



évaluation de la qualité de l'air intérieur

dans la maison éco-performante
de la Communauté de Communes
du Pays des Herbiers

octobre 2009 – janvier 2010 – rapport final



sommaire

synthèse	2
introduction	7
air intérieur : polluants, sources, niveaux de pollution et effets sanitaires	8
les polluants à surveiller prioritairement	9
les sources de la pollution intérieure	10
les niveaux de pollution déjà mesurés dans des logements	11
les effets sanitaires	12
méthodologie	14
objectif de la campagne.....	14
périodes de mesure	14
dispositif de mesure	15
les résultats	16
les caractéristiques du bâtiment	17
le suivi des paramètres de confort et de confinement	19
le suivi des aldéhydes	21
le suivi des BTEX.....	24
conclusions et perspectives	27
annexes	29
annexe 1 : Air Pays de la Loire	30
annexe 2 : risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs	31
annexe 3 : principe d'échantillonnage par tubes passifs	32
annexe 4 : valeurs de référence de l'air intérieur	33
annexe 5 : diagramme des zones de confort.....	34
annexe 6 : seuils de qualité de l'air extérieur 2009	35
annexe 7 : seuils de qualité de l'air extérieur 2010	36
bibliographie	37
glossaire	38
abréviations	38

contributions

Coordination de l'étude: Arnaud Rebours-Laurence Böhm- Rédaction : Laurence Böhm, Aurélie Sachot, Mise en page : Bérangère Poussin, Exploitation du matériel de mesure : Arnaud Tricoire, Photographies : Arnaud Tricoire, Validation : Luc Lavrilieux.

conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} août 2007 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org, etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

remerciements

Air Pays de la Loire remercie la Communauté de Communes du Pays des Herbiers pour leur sollicitation et leur confiance ainsi que les locataires pour leur disponibilité et leur réponse aux questionnaires.

synthèse

contexte I demande de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans une maison éco-performante

La Communauté de Communes du Pays des Herbiers a sollicité Air Pays de la Loire pour faire des mesures de l'air intérieur dans la maison éco-performante dont la construction s'est achevée en septembre 2009.

Par la construction de cette maison éco-performante, le Pays des Herbiers cherche à montrer qu'il est possible de construire une maison consommant très peu d'énergie et utilisant des matériaux sains à faible impact environnemental.

objectifs I évaluation de la qualité sanitaire du bâtiment

Le principal objectif de l'étude est de vérifier si les caractéristiques de la maison éco-performante conduisent à un faible impact environnemental et notamment une bonne préservation de la qualité **de l'air intérieur**. Un choix de matériaux naturels a en effet été fait afin de garantir une qualité de l'air intérieur favorable dans le bâtiment :

- peintures sans solvants ;
- isolants naturels (chaux, chanvre, fibre de bois, liège) ;
- bois non traités.

moyens I des mesures hebdomadaires avant et après l'occupation de la maison

Pour atteindre cet objectif, un suivi des concentrations atmosphériques de certains composés organiques volatils (Cov) comme le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, le benzène et le toluène a été réalisé. La surveillance de ces polluants est considérée comme étant **prioritaire par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset)**. La mesure des polluants s'est déroulée dans deux pièces (salon-cuisine et une chambre) **avant l'arrivée des locataires** puis en période d'occupation de façon **à évaluer l'influence de leur présence**. Une mesure en extérieur a complété ce dispositif (seulement pour les BTEX).

Identification de la période	Périodes de mesure 2009 - 2010	Dispositif de mesure
1	Semaine 43-2009 (sans locataire)	Composés organiques volatils (Aldéhydes, BTEX) Dioxyde de carbone Température et humidité
2	Semaine 50 et 51-2009 (avec locataires)	
3	Semaine 3- 2010 (avec locataires)	

Résumé des périodes et du dispositif de mesure

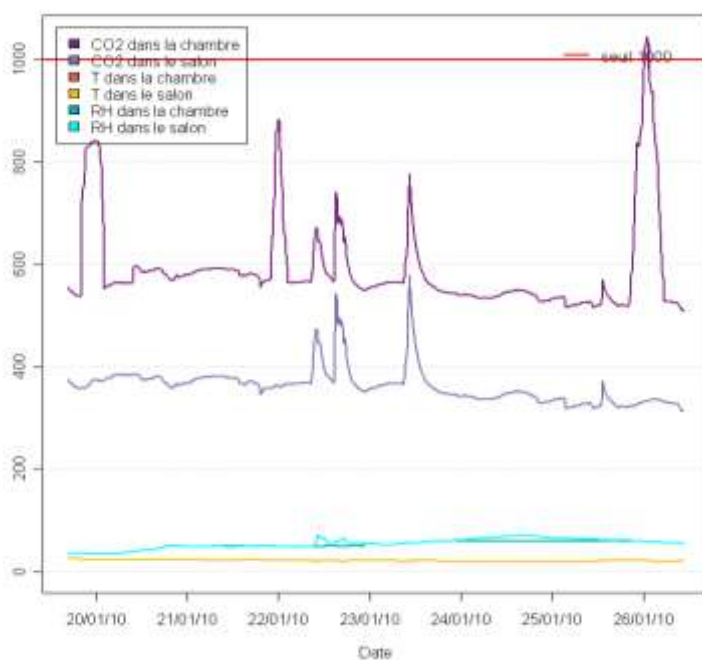
résultats I des paramètres de confort et de confinement satisfaisants et des teneurs en polluants en hausse suite à l'arrivée des locataires

des niveaux de température et humidité relative situés dans la zone de confort (Cf. annexe 5)

La température et l'humidité relative font partie des paramètres de confort qui ont été mesurés de manière continue dans les deux pièces.

Les résultats des mesures indiquent que la température moyenne dans les deux pièces s'approche de la valeur supérieure de la zone de confort [18-22°C] pour les périodes 1 et 3. L'humidité relative moyenne (45%), quant à elle, se situe également dans la zone dite de confort [35-60%] pour les différentes périodes de mesure. Les paramètres de confort sont homogènes dans chacune des deux pièces de la maison.

un confinement plus important enregistré dans la chambre



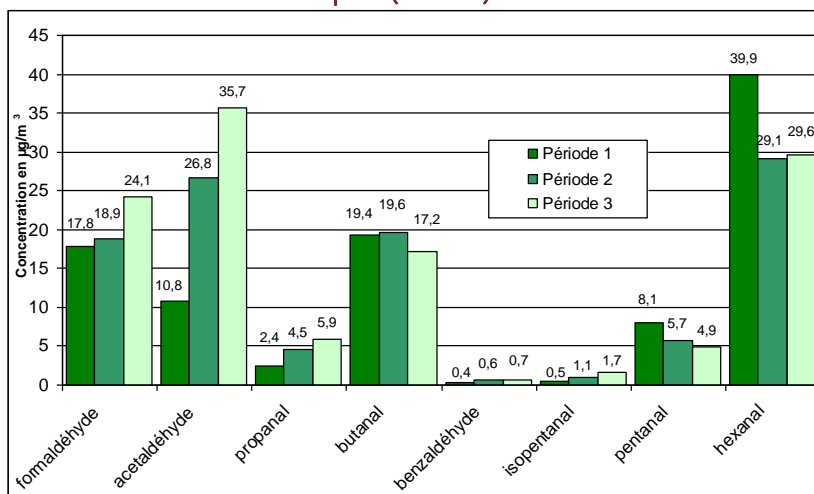
Suivi des concentrations en dioxyde de carbone, de la température et de l'humidité relative dans les deux pièces du 20 au 27 janvier 2010 (période 3)

Le dioxyde de carbone (CO₂) est un témoin du confinement et un indicateur de la qualité de la ventilation ou de l'aération des locaux.

Les niveaux moyens de dioxyde de carbone mesurés dans les deux pièces sont plus élevés d'un facteur 3 pendant les périodes 2 et 3, en lien avec la présence des locataires dans la maison. Les conditions climatiques extérieures très froides de ces périodes ont aussi limité les habitudes d'aération des locataires.

La concentration moyenne en dioxyde de carbone lors des trois périodes de mesure ne dépasse pas le seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1000 ppm avec une tolérance à 1300 ppm dans les locaux non fumeurs. Par contre, l'évolution temporelle des niveaux de dioxyde de carbone enregistrés dans la chambre laisse apparaître des dépassements du seuil de 1300 ppm dans la chambre (12,2% des valeurs enregistrées). La chambre apparaît donc plus confinée que le salon malgré la présence du système de ventilation double flux.

des teneurs en formaldéhyde en dessous de la valeur de gestion du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP)

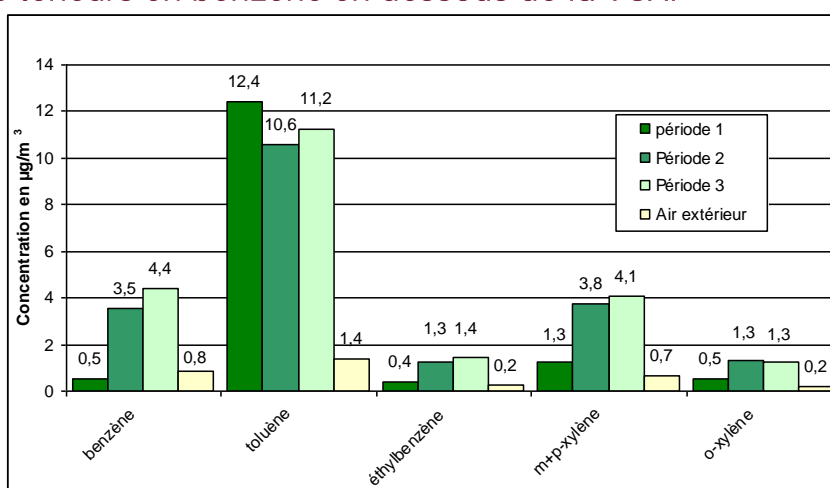


Concentrations moyennes en aldéhydes au cours des trois périodes de mesure dans le salon

Ces histogrammes permettent de visualiser l'évolution de 8 aldéhydes au cours des 3 périodes de mesure au sein des deux pièces analysées. Nous observons que les niveaux moyens de cinq aldéhydes augmentent après emménagement des locataires. Cette évolution s'explique par certaines activités des locataires, telles que le tabagisme et l'entretien des surfaces. Quant à la diminution des concentrations de deux aldéhydes (butanal et pentanal), cela peut s'expliquer par l'utilisation de produits ultra puissants, tels que des détergents qui s'appliquent avant livraison d'un bien immobilier.

La concentration moyenne en formaldéhyde mesurée au sein des deux pièces au cours des 3 périodes est supérieure à la valeur guide recommandée par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cependant, elle ne dépasse pas la valeur de gestion de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, proposée par l'HCSP qui permette de considérer que le bâtiment est de bonne qualité sanitaire. Toutefois, cette concentration devra évoluer progressivement vers l'objectif de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en veillant à ne pas introduire de sources polluantes, et en préservant une ventilation adéquate.

des teneurs en benzène en dessous de la VGAI



Concentrations moyennes en BTEX des 2 pièces lors des 3 périodes de mesure

La concentration moyenne en BTEX est plus importante en présence des locataires. Le tabagisme est la principale cause de cette évolution. Le benzène est une substance majoritairement présente dans la fumée de cigarette et par conséquent des valeurs relativement élevées ($4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), notamment dans le salon en 3^{ème} période ($5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) présumant de l'origine endogène du polluant. Cependant, ces valeurs restent inférieures à la VGAI de l'Afsset ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

conclusions et perspectives

Le principal enjeu dans cette nouvelle construction a été de réussir à concilier deux objectifs qui peuvent paraître opposés : Maîtriser les dépenses énergétiques tout en assurant une bonne qualité de l'air intérieur.

Les résultats des mesures de la température et l'humidité relative mesurées dans les deux pièces de la maison montrent que ces paramètres se situent dans la zone "dite de confort" avec des niveaux relativement homogènes dans chacune des pièces de la maison.

Les niveaux moyens en dioxyde de carbone dans la chambre ont dépassé le seuil du règlement sanitaire départemental en période 2 et 3, indiquant que l'air ambiant de la chambre est plus confiné que le salon. Une augmentation du débit d'air insufflé dans cette pièce ou à minima une aération plus fréquente par ouverture régulière de la fenêtre seraient nécessaires afin de faire baisser les niveaux de dioxyde de carbone.

Les niveaux en formaldéhyde dépassent la valeur guide de l'Afsset mais respectent la valeur de gestion du HCSP. En ce qui concerne le benzène, la valeur guide est respectée mais une augmentation sensible des teneurs est détectée avec l'arrivée des locataires. Ces polluants enregistrés dans la maison sont majoritairement endogènes. Toutefois, il est prudent de notifier que les mesures ont été faites sur des périodes courtes d'une semaine, ce qui rend difficile la comparaison avec des valeurs calculées pour une « vie entière ».

		Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la période 1 (absence de locataire)	Concentration moyenne en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les périodes 2 et 3 (présence des locataires)		Valeurs de référence en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Polluants	Pièces	Salon et chambre (valeurs similaires)	Salon	Chambre	/
	Formaldéhyde		17,1	21,5	16,7
Acétaldéhyde		11,4	31,2	22,4	11,6 (médiane campagne nationale logement 2003/2005)
Benzène		0,5	4,5	3,4	10 (Afsset) 2,1 (médiane campagne nationale logement 2003/2005)
Toluène		12,4	12,8	9,0	260 (OMS)

L'examen détaillé des mesures des polluants "prioritaires" de l'Afsset laissent apparaître deux tendances :

D'une part, il met nettement en évidence les conséquences de la présence humaine au sein du bâtiment. L'ensemble des concentrations des polluants "prioritaires" est plus élevé après l'emménagement des locataires.

D'autre part, la différence de concentration entre les deux pièces attenantes l'une de l'autre, que sont le salon et la chambre, est représentative de la durée et du type d'activités effectuées dans chacune de ces pièces. Le salon, pièce principale, est beaucoup plus influencé par une pollution venant probablement de la fumée de cigarette et de l'aérosol utilisé régulièrement sur la surface des meubles du salon.

Une construction éco-performante selon un cahier des charges strict devrait garantir une qualité sanitaire optimale du bâtiment. Bien que le mode constructif de cette maison assure une meilleure qualité sanitaire du bâtiment, les résultats de cette étude démontrent que le comportement humain est un facteur primordial sur le maintien de cette qualité.

Une information sur les activités émettrices de polluants en environnement bâti aux occupants, associée à une bonne utilisation de la ventilation mécanique contrôlée devraient préserver un lieu de vie sain.

perspectives :

Bien que cette étude englobe un grand nombre d'analyses chimiques, elle ne suffit pas à évaluer **l'ensemble de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment**. D'autres mesures seraient pertinentes afin de prévenir les éventuels risques sanitaires sur les occupants.

Il serait ainsi intéressant de faire un suivi COV élargi en incluant des mesures des émissions des **surfaces (sols, murs, plafond, mobilier,...)** afin de pouvoir identifier plus précisément les sources de polluants et de les mesurer sur une plus longue période afin de comparer les résultats avec les **seuils d'exposition chronique**. Ces mesures à l'émission permettraient de distinguer ce qui relève du mobilier des matériaux de construction de la maison éco-performante.

Par ailleurs, **des analyses complémentaires, telles les mesures du dioxyde d'azote**, des particules fines, de la contamination biologique (allergènes, pollens, moisissures et bactéries), la mesure acoustique, de la radioactivité, ainsi que des rayonnements électromagnétiques non ionisants permettraient d'avoir une vision plus complète sur la qualité sanitaire d'un environnement intérieur.

introduction

La Communauté de Communes du Pays des Herbiers a sollicité Air Pays de la Loire pour faire des mesures de l'air intérieur dans une maison éco-performante dont les caractéristiques de construction devraient conduire à un faible impact environnemental et notamment à une bonne préservation de la qualité de l'air intérieur.

Air Pays de la Loire place aujourd'hui la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans ses problématiques prioritaires, en particulier lorsqu'elles répondent aux attentes des collectivités locales. C'est ainsi que durant l'année 2009, plusieurs actions concernant la surveillance de l'air intérieur dans les établissements recevant des enfants ont été engagées :

- une étude expérimentale dans deux établissements d'enseignement nantais ;
- une participation à un programme national concernant 15 établissements "petite enfance" ;
- une étude régionale dans 4 lycées des Pays de la Loire.

Par la construction de cette maison éco-performante (orientation plein sud, construction compacte, haute isolation), le Pays des Herbiers cherche à montrer qu'il est possible de construire une maison consommant très peu d'énergie, utilisant des matériaux sains (peintures sans solvants, isolants naturels, bois non traités) conduisant à un faible impact environnemental.

air intérieur : polluants, sources, niveaux de pollution et effets sanitaires

La pollution de l'air ne se limite pas à l'extérieur : elle concerne également la pollution à l'intérieur des locaux, dans lesquels nous passons la majorité de notre temps. Des études ont en effet montré que certains polluants se retrouvent en plus grande quantité à l'intérieur des bâtiments qu'à l'extérieur et que des affections respiratoires trouvent leur origine dans des environnements clos (habitat, école, lieu de travail, etc).

les polluants à surveiller prioritairement

La problématique de la qualité de l'air intérieur est à l'origine de la création d'un Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) en 2001. Cet observatoire a pour objectif de mieux connaître la pollution intérieure, ses origines et ses dangers, notamment grâce à des campagnes de mesure, et d'apporter des solutions adaptées à sa prévention et à son contrôle.

En 2002, un classement des polluants de l'air intérieur a été effectué sur des critères de toxicité à court et long terme, les niveaux d'exposition observés, la traçabilité de certaines sources ainsi que sur la fréquence d'apparition des polluants dans les logements. Cette hiérarchisation sanitaire des polluants mesurés dans les bâtiments a été réalisée selon une démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires. Les travaux ont abouti à une classification des substances en quatre classes :

- 7 substances « hautement prioritaires » (Groupe A) : formaldéhyde, benzène, acétaldéhyde, particules, radon, di-éthylhexyl-phtalate (DEHP) et dichlorvos ;
- 12 substances « très prioritaires » (Groupe B) : dioxyde d'azote, allergènes de chien, acariens, toluène, trichloréthylène, plomb, tétrachloroéthylène, dieldrine, allergènes de chat, aldrine, paraffines chlorées à chaîne courte et monoxyde de carbone ;
- 51 substances « prioritaires » (Groupe C) parmi lesquelles des biocides, les champs électromagnétiques très basse fréquence, des composés organiques volatils, des éthers de glycol, les endotoxines, des phtalates, des organoétains et les fibres minérales artificielles ;
- 22 substances « non prioritaires » (Groupe D) parmi lesquelles le 1,1,1-trichloroéthane, des biocides, des phtalates (DMP), des alkyls phénols et des organoétains ;
- 8 substances « inclassables » (Groupe I) parmi lesquels le 2-éthoxyéthylacétate, le 2-méthoxyéthanol, le 2-méthoxyéthyleacétate, l'alkyl phénol (4NP), des phtalates (DPP), l'endosulfan, le 2-éthoxyéthanol et l'oxadiazon.

les sources de la pollution intérieure

La pollution de l'air intérieur se caractérise par un ensemble de polluants biologiques (moisissures, acariens), physiques (fibres, particules) et chimiques provenant de sources multiples :

- matériaux de construction, mobilier ;
- produits de décoration ;
- activités humaines : cuisine, chauffage, tabagisme, entretien, bricolage ;
- plantes et animaux ;
- air extérieur.

sélection des polluants mesurés

Lors de la campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur 2009-2010 dans la maison éco-performante, deux familles de Composés organiques volatils (COV) sont mesurées : les aldéhydes et les BTEX¹. Plusieurs polluants de ces deux familles sont considérés par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) comme devant faire l'objet d'une surveillance prioritaire : c'est le cas du formaldéhyde, de l'acétaldéhyde, du benzène et du toluène.

origines des polluants mesurés

Les sources des aldéhydes et des BTEX sont multiples comme le montrent les tableaux 1 et 2 ci-dessous :

Sources des aldéhydes	
Formaldéhyde	produits de construction (panneaux de particules) et de décoration (peintures, colles urée-formol), ameublement (bois reconstitué), sources de combustion (fumée de tabac, bougies, bâtonnets d'encens, cheminées à foyer ouvert, cuisinières à gaz, poêles à pétrole), produits d'entretien et de traitement, produits d'hygiène corporelle et cosmétique, réactivité chimique entre l'ozone et certains COV.
Acétaldéhyde	Photochimie, fumée de tabac, photocopieurs, panneaux de bois brut, panneaux de particules
Benzaldéhyde	Peintures à phase solvant, photocopieurs, parquet traité
Hexaldéhyde (ou hexanal)	Panneaux de particules, émissions des livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, produit de traitement du bois (phase aqueuse), panneaux de bois brut
Isobutyraldéhyde (ou isobutanol)	Photocopieurs
Isovaléraldéhyde (ou Isopentanal)	Parquet traité, panneaux de particules
Valéraldéhyde (ou pentanal)	Emissions des livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, panneaux de particules

Tableau 1 : sources d'aldéhydes (OQAI, 2010)

Sources des BTEX	
Benzène	Carburants, fumée de tabac, produits de bricolage, d'ameublement, de construction et de décoration
Toluène	Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, vapeurs d'essence
Ethylbenzène	Carburant, cires
m/p-xylène et o-xylène	Peintures, vernis, colles, insecticides

Tableau 2 : sources de BTEX (OQAI, 2010)

Ces espèces chimiques sont largement utilisées dans la fabrication de nombreux produits, matériaux de construction et de décoration. Elles sont également émises par des sources de combustion et par les activités d'entretien et de bricolage. Leur point commun est de s'évaporer plus ou moins rapidement à la température ambiante et de se retrouver ainsi dans l'air. Les COV sont souvent plus nombreux et plus concentrés à l'intérieur qu'à l'extérieur compte tenu de la multiplicité des sources intérieures.

¹ Benzène, Toluène, Ethylbenzène, méta-ortho-paraXylène

les niveaux de pollution déjà mesurés dans des logements

Une étude bibliographique des résultats de concentrations en aldéhydes, BTEX et dioxyde de carbone a été réalisée à partir de la campagne pilote "90 logements" menées par l'OQAI en 2001 et une campagne logement en 2003-2005. Cette étude permet de mettre en perspective les résultats du suivi dans la maison éco-performante.

campagne pilote de l'OQAI dans 90 logements [1]

En 2001, l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur a mené une étude pilote sur 90 logements et 9 écoles dont les résultats pour les 90 logements sont présentés dans le tableau suivant.

	Moyenne géométrique en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	chambre	cuisine	extérieur
benzène	2	2	1
toluène	17	17	4
formaldéhyde	25	22	2
acétaldéhyde	15	16	2
hexaldéhyde	17	18	1

Tableau 3 : moyennes géométriques de polluants mesurés lors de la campagne nationale logement de l'OQAI [1]

Les résultats de cette campagne ont montré qu'il existe une spécificité de la pollution à l'intérieur des logements avec notamment un certain nombre de polluants retrouvés uniquement dans les environnements intérieurs ou avec des concentrations plus élevées à l'intérieur par rapport à l'extérieur.

campagne nationale logement [2]

Une campagne nationale logement a été menée du 1^{er} octobre 2003 au 21 décembre 2005 sur un échantillon de 710 résidences principales de la France métropolitaine. La campagne de mesure portait sur une trentaine de polluants chimiques, physiques et biologiques. Les résultats concernant certains polluants mesurés dans le cadre de la présente étude sont présentés dans le tableau ci-dessous.

	Mesures en air intérieur	
	Médiane (1 semaine) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 ^e percentile
benzène	2,1	7,2
toluène	12,2	82,9
ethylbenzène	2,3	15,0
m/p-xylène	5,6	39,7
o-xylène	2,3	14,6
formaldéhyde	19,6	46,6
acétaldéhyde	11,6	30
hexaldéhyde	13,6	50,1

Tableau 4 : concentrations médianes et maximales mesurées lors de la campagne nationale logement de l'OQAI [2]

Cette étude a confirmé la spécificité de la qualité de l'air à l'intérieur des logements par rapport à l'extérieur. Il apparaît que les aldéhydes sont les molécules les plus fréquentes et les plus concentrées dans les logements ; le formaldéhyde, hexaldéhyde et acétaldéhyde étant retrouvés dans tous les logements. Le formaldéhyde est le plus abondant en masse.

Les BTEX sont aussi fréquemment retrouvés dans les logements et les polluants comme le toluène et le m,p xylène ont été mesurés dans tous les logements.

les effets sanitaires

L'air que nous respirons transporte un mélange complexe de polluants. Les effets sanitaires peuvent être immédiats ou retardés. Les manifestations varient selon la nature et la concentration des polluants, la durée d'exposition et la sensibilité de chaque individu. Ainsi, les enfants, les personnes âgées ou les insuffisants respiratoires sont les plus sensibles à la pollution de l'air.

aldéhydes

Le formaldéhyde et l'acétaldéhyde font partie des substances hautement prioritaires dans le cadre de la hiérarchisation sanitaire des polluants selon l'OQAI et des substances jugées prioritaires pour l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset). L'Afsset a publié en 2008 une évaluation des risques sanitaires liés au formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs [3] (cf. annexe 3).

Le formaldéhyde est l'aldéhyde le plus fréquemment retrouvé en air intérieur. C'est un irritant des muqueuses provoquant sécheresse et douleur au niveau des yeux, du nez et de la bouche. Cette irritation apparaît à des concentrations supérieures à 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [4], concentrations toutefois rarement observées.

Le formaldéhyde est classé cancérigène de catégorie 1 (cancérogène certain) par le CIRC² depuis 2004 sur la base des données observées sur les cancers du nasopharynx. Cependant, l'Afsset précise que "le risque pour la population générale de développer un cancer du nasopharynx suite à l'inhalation du formaldéhyde seul semble négligeable au vu des niveaux mesurés actuellement dans l'air" [5].

Il est enfin de plus en plus suggéré que de faibles expositions au formaldéhyde pourraient accroître, à long terme, le risque de développer des pathologies asthmatiques et des sensibilisations allergiques [6].

Autre aldéhyde pouvant être mesuré en air intérieur, l'acétaldéhyde est classé cancérigène possible pour l'homme par le CIRC.

le benzène

Une exposition aiguë ou chronique au benzène est susceptible d'entraîner des effets néfastes sur la santé humaine. Les effets critiques observés liés aux expositions les plus faibles sont des effets hématologiques (maladie sanguine) : toxicité sur les lymphocytes lors d'expositions aiguës ou intermédiaires (jusqu'à une année), diminution du nombre de cellules sanguines, anémie et leucémie dans le cas d'exposition chronique. Les données disponibles sont en faveur d'une relation causale entre exposition au benzène et apparition de leucémies, lors d'expositions professionnelles [7].

paramètre de confinement

Le dioxyde de carbone (CO₂) provient principalement de la respiration mais peut également être produit par une combustion incomplète. En l'absence de source de combustion, une teneur de CO₂ supérieure à 1000 ppm est considérée comme une valeur indicatrice de confinement et de ventilation inadéquate. La limite de concentration de 1000 ppm de CO₂ à ne pas dépasser est couramment admise pour définir les débits de renouvellement d'air réglementaires selon le règlement sanitaire départemental type (RSDT).

Différents symptômes ont été associés à une concentration de CO₂ élevée : des maux de tête et une baisse de concentration ont été signalés à partir d'une teneur de 1000 ppm environ dans l'air [8].

² Institut international de recherche sur le cancer

paramètres de confort

La température et l'humidité relative font partie des paramètres de confort. L'humidité et la chaleur générées par la respiration peuvent augmenter une sensation d'inconfort dans des lieux clos. La zone de confort optimale se situe entre 18 et 22°C pour la température et entre 35 et 60 % pour l'humidité relative [2]. Bien que ces zones de confort théoriques ont été déterminées, les plages de confort ne sont pas les mêmes pour tous. Les personnes âgées et les jeunes enfants sont plus sensibles aux températures froides et aux vagues de chaleur que les adultes.

Ces paramètres sont à l'origine de l'apparition de polluants (notamment prolifération des acariens et des moisissures), dont les effets sur le bâti et ses occupants peuvent être néfastes.

Une humidité relative supérieure à 60% peut favoriser les symptômes suivants:

- allergies respiratoires (asthme, rhinites, bronchites, pneumonies d'hypersensibilité) ;
- irritations de la peau, des yeux ;
- symptômes respiratoires (toux, irritation du nez et de la gorge, écoulement nasal, éternuements, difficultés respiratoires, douleurs thoraciques) ;
- effets généraux (fièvre, maux de tête, fatigue, déficience immunitaire).

élaboration de valeurs guides

Des valeurs de recommandations sur des polluants de l'air intérieur existent déjà comme les valeurs guides pour la qualité de l'air de l'OMS (*Air quality guidelines, 2005*) ou celles issues du groupe de travail de la Direction générale de la santé et de la protection du consommateur de la Commission européenne (GT INDEX pour *Indoor Exposure Limits*). Pour répondre à l'enjeu sanitaire représenté par la qualité de l'air intérieur, l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) a travaillé sur l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI).

Les valeurs guides de qualité de l'air intérieur correspondent à des concentrations d'une substance chimique dans l'air en dessous desquelles aucun effet sanitaire, aucune nuisance ou aucun effet indirect important sur la santé n'est en principe attendu pour la population générale. Elles ont pour principal objectif de fournir une base pour protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air.

Un groupe de travail mis en place en 2005 a permis d'identifier une liste de substances pour lesquelles l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air intérieur a été jugée prioritaire : formaldéhyde, benzène, monoxyde de carbone, particules PM10, naphtalène, Phtalate de di(2-ethylhexyle)(DEHP), dioxyde d'azote, acétaldéhyde, trichloréthylène, tétrachloroéthylène et ammoniac [5].

Des valeurs guides ont été proposées pour le formaldéhyde, le monoxyde de carbone en 2007 et pour le benzène en 2008 (annexes 4). Seule la mesure en regard d'une valeur de référence long-terme a été retenue pour l'étude dans la maison. Une valeur guide de qualité de l'air intérieur pour le formaldéhyde de 10 µg/m³ a été proposée par l'Afsset pour une exposition long terme [6]. La valeur guide de qualité de l'air pour le benzène est de 10 µg/m³ pour une exposition long terme afin de protéger la population contre les effets hématologiques non cancérogènes [7].

Depuis 2009, un avis du Haut Conseil de santé publique (HCSP) propose des valeurs-repères d'aide à la gestion pour le formaldéhyde dans l'air intérieur. La VGAI de l'Afsset devient une valeur cible à atteindre en 10 ans.

Le HCSP propose 30 µg/m³, comme valeur-repère de qualité d'air, sous laquelle, «en 2009, aucune action corrective spécifique n'est préconisée». Entre 30 et 50 µg/m³, les concentrations en formaldéhyde sont tolérées.

méthodologie

objectif de la campagne

Le principal objectif de **l'étude** est de vérifier si les caractéristiques de la maison éco-performante (détaillées plus loin dans ce rapport) conduisent à un faible impact environnemental intérieur et **notamment une bonne préservation de la qualité de l'air intérieur.**

Une première période de mesure réalisée dans la maison vide avant l'entrée des locataires avait pour objectif d'évaluer l'influence des matériaux de construction sur la qualité de l'air. Une seconde période de mesure après l'entrée des locataires devait permettre d'estimer l'impact de la présence des locataires, du mobilier, des matériaux de décoration et éventuellement des produits d'entretien sur l'air intérieur de la maison.

Pour atteindre cet objectif, un suivi de certains composés organiques volatils (Cov) dont la **surveillance est considérée comme étant prioritaire par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset)**, a été effectué dans deux pièces : aldéhydes, BTEX³, dont le formaldéhyde, acétaldéhyde, benzène, toluène.

Les pièces retenues pour cette investigation sont :

- la pièce de vie, pièce principale de la maison située au rez-de-chaussée (RDC), où les occupants passent environ un tiers de leur temps. Cette pièce regroupe également la cuisine.
- la chambre située au RDC, lieu où l'occupant passe environ un tiers de son temps.

Les deux pièces possèdent des matériaux de construction similaires (sol, mur et plafond) dont les principales caractéristiques sont résumées dans le tableau 5.

Une mesure en extérieur a complété ce dispositif (seulement pour les BTEX).

périodes de mesure

Trois séries de mesure ont été effectuées au sein de ces deux pièces :

t période 1 : du 19 octobre 2009 au 28 octobre 2009

Elle vise à déterminer la concentration en polluant à la livraison de la maison, c'est-à-dire avant **l'arrivée des locataires afin d'évaluer l'influence des matériaux de construction (gros œuvre et second œuvre)** sur la qualité de l'air intérieur.

t période 2 : du 7 décembre 2009 au 21 décembre 2009

Cette deuxième série de mesure évalue l'impact de la présence des premiers locataires et de leur aménagement début décembre (mobilier, matériaux de décoration et des produits d'entretien) sur l'air intérieur de la maison.

t période 3 : du 19 janvier 2010 au 26 janvier 2010

Cette dernière série de mesure a pour objectif de confirmer les résultats obtenus lors de la deuxième période.

³ Benzène, toluène, éthylbenzène, méta-ortho-paraxylène

dispositif de mesure

La mesure des aldéhydes et des BTEX est réalisée à l'aide de tubes à diffusion passive (photo 3 et 4), dispositifs légers et silencieux pendant les deux périodes de mesure. Un suivi complémentaire du dioxyde de carbone, de la température et de l'humidité par un appareil enregistreur a été également effectué dans les deux pièces de la maison.

suivi du dioxyde de carbone, température, humidité

L'appareil Q-Track mesure simultanément le dioxyde de carbone, la température et l'humidité avec une seule sonde. L'appareil fournit des mesures en temps réel, enregistre des données sur de longues périodes à des pas de temps programmés (10 minutes).



Photo 1 et 2 : appareil Q-Track mesurant le dioxyde de carbone, la température et l'humidité

mesure des composés organiques volatils (COV)

La mesure des COV se fait de manière hebdomadaire grâce à des tubes passifs Radiello® selon la norme ISO 16000-2 avec des adaptations (annexe 3) : les tubes aldéhydes sont suspendus au plafond des deux salles au centre de la pièce à une hauteur d'environ 2 m, grâce à un système d'accrochage au faux-plafond.

Dans chaque salle est posé chaque semaine :

- un doublon de mesure des aldéhydes ;
- un doublon de mesure des BTEX.

En parallèle, une mesure des concentrations extérieures en COV est effectuée :

- mesure des BTEX une fois par semaine ;



Photo 3 et 4 : dispositif de mesure des aldéhydes et BTEX suspendu au plafond des deux salles instrumentées

les résultats

Les résultats de la campagne de mesure de l'air intérieur dans la maison éco-performante des herbiers concernent :

- l'exploitation des questionnaires ;
- le suivi des paramètres de confort et de confinement ;
- le suivi des Composés organiques volatils (aldéhydes et BTEX).

les caractéristiques du bâtiment

Deux types de questionnaires ont été élaborés pour la campagne de mesure afin de pouvoir identifier les causes de la pollution intérieure. Ils se basent sur ceux de l'OQAI utilisés lors de la campagne pilote de 2001.

Ces questionnaires ont été remplis suite à l'interview de différentes personnes :

- pour la partie description du bâtiment : Virginie THUNE, Chef de projet Développement Durable de la Communauté de Communes du Pays des Herbiers et le locataire actuel de la maison ;
- pour la partie « mode de vie de l'occupant » : le locataire présent pendant les périodes de mesure.

Les questionnaires visent à recueillir des informations générales sur le bâtiment éco-performant, des informations plus détaillées sur les deux pièces instrumentées et la description des activités quotidiennes effectuées dans ces pièces. L'ensemble pouvant permettre de mieux apprécier l'impact sur la qualité de l'air intérieur.

description du bâtiment

Les informations recueillies par questionnaires portent sur l'implantation et l'orientation du bâtiment, la description du second œuvre et du mobilier, le système de ventilation, la description des ouvrants (nombre, type) et le comportement des habitants.

Ce sont des outils indispensables dans les campagnes de mesure pour interpréter les données chimiques quantitatives recueillies.

Le tableau 5 résume les principales informations concernant le bâtiment éco-performant.

	Maison éco-performante des Herbiers
Date de livraison	Octobre 2009
Orientation	Ouverture plein sud (chambre et salon) + petite ouverture côté cuisine, orientée vers l'est.
Implantation	Située dans un lotissement en construction, près d'espaces verts. Une station service et une entreprise fabriquant du bois Médium® se situent à environ 500 mètres de l'habitation.
Ventilation	VMC double flux haut rendement avec filtration de l'air neuf. 3 vitesses avec un débit d'air allant de 50 à 350 m ³ /h.
Revêtement sol	Carrelage en grès cérame avec chape armée T.S.
Revêtement mur	Majorité d'enduit chaux/chanvre et 3 m ² de briques de terre crue compressée dans la pièce de vie. Cloisons et boiseries : Peintures exemptes de COV
Revêtement plafond	Peinture en dispersion sans COV
Menuiseries intérieures et mobilier	Salon : Majorité de bois massif et un placard en panneaux de particules.
Nombre d'ouvrants extérieurs	Salon : 2 portes-fenêtres (3,3 m ²) Chambre : 1 fenêtre (1m ²)
Nombre d'ouvrants intérieurs	Salon : 3 portes (6 m ²) + ouverture sur la mezzanine Chambre : 1 porte (2 m ²)
Type de menuiserie	Fenêtres en bois, double/triple vitrage sans entrée d'air
Volume	Salon : 110 m ³ Chambre : 33,2 m ³
Activités sources de polluants	Tabagisme dans le garage, encens et huiles essentielles dans le salon, utilisation courante d'un dépoussiérant en bombe.
Nombre de locataires et la composition familiale	Famille de 5 personnes, dont 3 enfants de moins de 19 ans, le nombre de personnes lors des mesures est variable.
Autres	Nuisances sonores de la VMC

Tableau 5 : résumé des questionnaires portant sur le bâtiment éco-performant des Herbiers

Les deux pièces possèdent des matériaux de construction similaires (sol, mur et plafond), qui ont été étudiés pour éviter les émissions primaires (polluants directement émis par la source) et les polluants secondaires qui résultent de réactions secondaires entre polluants ou de la capacité des matériaux à capter les polluants et à les émettre à nouveau.

En effet, cette maison dite exemplaire éco-conçue à énergie positive a pour objectif de respecter l'Homme et son environnement.

L'ensemble des matériaux la composant a été choisi dans un souci de limiter :

- des émissions nocives, telles que l'utilisation de peintures sans solvant, de bois non traités, d'isolants naturels,...
- une contamination fongique grâce à l'absence de matière adsorbante (moquette, papiers peints, rideaux...) et une température non excessive ($< 20^{\circ}\text{C}$). Cette limitation est renforcée par l'absence d'animaux au sein de la maison et par l'entretien régulier des plantes intérieures. Cela permet d'éviter le développement de moisissures telluriques du genre *Aspergillus*. Ces dernières peuvent contaminer l'air par la dissémination des spores fongiques. Ce qui, dans certains cas, provoque des affections pulmonaires appelées aspergilloses.

Un point important est à noter concernant le bruit engendré par la VMC. Son niveau sonore est de 24 dB (A) à la source des bouches, en conformité avec la réglementation en vigueur pour les pièces principales⁴.

⁴Arrêté du 28 octobre 1994 et réglementation acoustique 2000. Le bruit peut-être du à un mauvais réglage du débit d'air. Il est possible alors de réduire la vitesse de l'air sans réduire l'effet de ventilation. Cependant, le bruit émanant des tuyauteries peut être perçu comme gênant pour un visiteur occasionnel.

le suivi des paramètres de confort et de confinement

La température (T) et l'humidité relative (HR) font partie des paramètres de confort. Ils ont été mesurés en continu avec des pas de temps de 10 minutes afin d'estimer le taux de renouvellement d'air de la maison éco-performante.

	chambre		salon		Extérieur	
	T (°C)	HR (%)	T (°C)	HR (%)	T (°C)	HR (%)
Période 1	20,7	55	20,9	56	12,0	84,7
Période 2	16	47	-	45,6	2,9	87,7
Période 3	20,7	51	20,7	53	4,4	89,1

Tableau 6 : valeurs moyennes (température et humidité relative) de la campagne « maison éco-performante des Herbiers »

La température moyenne dans les deux pièces pour les périodes 1 et 3 s'approche de la valeur supérieure de la zone de confort [18-22°C] (Cf. annexe 5). Lors de la période 2, la chambre a été inoccupée, d'où les faibles valeurs de température et d'humidité relative mesurées. Les températures intérieures restent constantes par rapport aux variations importantes extérieures grâce au fonctionnement du poêle à bois.

L'humidité relative de chaque période quant à elle, se situe également dans la zone dite de confort [35-60%]. La valeur en deuxième période est relativement basse (46,3 %). Cette diminution par rapport à la première période est expliquée par la mise en fonctionnement du poêle à bois.

Les paramètres de confort sont homogènes dans chacune des pièces de la maison, indiquant une bonne circulation de l'air probablement du au détalonnage de la porte les séparant (1,5 cm).

suivi des paramètres de confinement

Le dioxyde de carbone (CO₂) est un témoin du confinement et un indicateur de la qualité de la ventilation ou de l'aération des locaux. La recommandation du règlement sanitaire départemental indique de ne pas dépasser 1000 ppm avec une tolérance de 1300 ppm dans les locaux où il est interdit de fumer.

	Moyenne (ppm)
Période 1	Salon : 228 Chambre : 294
Période 2	Salon : 336 Chambre : 713 (max chambre : 2629, 10 déc., 17h15)
Période 3	Salon : 361 Chambre : 591

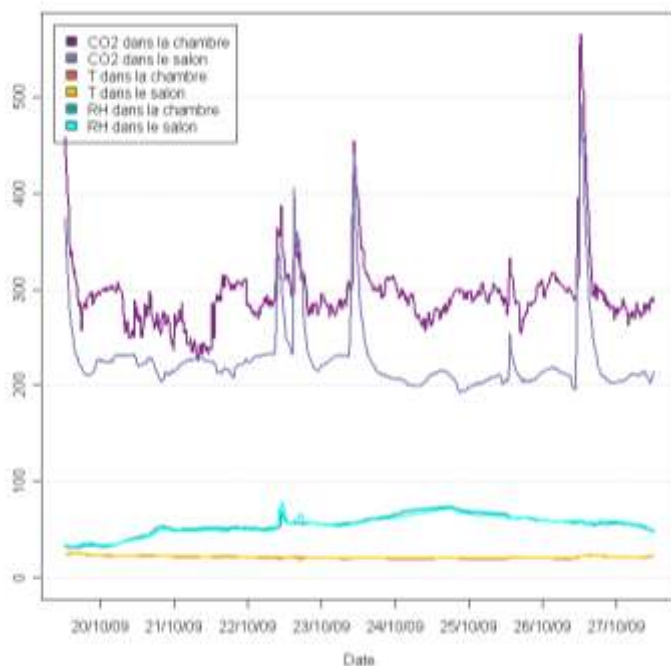
Tableau 7 : Concentrations moyennes en dioxyde de carbone dans les deux pièces de la maison

Les niveaux moyens de dioxyde de carbone sont plus élevés d'un facteur 3 pendant les périodes 2 et 3. Cela s'explique par la présence des locataires dans la maison. **D'une manière générale, le nombre de personnes présentes dans les pièces est le facteur déterminant dans la production de CO₂.**

La concentration moyenne lors des trois périodes ne dépasse pas le seuil du règlement sanitaire départemental **témoignant, de manière générale, d'un bon renouvellement de l'air.**

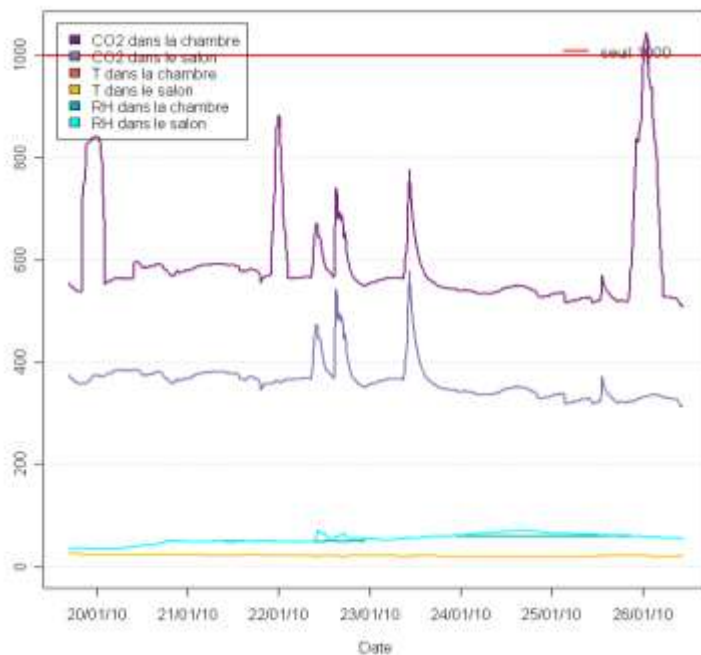
Toutefois, pendant la période 2, nous remarquons une valeur maximale de 2629 ppm enregistrée dans la chambre le 10 décembre 2009. Dans le salon, aucun dépassement du seuil de 1000 ppm a été enregistré quelque soit la période. Dans la chambre, 21,3% des valeurs enregistrées dépassent le seuil de 1000 ppm en période 2 et 0,8% en période 3. Lors de la deuxième période, 12,2% des valeurs ont dépassé le seuil de 1300 ppm.

Par ailleurs, les conditions climatiques après l'emménagement des locataires, ont pu limiter leurs pratiques d'aération. En effet, une période de froid s'est fait ressentir sur la région en décembre 2009 et janvier 2010. Les périodes 2 et 3 ont été marquées par un froid hivernal (température moyenne de 3,6°C).



Graphique 1 : suivi des concentrations en dioxyde de carbone, de la température et de l'humidité relative dans les deux pièces du 19 au 27 octobre 2009 (période 1)

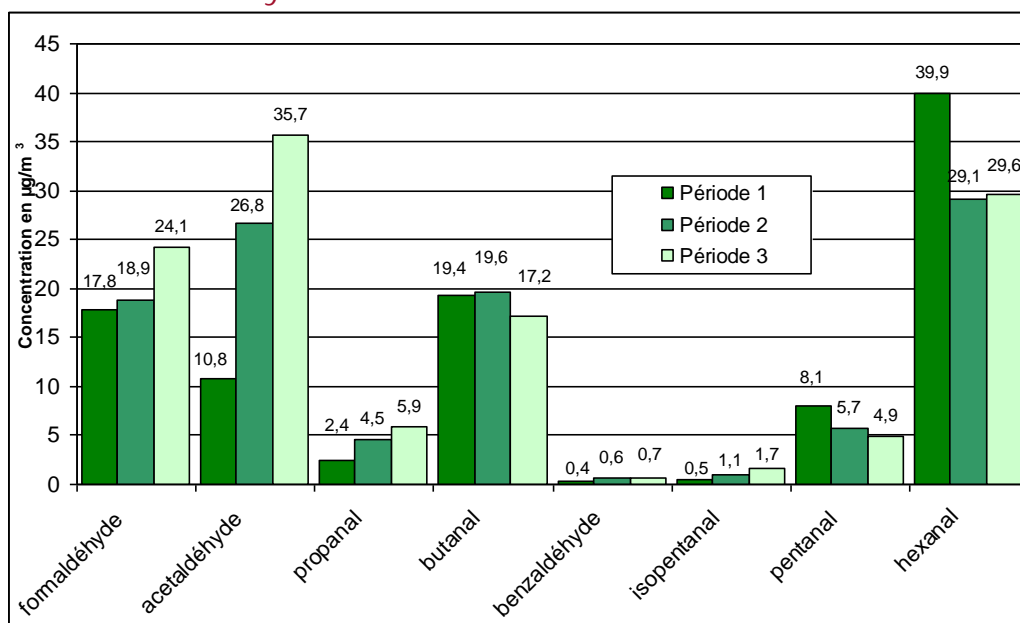
La variation temporelle des concentrations en CO2 pour la période 1 (graphique 1), montre des pics irréguliers tout au long de la semaine (4 pics en jours ouvrés). L'amplitude des pics est similaire dans les deux pièces instrumentées, pouvant être expliqué par des visites de la maison et au passage des futurs locataires lors des premiers dépôts de meubles dans le garage.



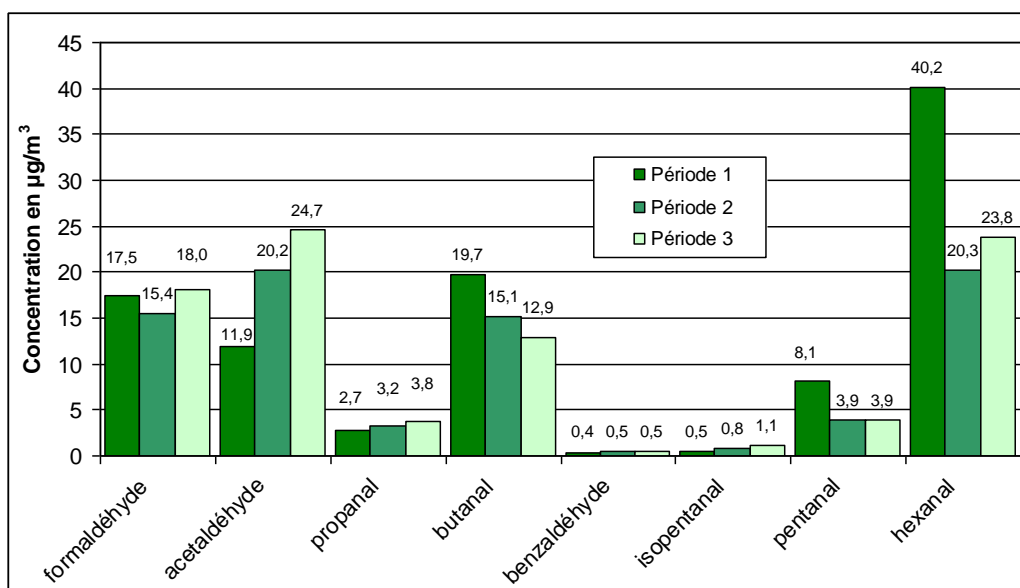
Graphique 2 : suivi des concentrations en dioxyde de carbone, de la température et de l'humidité relative dans les deux pièces du 20 au 27 janvier 2010 (période 3)

La variation temporelle pour la période 2 (graphique 2) montre que la plupart des pics correspond aux périodes nocturnes, excepté le week-end où les occupants sont davantage présents au domicile (3 pics dans la chambre le samedi 23 janvier).

le suivi des aldéhydes



Graphique 3 : Concentrations en aldéhydes au cours des trois périodes de mesure dans le salon



Graphique 4 : Concentrations en aldéhydes au cours des 3 périodes de mesure dans la chambre

Les histogrammes ci-dessus permettent de visualiser l'évolution de 8 aldéhydes au cours des 3 périodes de mesure au sein des deux pièces analysées.

Nous observons dans chacune des pièces selon leur absence (période 1) et leur présence (période 3), une nette augmentation des concentrations des 5 aldéhydes suivants dans les deux pièces de la maison : l'acétaldéhyde (+70%), l'isopentanal (+67%), le propanal (+59%), le benzaldéhyde (+44%) et le formaldéhyde (+26%).

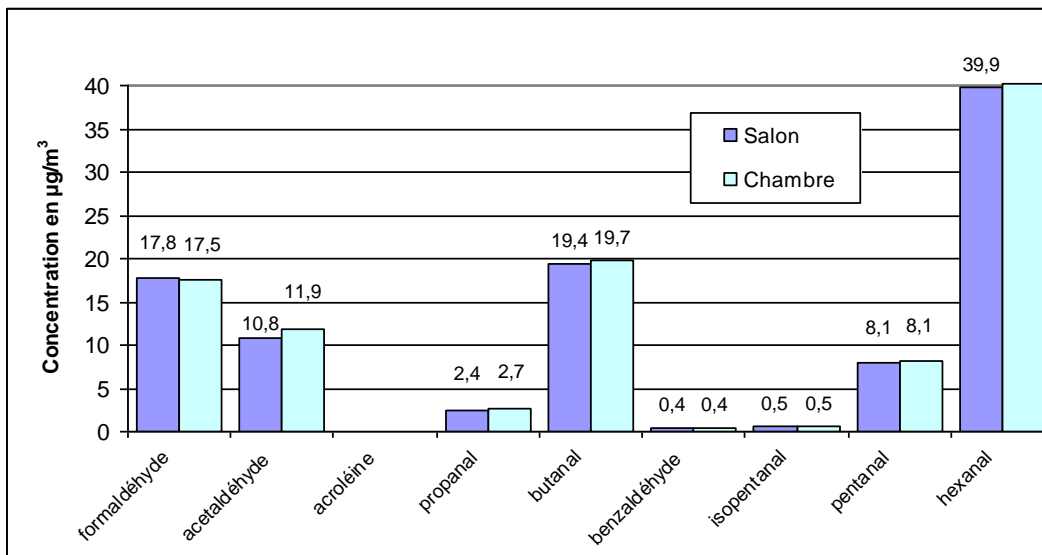
L'accroissement de ces concentrations au sein des deux pièces peut s'expliquer par :

- l'apport de nouveaux meubles en panneaux de particules. Le liant utilisé pour assembler les copeaux de bois est généralement composé de formaldéhyde.
- l'activité humaine via l'utilisation 2 à 3 fois par semaine d'un dépoussiérant en bombe pour protéger les meubles en bois brut du salon. Le revêtement mural chaux/chanvre produit de nombreuses particules qui viennent se déposer sur l'ensemble des meubles de la maison, ce qui incite à l'utilisation de ces produits dépoussiérants, fortement émissifs en COV.

A l'inverse, la concentration des autres aldéhydes analysés (Butanal, Pentanal et Hexanal) diminuent après aménagement des locataires.

Ces trois aldéhydes peuvent provenir de la mise en œuvre (débitage, sciage, ponçage, traitement chimique,...) et de l'entreposage de certains produits utilisés en extérieur au sein de la maison lors d'intempéries et/ou pendant les absences des ouvriers.

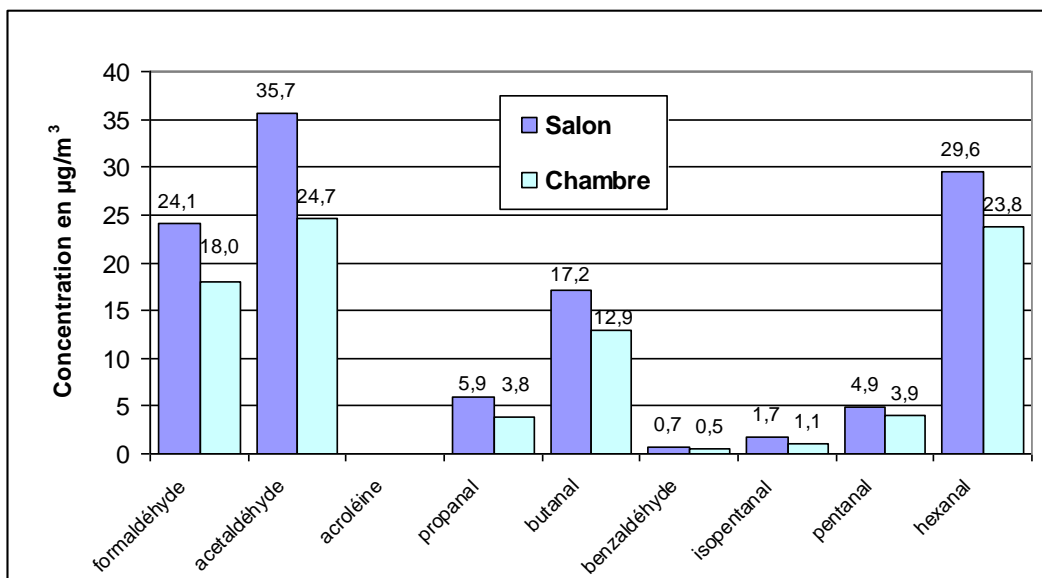
A cela est ajouté le faible taux de renouvellement d'air : les locataires n'étaient pas encore présents dans la maison, la VMC fonctionnait à sa puissance la plus faible dans un souci d'économie d'énergie (50 m³/h).



Graphique 5 : Comparaison des concentrations en aldéhydes en période 1

Nous pouvons observer d'ores et déjà que les variations pour les deux pièces lors de la première période sont sensiblement identiques. En effet, les pièces se situent au même niveau avec ouverture permanente de la porte les séparant, ce qui aboutit à des niveaux de concentration plus ou moins similaires.

La période qui montre la plus grande différence entre les deux pièces est la dernière série de mesure effectuée en janvier, représentée dans le graphique ci-après :



Graphique 6 : comparaison des concentrations en aldéhydes en période 3

Ce graphique montre que la pièce principale, présentant davantage d'activités humaine présente une concentration plus marquée en aldéhydes (une augmentation globale de 35 %). L'utilisation fréquente d'encens, d'huiles essentielles, de produits dépoussiérants, ainsi que l'accès via un sas au garage (lieu de l'usage du tabac) peut expliquer ces résultats.

comparaison aux valeurs guides et études de polluants de l'air intérieur

FORMALDEHYDE :

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a proposé en 2000 une valeur guide de la concentration en formaldéhyde dans l'air ambiant de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une durée de 30 minutes. Elle correspond à la plus faible concentration associée à une irritation du nez et de la gorge chez l'homme en population générale identifiée dans la littérature.

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset), quant à elle, propose en juillet 2007 une valeur guide plus stricte à atteindre en 2019 de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour tous les environnements intérieurs pour une exposition à long terme.

Il est à signaler que la concentration en formaldéhyde dans les deux pièces est toujours supérieure à la valeur guide recommandée par l'Afsset. La moyenne en formaldéhyde des 2 dernières périodes s'élève à $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Son niveau maximum a été mesuré lors de la dernière période dans le salon avec $24,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cependant, les valeurs retrouvées au sein de l'habitation n'excèdent pas la valeur de gestion de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, proposée par le Haut Conseil en Santé Publique (HCSP) permettant de considérer que le bâtiment est de bonne qualité sanitaire. Toutefois, cette concentration devra évoluer progressivement vers l'objectif de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en veillant à ne pas introduire de sources polluantes, et en préservant une ventilation adéquate. La diminution du mécanisme de "relargage" des polluants par les matériaux neufs aidera à atteindre cet objectif dans les mois prochains.

Au cours de la campagne pilote de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) de 2001, des moyennes de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été déterminées dans les chambres et de $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les cuisines, valeurs supérieures à celles mesurées dans la maison éco-performante.

Lors de la campagne nationale logement de l'OQAI 2003- 2005, la valeur médiane était de $19,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur inférieure à la valeur retrouvée dans le salon lors de la période 3 ($24,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

ACETALDEHYDE :

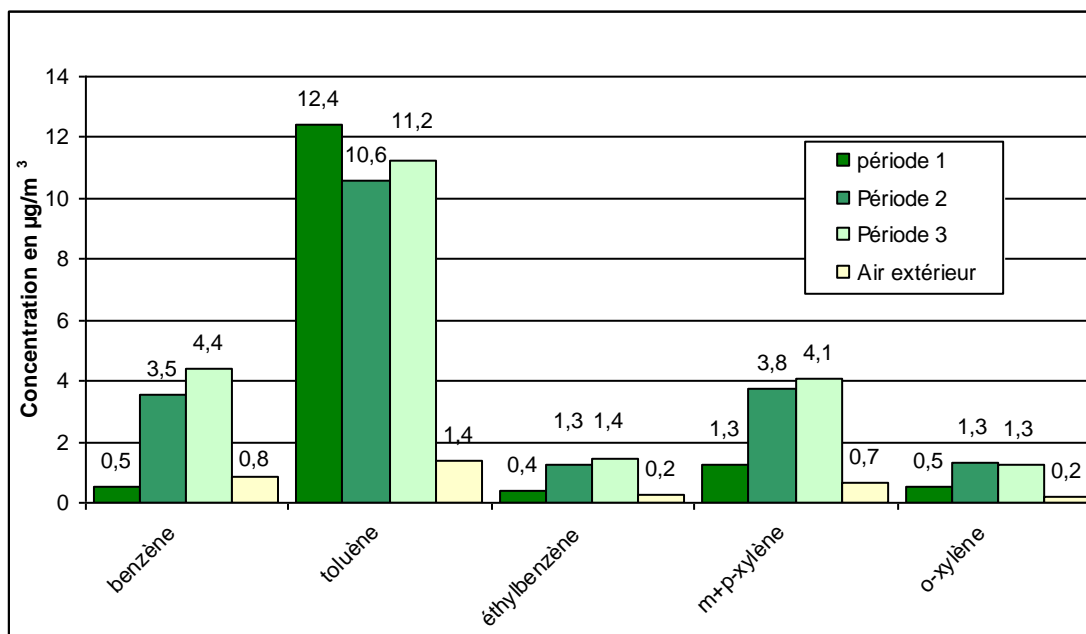
Le niveau maximum d'acétaldéhyde relevé dans le salon en dernière période atteint $35,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette valeur est nettement supérieure aux valeurs identifiées lors des campagnes pilote de 2001 et nationale logement 2003- 2005, dont le percentile 95 s'élevait à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la médiane à $11,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cependant, il est à noter que la comparaison avec la campagne logement est délicate, du fait de la grande différence entre l'année de construction des bâtiments de la campagne logement (année 1970) et celle de la maison éco-performante (2009). Les périodes de mesure de cette première campagne ne prennent pas en compte l'émissivité des matériaux en début de vie.

En air extérieur, les niveaux moyens de formaldéhyde et d'acétaldéhyde mesurés à Nantes pendant l'année 2008 sont respectivement de $2,1$ et de $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La source de ces polluants n'est donc en aucun cas due à l'air extérieur. Ce qui prouve que la qualité de l'air extérieur est meilleure que celle de l'air intérieur avec un facteur $11,5$ pour le formaldéhyde et de 25 pour l'acétaldéhyde.

le suivi des BTEX

Les BTEX sont des Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques (HAM). Ils peuvent être nocifs pour la santé, avec notamment le benzène, classé cancérigène dans le groupe 1 par le Centre international de recherche sur le cancer. Une attention et une étude plus poussée sur ce polluant prioritaire seront effectuées au cours de cette interprétation.



Graphique 7 : moyenne des concentrations en BTEX des 2 pièces pour les 3 périodes

Ces histogrammes présentent l'évolution des concentrations moyennes en BTEX des deux pièces pour les trois périodes de mesure. Nous remarquons que pour quatre d'entre eux, leurs concentrations augmentent avec l'arrivée des occupants, exceptés pour le toluène. En air extérieur, les concentrations en BTEX restent infimes.

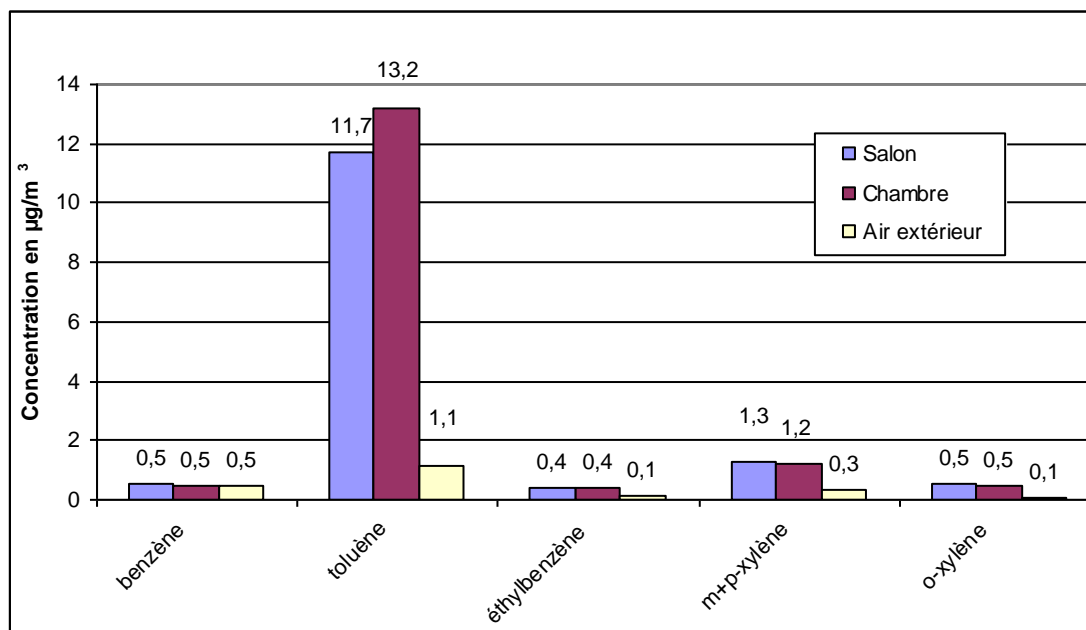
Les sources de BTEX sont multiples. Les matériaux organiques naturels ou synthétiques peuvent émettre des COV durant plusieurs mois. Les hydrocarbures monocycliques analysés font partie de ces COV.

Dans cette étude, les sources primaires sont vraisemblablement liées à l'apport de nouveaux meubles et de produits de décoration (peinture, vernis, laque, détergents, colles) et de l'activité humaine. Si d'autres mobiliers récents ne sont pas introduits à nouveau, cette pollution primaire sera amenée à diminuer dans le temps.

Le toluène plus concentré en première période peut être dû à l'utilisation ou l'entrepôt récents dans ces pièces de :

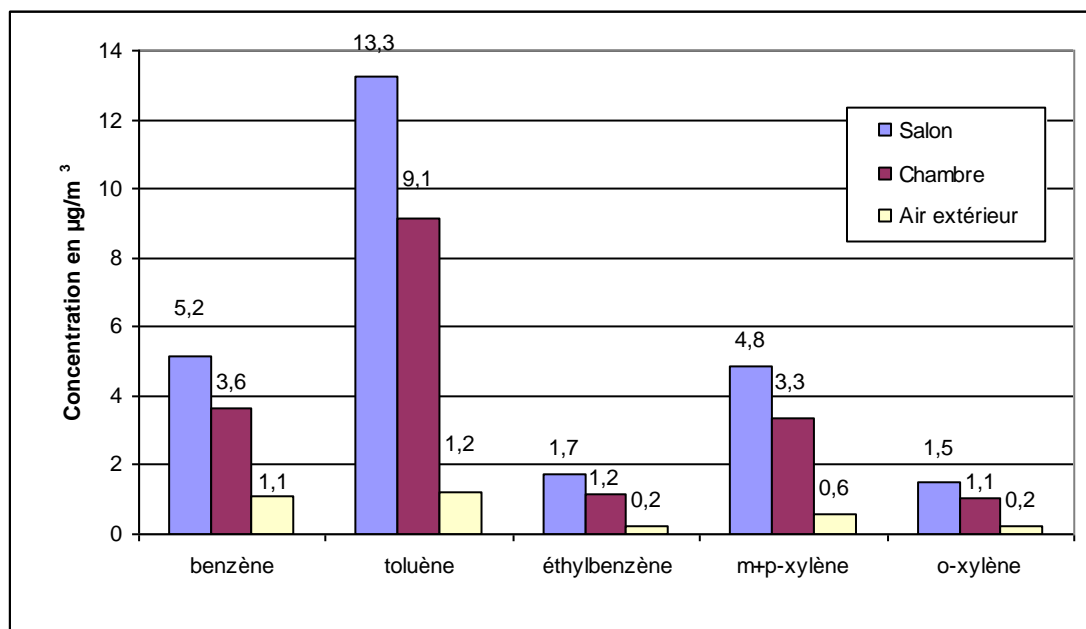
- Peintures ;
- lasure, utilisée en bardage extérieur ;
- bois résineux brut.

Par ailleurs, le fonctionnement plus intense de la VMC en deuxième période a pu contribuer à la diminution de la concentration initiale en toluène en première période.



Graphique 8 : Concentration en BTEX en Période 1

En l'absence des occupants (période 1), la concentration en BTEX est sensiblement identique dans les deux pièces. En effet, le phénomène est le même que pour les aldéhydes du fait que les pièces se situent au même niveau avec ouverture permanente de la porte les séparant.



Graphique 9 : Concentration en BTEX en Période 3

La troisième période de mesure présente les différences des concentrations entre les deux pièces plus marquées. La concentration en BTEX est sensiblement plus élevée dans le salon que dans la chambre. Ce lieu est davantage exposé à l'activité humaine et par conséquent aux sources polluantes.

comparaison aux valeurs guides et études de polluants de l'air intérieur

BENZENE

Parmi l'ensemble des BTEX, le benzène nécessite une attention particulière, sa concentration étant passée de 0,5 à 5,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, soit un facteur 10 entre les périodes 1 et 3. Cette dernière valeur mesurée de 5,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le salon en troisième période dépasse la valeur limite annuelle en 2010 pour l'air extérieur ambiant fixée à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration moyenne des périodes de présence des locataires (périodes 2 et 3) s'élève à 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette valeur est inférieure à la VGAI de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en air intérieur proposée par l'Afsset pour une exposition à long terme.

Toutefois, la comparaison doit être menée avec précaution, du fait que les périodes de mesure sont relativement courtes (3 semaines) et par conséquent peu comparables avec une exposition à long terme.

En France, comme dans les autres pays, les concentrations intérieures en benzène dans les logements sont relativement bien documentées. Seules les données de l'OQAI sont rapportées ci-dessus puisqu'elles sont représentatives de l'ensemble des résidences principales de France métropolitaine. Les mesures effectuées dans 541 logements et 139 garages attenants réalisées par l'OQAI de 2003 à 2005 (prélèvements passifs d'une durée de 7 jours) ont en effet été extrapolées à l'ensemble des résidences françaises. La médiane des concentrations en benzène dans la chambre principale (ou pièce assimilée) est égale à 2,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (IC⁵ 95 % [1,9 ; 2,2]). Ce qui représente la moitié de la concentration moyenne retrouvée dans la maison éco-performante.

Nous pouvons aussi comparer cette étude à la campagne pilote de l'OQAI de 2001. La moyenne géométrique était de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la chambre et dans le salon, ce qui correspond à la moitié des valeurs retrouvées dans la maison éco-performante lors de la présence des locataires.

TOLUENE

L'OMS a fixé à 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la valeur guide en toluène (moyenne sur une semaine). Nous pouvons constater que les concentrations relevées dans la maison sont donc très en deçà de la valeur recommandée (< 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

SOURCES ENVISAGEES DE BENZENE

Le **tabagisme** est une des sources les plus probables de cette contamination chimique, notamment du benzène, dont la concentration moyenne est supérieure à la norme recommandée de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rappelons que près de 3000 espèces chimiques ont été identifiées dans la fumée de tabac soit sous forme de gaz, soit sous forme de très fines particules. Soixante de ces composées sont toxiques ou cancérigènes, comme le benzène, le formaldéhyde, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP),.... **N'oublions pas que non seulement la fumée est inhalée par le fumeur, mais elle est également adsorbée par des matériaux environnements, qui ont la capacité de former des nouvelles substances émises à leur tour dans l'air intérieur. Ce phénomène d'adsorption/désorption est fonction de la présence de mobilier, matériaux textiles type canapé, literie, coussins, tissus, ...**

Les effets sanitaires de ces « cocktails de molécules » ne sont qu'au stade de la recherche internationale. Bien qu'il s'agisse d'un lieu privé, il est important de rester cohérent sur l'ensemble du complexe bâti pour préserver une qualité sanitaire satisfaisante.

La deuxième source responsable de ces différences de concentration entre les deux pièces est probablement l'utilisation fréquente d'un aérosol comme dépolluant. Ces produits sont néfastes pour la santé du fait des fines gouttelettes projetée dans l'air. Ces gouttelettes s'évaporent plus rapidement car la surface d'échange avec l'air est maximale.

Les mesures de BTEX montrent que les ratios [chambre]/[extérieur] ou [salon]/[extérieur] sont tous supérieurs à 1 avec des valeurs allant de 1,1 (benzène, 1^{ère} période) à 11,2 (toluène, 1^{ère} période), indiquant que ces composants ont une origine plutôt intérieure au bâtiment.

En règle générale, les résultats des valeurs de COV obtenus confirment le fait qu'il existe une spécificité de la pollution à l'intérieur de la maison avec notamment un certain nombre de substances retrouvées uniquement dans les environnements intérieurs.

⁵ Indice de Confiance

conclusions et perspectives

conclusions :

Le principal enjeu dans cette nouvelle construction a été de réussir à concilier deux objectifs qui peuvent paraître opposés : Maîtriser les dépenses énergétiques tout en assurant une bonne **qualité de l'air intérieur**.

Les résultats des mesures de la température et l'humidité relative mesurées dans les deux pièces de la maison montrent que ces paramètres se situent dans la zone "dite de confort" avec des niveaux relativement homogènes dans chacune des pièces de la maison.

Les niveaux moyens en dioxyde de carbone dans la chambre ont dépassé le seuil du règlement sanitaire départemental en période 2 et 3, indiquant que l'air ambiant de la chambre est plus **confiné que le salon**. Une **augmentation du débit d'air insufflé** dans cette pièce ou à minima une aération plus fréquente par ouverture régulière de la fenêtre seraient nécessaires afin de faire baisser les niveaux de dioxyde de carbone.

Les substances chimiques étudiées lors de cette campagne ont été sélectionnées en fonction de la valeur de l'indice de hiérarchisation de l'OQAI et de l'Afsset. Elles ont été déterminées par l'importance de leur impact sanitaire et la fréquence de leur **présence dans l'air intérieur**. Selon cette méthode, le **formaldéhyde**, le **benzène** et l'**acétaldéhyde** ont été classés parmi les substances hautement prioritaires. Le toluène a été classé parmi une des substances très prioritaires par l'OQAI.

Un résumé des concentrations moyennes mesurées au sein des 2 pièces lors de la présence des locataires (périodes de mesure 2 et 3) est présenté dans le tableau ci-dessous.

	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la période 1 (absence de locataires)	Concentration moyenne en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les périodes 2 et 3 (présence des locataires)		Valeurs de référence en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Pièces Polluants	Salon et chambre (valeurs similaires)	Salon	Chambre	/
Formaldéhyde	17,1	21,5	16,7	10 / 30 (Afsset) / (HCSP)
Acétaldéhyde	11,4	31,2	22,4	11,6 (médiane campagne nationale logement 2003/2005)
Benzène	0,5	4,5	3,4	2 / 10 (Afsset) 2,1 (médiane campagne nationale logement 2003/2005)
Toluène	12,4	12,8	9,0	260 (OMS)

Dans cette étude, les polluants sont majoritairement endogènes. Les concentrations des polluants prioritaires dépassent en partie les valeurs cibles proposées par les organismes reconnus. Toutefois, il est prudent de notifier que les mesures ont été faites sur des périodes courtes (2 semaines), ce qui rend difficile la comparaison avec des valeurs calculées pour une « vie entière ».

Le tableau ci-dessus laisse apparaître deux tendances :

D'une part, il met nettement en évidence les conséquences de la présence humaine au sein du bâtiment. **L'ensemble des concentrations de polluants prioritaires est plus élevé après l'emménagement des locataires.**

D'autre part, la différence de concentration entre les deux pièces attenantes **l'une de l'autre**, que sont le salon et la chambre, est directement liée à la durée et au **type d'activités** effectué dans chacune de ces pièces. Le salon, pièce principale, est beaucoup plus influencé par une pollution venant probablement de la fumée de cigarette **et de l'aérosol utilisé régulièrement sur la surface des meubles du salon**. Bien que le locataire ne fume pas au sein de cette pièce, les molécules émanant de la fumée de cigarette (notamment les 4 polluants retenus) peuvent être facilement véhiculées via ses habits, ses cheveux, La pièce située entre le garage (lieu du tabagisme) et le salon, permet également une diffusion de ces molécules, de façon ponctuelle vers le salon lors de l'ouverture des portes.

Une construction éco-performante selon un cahier des charges strict devrait garantir une qualité sanitaire optimale du bâtiment. Bien que le mode constructif de cette maison assure une meilleure qualité sanitaire du bâtiment, les résultats de cette étude démontrent que le comportement humain est un facteur primordial sur le maintien de cette qualité.

Une information sur les activités émettrices de polluants en environnement bâti aux occupants, associée à une bonne utilisation de la ventilation mécanique contrôlée devraient préserver un lieu de vie sain.

La ventilation est en effet un **élément primordial d'une qualité d'air intérieur correcte**. Il est important de **laisser libre d'accès les entrées d'air et de nettoyer régulièrement les bouches d'aération une fois par trimestre** ainsi que les dépoussiérer. Pour cela, **l'installateur a un rôle primordial dans la transmission des informations lié aux fonctionnements et à la maintenance des appareils installés**. Grâce à la qualité de la **VMC double flux installée dans cette maison, l'entretien de l'échangeur est facilité par l'accessibilité de l'ouverture**.

En conclusion, les valeurs par polluant sont globalement proches, voire dans certains cas dépassent les valeurs de références, situation **principalement liée à la présence et l'activité des occupants**. A cela, il faut ajouter **l'effet cumulatif des facteurs de risque de l'ensemble des COV analysés**. Tout habitant est exposé à un « cocktail » de molécules dont beaucoup ont des actions semblables.

perspectives :

Bien que cette étude englobe un grand nombre d'analyses chimiques, elle ne suffit pas à évaluer **l'ensemble de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment**. **D'autres mesures seraient pertinentes afin de prévenir les éventuels risques sanitaires sur les occupants**.

Il serait ainsi intéressant de faire un suivi COV élargis afin de pouvoir identifier plus précisément les sources de polluants et de les mesurer sur une plus longue période voire pendant des saisons contrastées afin de pouvoir **comparer les résultats avec les seuils d'exposition à long terme**.

Par ailleurs, des analyses complémentaires, telles les mesures **du dioxyde d'azote, des particules fines, de la contamination biologique (allergènes, pollens, moisissures et bactéries)**, la mesure acoustique, de la radioactivité, ainsi que des rayonnements électromagnétiques non ionisants **permettent d'avoir une vision précise sur la qualité sanitaire d'un environnement intérieur**.

Bien que **ces mesures n'aient pas été retenues pour cette première campagne d'évaluation**, il serait pertinent **d'effectuer des mesures complémentaires à celles déjà réalisées**, notamment en particules fines causées par les poussières de **l'enduit mural et en moisissures**.

annexes

- annexe 1 : Air Pays de la Loire
- annexe 2 : évaluation des risques sanitaires liés au formaldéhyde (avis de l'Afsset)
- annexe 3 : principe d'échantillonnage par tubes passifs
- annexe 4 : Valeurs **de référence de l'air intérieur**
- annexe 5 : diagramme des zones de confort
- annexe 6 : seuils de qualité de l'air extérieur 2009
- annexe 7 : seuils **de qualité de l'air extérieur 2010**

annexe 1 : Air Pays de la Loire

Dotée d'une solide expertise riche de trente ans d'expérience, Air Pays de la Loire est agréée par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer pour surveiller la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire. Air Pays de la Loire regroupe de manière équilibrée l'ensemble des acteurs de la qualité de l'air : services de l'État et établissements publics, collectivités territoriales, industriels et associations et personnalités qualifiées.

Air Pays de la Loire mène deux missions d'intérêt général : surveiller et informer.

surveiller pour savoir et comprendre



l'air de la région sous haute surveillance

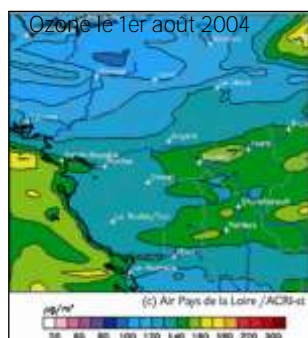
Fonctionnant 24 heures sur 24, le dispositif permanent de surveillance est constitué d'une quarantaine de sites de mesure, déployés sur l'ensemble de la région : principales agglomérations, zones industrielles et zones rurales.

mesurer où et quand c'est nécessaire

Air Pays de la Loire s'est doté de systèmes mobiles de mesure (laboratoires mobiles, préleveurs...). Ces appareils permettent d'établir un diagnostic complet de la qualité de l'air dans des secteurs non couverts par le réseau permanent. Des campagnes de mesure temporaires et ciblées sont ainsi menées régulièrement sur l'ensemble de la région.

la fiabilité des mesures garantie

Les mesures de qualité de l'air consistent le plus souvent à détecter de très faibles traces de polluants. Elles nécessitent donc le respect de protocoles très précis. Pour assurer la qualité de ces mesures, Air Pays de la Loire dispose d'un laboratoire d'étalonnage, airpl.lab accrédité par le Cofrac et raccordé au Laboratoire National d'Essais.



simuler et cartographier la pollution

Pour évaluer la pollution dans les secteurs non mesurés, Air Pays de la Loire utilise des logiciels de modélisation. Ces logiciels simulent la répartition de la pollution dans le temps et l'espace et permettent d'obtenir une cartographie de la qualité de l'air. La modélisation permet par ailleurs d'estimer l'impact de la réduction, permanente ou ponctuelle, des rejets polluants. Elle constitue un outil d'aide à la décision pour les autorités publiques compétentes et les acteurs privés.



prévoir la qualité de l'air

Si le public souhaite connaître la pollution prévue pour le lendemain afin de pouvoir adapter ses activités, les autorités politiques ont, elles, besoin d'anticiper les pics de pollution pour pouvoir prendre les mesures adaptées. En réponse à cette attente, Air Pays de la Loire réalise des prévisions de la pollution atmosphérique grâce à sa plateforme IRIS.

informer pour prévenir



pics de pollution : une vigilance permanente

En cas d'épisodes de pollution, une information spécifique est adressée aux autorités publiques et aux médias. Suivant les concentrations de pollution atteintes, le préfet de département prend, si nécessaire, des mesures visant à réduire les émissions de polluants (limitations de vitesse, diminution d'activités industrielles...)

sur Internet : tous les résultats, tous les dossiers

Le site Internet www.airpl.org donne accès à de très nombreuses informations sur la qualité de l'air des Pays de la Loire. Elles sont actualisées toutes les heures. On y trouve les cartes de pollution et de vigilance, les communiqués d'alerte, les indices de la qualité de l'air (Atmo, IQA), les mesures de pollution heure par heure, les actualités, toutes les publications d'Air Pays de la Loire...

des publications largement diffusées

Tous les deux mois, Air Pays de la Loire publie des informations sur la qualité de l'air de la région, grâce à son bulletin bimestriel d'information *Au fil de l'air*. Un rapport annuel dresse par ailleurs un état très complet de la qualité de l'air.

annexe 2 : risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs

L'avis de l'Afsset se base pour les aspects scientifiques sur les rapports finaux issus d'une expertise collective :

- un rapport Afsset « Toxicité du formaldéhyde. État des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) » rédigé par le groupe de travail « Formaldéhyde » ;
- « Evaluation des risques sanitaires liés aux expositions de la population française au formaldéhyde dans l'air » rédigé par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris).

L'expertise a suivi la démarche méthodologique pour une évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition pour la population générale, comprenant les étapes d'identification des dangers, caractérisation des relations dose-effet, quantification de l'exposition et caractérisation des risques sanitaires.

Suite à une expertise collective, L'Agence a mis en évidence les points suivants :

- une exposition aiguë au formaldéhyde liée à l'utilisation normale de produits de consommation courantes (produits nettoyants,...), peut conduire à des irritations oculaires et nasales, qu'il s'agisse d'expositions au formaldéhyde émis ou formé secondairement (conclusions valables pour les produits testés dans le cadre de l'étude).
- lors d'exposition chronique au formaldéhyde, dans les environnements intérieurs :
 - t la majorité de la population française est exposée à un risque de survenue d'irritations oculaires et nasales liées à la présence de formaldéhyde dans le logement. Les mesures d'exposition réalisées attestent d'un dépassement des VTR chroniques protégeant de ces irritations. La fréquence de survenue et la sévérité des effets irritants restent inconnues ;
 - t l'exposition des enfants dans les crèches ou écoles doit être prise en compte. Même si ces lieux considérés individuellement ne conduisent pas à mettre en évidence un risque, ils contribuent à l'exposition cumulée au formaldéhyde dans une journée ;
 - t pour les bureaux et les lieux de loisir, les données disponibles ne montrent pas un dépassement de la VTR. Toutefois, certains lieux peuvent contribuer à l'exposition au formaldéhyde de la population qui les fréquente régulièrement et ne doivent pas être exclus ;
 - t concernant le risque cancérigène, malgré la méconnaissance de la relation dose-réponse, les concentrations maximales estimées restent largement inférieures aux seuils mentionnés dans la littérature considérée comme protecteurs de l'apparition du cancer du nasopharynx. Le risque pour la population générale de développer un cancer du nasopharynx suite à l'inhalation de formaldéhyde seul semble négligeable au vu des niveaux de concentration mesurés actuellement dans l'air. Toutefois, l'effet combiné du formaldéhyde à d'autres composés n'a pas été étudié.

annexe 3 : principe d'échantillonnage par tubes passifs

Les tubes passifs mesurant les aldéhydes sont composés d'un corps diffusif à l'intérieur duquel sont introduites des cartouches composées de filet acier inoxydable rempli de FlorisilTM et revêtu de 2,4-dinitrophényldrazine (2,4-DNPH). Les aldéhydes sont transportés dans l'échantillonneur par diffusion moléculaire jusqu'à la cartouche chimiadsorbante. Ils réagissent avec le 2,4-DNPH de la cartouche, formant le correspondant 2,4-dinitrophényldrazone. Les 2,4-dinitrophényldrazones sont extraits et sont analysés par HPLC⁶ en phase inversée et détecteur UV.

Les neuf aldéhydes mesurés sont le formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine, propanal, butanal, benzaldéhyde, isopentanal, pentanal et hexanal.



Les cartouches mesurant les BTEX sont composées d'un tube de filet acier inoxydable à maille, rempli de charbon graphité. Les COV sont piégés par absorption puis désorbés par désorption thermique et sont ensuite analysés par Chromatographie gazeuse capillaire détecteur FID ou MS.

Photo 3 : symétrie du tube radiello (extrait du protocole de surveillance du formaldéhyde-LCSQA)

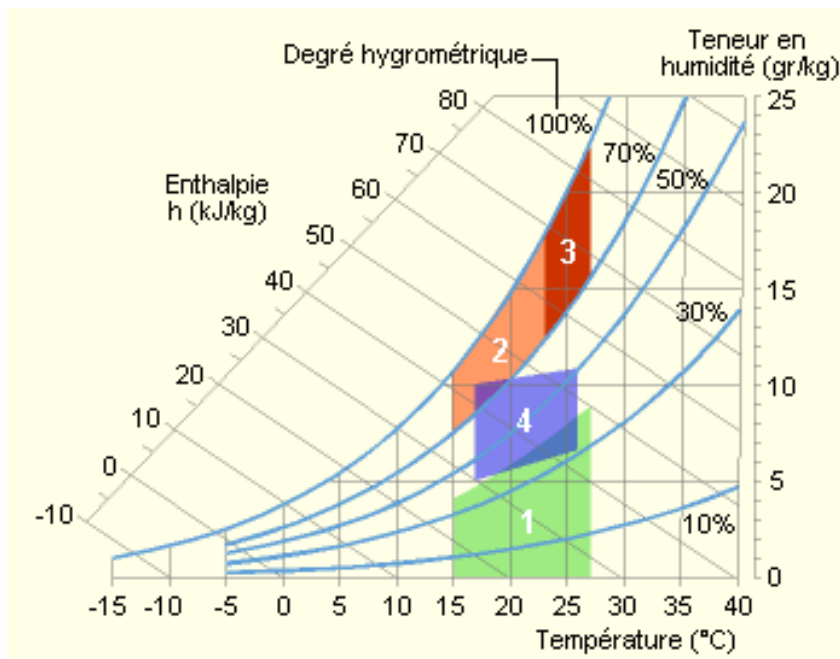
⁶ Chromatographie en phase liquide à haute performance

annexe 4 : valeurs de référence de l'air intérieur

Formaldéhyde	<p>Recommandations :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur repère de protection des populations sensibles sur une exposition à long terme application de cette valeur en 2012 pour tous bâtiments neufs (Afsset) • 30 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur repère avec aucune action corrective (HCSP) • 50 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur maximale admissible pour une exposition de longue durée. Nécessité d'information et de recommandation dans un délai de quelques mois. (HCSP) <p style="text-align: center;">VGAI pour une exposition court terme de 2 heures (Afsset)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur d'action corrective rapide, au cours du mois suivant le résultat
Benzène	<p>VGAI long terme (Afsset):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les effets chroniques non cancérogènes pour une durée d'exposition supérieure à un an. • 2 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur pour les effets chroniques cancérogènes et une durée d'exposition vie entière, correspondant à un excès de risque de 10^{-5}. • 0,2 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les effets chroniques cancérogènes et une durée d'exposition vie entière, correspondant à un excès de risque de 10^{-6}. <p>VGAI intermédiaire (Afsset) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne sur un an pour les effets hématologiques non cancérogènes et afin de prendre en compte des effets cumulatifs du benzène (8 heures). <p>VGAI court terme (Afsset) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne sur 14 jours pour les effets hématologiques non cancérogènes et afin de prendre en compte des effets cumulatifs du benzène.
Toluène	<p>Valeur Guide (OMS) :</p> <p>260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne sur une semaine applicable en air extérieur).</p>
Dioxyde de carbone	<p>Recommandation (RDS) :</p> <p>Seuil : 1000 ppm</p>
Dioxyde d'azote	<p>Valeur Guide (OMS) :</p> <p>40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur long terme applicable en air extérieur).</p>
Particules	<p>Valeur de gestion (OMS) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\text{PM}_{2,5}$: 25 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur 24 heures, 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur le long terme • PM_{10} : 50 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur 24 heures, 20 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur le long terme

Sources : (Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, Haut Conseil de la Santé Publique, Règlement Sanitaire Départemental, Organisation Mondiale de la Santé)

annexe 5 : diagramme des zones de confort



Zone de confort admissible en fonction du degré hydrométrique et de la température

- 1 : zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
- 2/3 : zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de micro-champignons.
- 3 : zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
- 4 : polygone de confort hygrothermique

A noter enfin que les limites d'humidité imposées en Suisse par la SIA V382/1 sont beaucoup moins exigeantes : on admet une humidité située en permanence entre 30 et 65 % HR, avec des pointes entre 20 et 75 % HR durant quelques jours par an. De tels taux momentanés sont supportables physiologiquement, sans qu'il ne soit nécessaire de recourir à une humidification artificielle.

Source : ISELT P., ARNDT U., CAUCHEPIN J.L, *Manuel de l'humidification de l'air*, 1997 - 240 p., Paris

annexe 6 : seuils de qualité de l'air extérieur 2009

TYPE DE SEUIL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DONNÉE DE BASE	POLLUANT												
		Ozone décrets 2002-213 du 15/02/02, 2003-1085 du 12/11/03 et 2007-1479 du 12/10/07 et 2008-1152 du 07/11/08 dir. 2008/50/CE du 21/05/08	Dioxyde d'azote décret 2002-213 du 15/02/02	Oxydes d'azote décret 2002-213 du 15/02/02	Poussières (PM10) décret 2002-213 du 15/02/02, circulaire du 12/10/07	Poussières (PM2.5) dir. 2008/50/CE du 21/05/08	Plomb décret 2002-213 du 15/02/02 et 2007-1479 du 12/10/07	Benzène décret 2002-213 du 15/02/02	Monoxyde de carbone décret 2002-213 du 15/02/02	Dioxyde de soufre décret 2002-213 du 15/02/02	Arsenic	Cad- mium	Nickel	Benzo(a) pyrène
valeurs limites	moyenne annuelle	-	42 ⁽¹⁾	30 ⁽²⁾	40	30 ⁽¹⁷⁾	0,5	6 ⁽³⁾	-	20 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	125 ⁽⁶⁾	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	200 ⁽⁷⁾ 210 ⁽⁸⁾	-	-	-	-	-	-	350 ⁽⁹⁾	-	-	-	-
seuils d'alerte	moyenne horaire	1 ^{er} seuil : 240 ⁽¹⁰⁾ 2 ^e seuil : 300 ⁽¹⁰⁾ 3 ^e seuil : 360	400 200 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	500 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-
seuils de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	200	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
objectifs de qualité	moyenne annuelle	-	40	-	30	-	0,25	2	-	50	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	200 ⁽²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6000 ⁽¹³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valeurs cibles	AOT 40	18 000 ⁽²⁾⁽¹⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne annuelle	-	-	-	-	25 ⁽¹⁶⁾	-	-	-	-	0,006	0,005	0,02	0,001
	Moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹⁵⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2009 : 2 (valeur applicable à compter du 01/01/2010: 40)

(2) pour la protection de la végétation - applicable seulement sur les sites ruraux et périurbains

(3) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2009 : 1 (valeur applicable à compter du 01/01/2010: 5)

(4) pour la protection des écosystèmes - applicable seulement sur les sites ruraux

(5) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90,4 annuel)

(6) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)

(7) à ne pas dépasser plus de 175h par an (percentile 98 annuel) – valeur applicable jusqu'au 31/12/2009

(8) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,8 annuel) – valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2009 : 10 (valeur applicable à compter du 01/01/2010: 200)

(9) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,7 annuel)

(10) à ne pas dépasser plus de 3h consécutives

(11) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain

(12) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile

(13) pour la protection de la végétation : calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(14) en moyenne sur 5 ans à respecter au 1 janvier 2010

(15) pour la protection de la santé humaine : à ne pas dépasser plus de 25 j par an en moyenne sur 3 ans à respecter au 1 janvier 2010

(16) valeur applicable au 1 janvier 2010

(17) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2009 : 5 (valeur applicable à compter du 01/01/2015: 25)

valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

annexe 7 : seuils de qualité de l'air extérieur 2010

TYPE DE SEUIL (µg/m ³)	DONNÉE DE BASE	POLLUANT												
		Ozone décrets 2002-213 du 15/02/02, 2003-1085 du 12/11/03 et 2007-1479 du 12/10/07 et 2008-1152 du 07/11/08	Dioxyde d'azote décrets 2002-213 du 15/02/02 et 2008- 1152 du 07/11/08	Oxydes d'azote décrets 2002-213 du 15/02/02 et 2008- 1152 du 07/11/08	Poussières (PM10) décrets 2002-213 du 15/02/02 et 2008- 1152 du 07/11/08	Poussières (PM2.5) dir. 2008/50/CE du 21/05/08	Plomb décrets 2002-213 du 15/02/02, 2007-1479 du 12/10/07 et 2008- 1152 du 07/11/08	Benzène décrets 2002-213 du 15/02/02 et 2008- 1152 du 07/11/08	Monoxyde de carbone décrets 2002-213 du 15/02/02 et 2008- 1152 du 07/11/08	Dioxyde de soufre décret 2002-213 du 15/02/02 et 2008- 1152 du 07/11/08	Arsenic décret 2008-1152 du 07/11/08	Cad- mium	Nickel	Benzo(a) pyrène
valeurs limites	moyenne annuelle	-	40 ⁽¹⁾	30 ⁽²⁾	40	30 ⁽¹⁷⁾	0,5	5 ⁽³⁾	-	20 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	125 ⁽⁶⁾	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	200 ⁽⁸⁾	-	-	-	-	-	-	350 ⁽⁹⁾	-	-	-	-
seuils d'alerte	moyenne horaire	1 ^{er} seuil : 240 ⁽¹⁰⁾ 2 ^e seuil : 300 ⁽¹⁰⁾ 3 ^e seuil : 360	400 200 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	500 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-
seuils de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	200	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
objectifs de qualité	moyenne annuelle	-	40	-	30	-	0,25	2	-	50	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	200 ⁽²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6000 ⁽¹³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valeurs cibles	AOT 40	18 000 ⁽¹⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne annuelle	-	-	-	-	25 ⁽¹⁶⁾	-	-	-	-	0,006 ⁽¹⁸⁾	0,005 ⁽¹⁸⁾	0,02 ⁽¹⁸⁾	0,001 ⁽¹⁸⁾
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹⁵⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) valeur applicable à compter du 01/01/2010

(2) pour la protection de la végétation

(3) valeur applicable à compter du 01/01/2010

(4) pour la protection des écosystèmes

(5) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90,4 annuel)

(6) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)

(8) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,8 annuel) - valeur applicable à compter du 01/01/2010

(9) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,7 annuel)

(10) dépassé plus de 3h consécutives

(11) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain

(12) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile

(13) pour la protection de la végétation: calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(14) en moyenne sur 5 ans à respecter au 1 janvier 2010 : calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(15) pour la protection de la santé humaine : à ne pas dépasser plus de 25 j par an en moyenne sur 3 ans à respecter au 1 janvier 2010

(16) valeur applicable au 1 janvier 2010

(17) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2010 : 5 (valeur applicable à compter du 01/01/2015: 25)

(18) à compter du 31 décembre 2012

valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

bibliographie

- [1] Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (2004) - Campagne pilote : 90 logements et 9 écoles Rapport final.
- [2] Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (2006) campagne nationale logements- Etat de la qualité de l'air dans les logements français-rapport final
- [3] AFSSET (2006) - Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs (mai 2008).
- [4] Squinazi F. les polluants physico-chimiques de l'air intérieur : sources et impact sanitaires, Environnement, risques et santé-vol.7, n°6, novembre-décembre 2008.
- [5] AFSSET (2007) - Valeurs Guide de qualité d'Air Intérieur - Document cadre et éléments méthodologiques (juillet 2007).
- [6] AFSSET (2007) - Valeurs guides de la qualité de l'air intérieur- le formaldéhyde. (juillet 2007) Avis de l'Afsset relatif à la proposition de valeur guide de l'air intérieur pour le formaldéhyde. Auto-saisine AFSSET (2004).
- [7] AFSSET (2008) - Valeurs guides de la qualité de l'air intérieur- Le benzène (mai 2008) Avis de l'Afsset relatif à la proposition de valeur guide de l'air intérieur pour le benzène. Auto-saisine AFSSET (2004).
- [8] Jedor B. (2005) - qualité de l'air intérieur dans les écoles primaires maternelles et primaires : spécificité de la problématique et implications en terme d'évaluation et de gestion des risques sanitaires. ENSP-Mémoire IGS 2005.

glossaire

abréviations

Afsset	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
BTEX	benzène, toluène, ethylbenzène, xylènes
CIRC	institut international de recherche sur le cancer
CO2	dioxyde de carbone
COV	composés organiques volatils
HCSP	Haut Conseil de la Santé Publique
HPLC	Chromatographie en phase liquide à haute performance
MEEDDM	Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer
OMS	Organisation mondiale de la santé
OQAI	Observatoire de la qualité de l'air intérieur
RSD	Règlement sanitaire départemental
ppm	Parties par million
µg	microgramme (= 1 millionième de gramme)
VGAI	Valeur guide en air intérieur

airpays de la Loire

7, allée Pierre de Fermat – CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3

Tél + 33 (0)2 28 22 02 02

Fax + 33 (0)2 40 68 95 29

contact@airpl.org

