

campagne 2011 de mesure de l'air intérieur



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

août 2011 – rapport final



sommaire

synthèse	1
introduction	6
Air intérieur : polluants prioritaires, valeurs de gestion, niveaux de pollution mesurés.....	7
les polluants prioritaires à surveiller	7
les valeurs guides et de gestion	8
les niveaux de pollution déjà mesurés dans des logements	9
méthodologie.....	11
objectif de la campagne.....	11
période de mesure.....	11
dispositif de mesure	11
les résultats	12
suivi des paramètres de confort et de confinement	13
suivi des aldéhydes	16
le suivi des BTEX.....	19
conclusions et perspectives	22
annexes	23
annexe 1 : Air Pays de la Loire	24
annexe 2 : sources de polluants mesurés.....	25
annexe 3 : valeurs de référence de l'air intérieur.....	26
annexe 4 : effets sanitaires des polluants de l'air intérieur.....	27
annexe 5 : seuils de qualité de l'air 2011	29
bibliographie	30
glossaire	31
abréviations	31

contributions

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

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 3 août 2010 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 ainsi que les locataires pour leur disponibilité lors de cette deuxième étude.

synthèse

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

A la demande de la Communauté de Communes du Pays des Herbiers, Air Pays de la Loire a procédé à un suivi de la qualité de l'air intérieur de la maison éco-performante en 2009-2010.

La communauté de communes du Pays des Herbiers a souhaité renouveler les mesures en 2011.

les conclusions de la première étude dans la maison éco-performante

Air Pays de la Loire a assuré le suivi de la qualité de l'air intérieur de la maison éco-performante pendant trois périodes de mesure avant et après l'aménagement des locataires en octobre 2009, décembre et janvier 2010.

L'objectif était de vérifier si les caractéristiques de la maison conduisaient à un faible impact environnemental et notamment une bonne préservation de la qualité de l'air intérieur.

La principale conclusion de l'étude indique que la qualité de l'air est globalement correcte dans la maison, mais des teneurs en benzène plus élevées que la moyenne nationale ont été enregistrées dans le salon. L'usage du tabac, de bâtonnets d'encens et de produits dépoussiérants en sont les principales raisons.

Bien que le mode constructif de cette maison assure une meilleure qualité sanitaire du bâtiment, les résultats de cette étude montrent aussi que le comportement humain est un facteur primordial sur le maintien de la qualité de l'air dans les habitations privées.

objectifs I évaluation des émissions un an après occupation du bâtiment

Des mesures de la qualité de l'air intérieur ont été réalisées dans les deux salles investiguées lors de la précédente étude (pièce de vie ou salon, chambre) durant 2 semaines du 13 au 28 juin 2011 selon le même protocole que 2009 allégé – une seule période « dite chaude ».

Les objectifs de cette nouvelle étude sont d'évaluer la diminution attendue des émissions des matériaux au cours du temps et d'estimer l'impact de l'évolution des habitudes des locataires sensibilisés par les conclusions de la première étude sur les bons comportements en matière de maîtrise de la qualité de l'air intérieur.

moyens I deux semaines de mesure avec le même dispositif de mesure

Les mesures ont été réalisées à l'aide de tubes à diffusion passive (tubes passifs Radiello®) suspendus au plafond des deux salles au centre de la pièce.

Le suivi en continu du dioxyde de carbone (CO₂), de la température et de l'humidité était effectué à l'aide d'enregistreur Q-Track aux mêmes emplacements que la première campagne de mesure.

résultats I des paramètres de confort et de confinement conformes aux valeurs de référence et des teneurs en polluants en diminution

L'interprétation des résultats mesurés durant cette deuxième campagne de mesure a permis d'étudier l'évolution temporelle des concentrations en polluants depuis 2009 et de comparer les niveaux de formaldéhyde et le benzène à des valeurs de référence : valeurs de gestion du Haut conseil en santé publique (HCSP) et valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VQAI) de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

des niveaux de température et humidité relative situés dans la zone de confort

Sachant que la zone optimale de confort se situe entre 18 et 25°C pour la température et 35 et 70 % pour l'humidité relative, il apparaît que les paramètres enregistrés dans les deux pièces de la maison éco-performante se situent dans de la zone optimale de confort lors de cette deuxième campagne de mesure, comme pour la précédente.

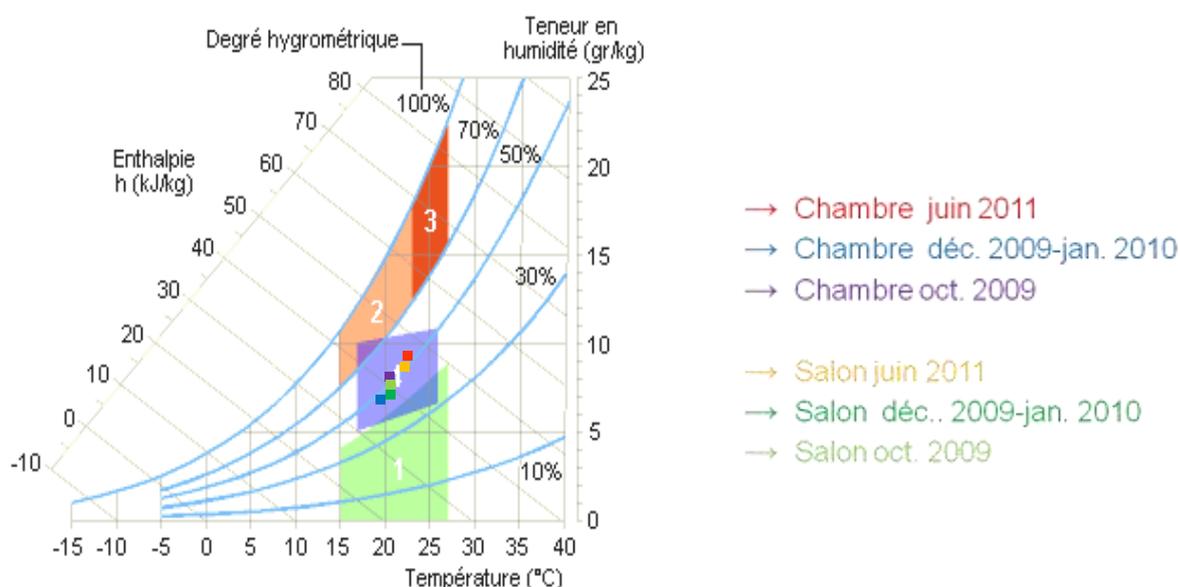
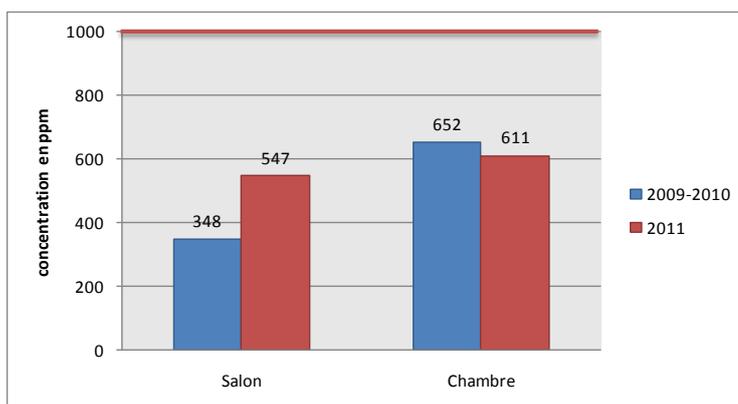


diagramme de confort hygro-thermique

- | | |
|-----|---|
| 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 | : zone optimale de confort hygrothermique. |

un niveau moyen de confinement faible dans les deux pièces

La concentration moyenne en dioxyde de carbone dans les deux pièces demeure faible et ne dépasse pas le seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1000 ppm avec une tolérance à 1300 ppm dans les locaux non fumeurs. Ces niveaux de dioxyde de carbone suggèrent un niveau de confinement faible dans les deux pièces instrumentées. La chambre reste la pièce présentant le plus de confinement. L'évolution des niveaux moyens de dioxyde de carbone (CO₂) mesurés lors des deux campagnes de mesure met en évidence une augmentation des teneurs en CO₂ dans le salon et une stabilisation du niveau de confinement dans la chambre

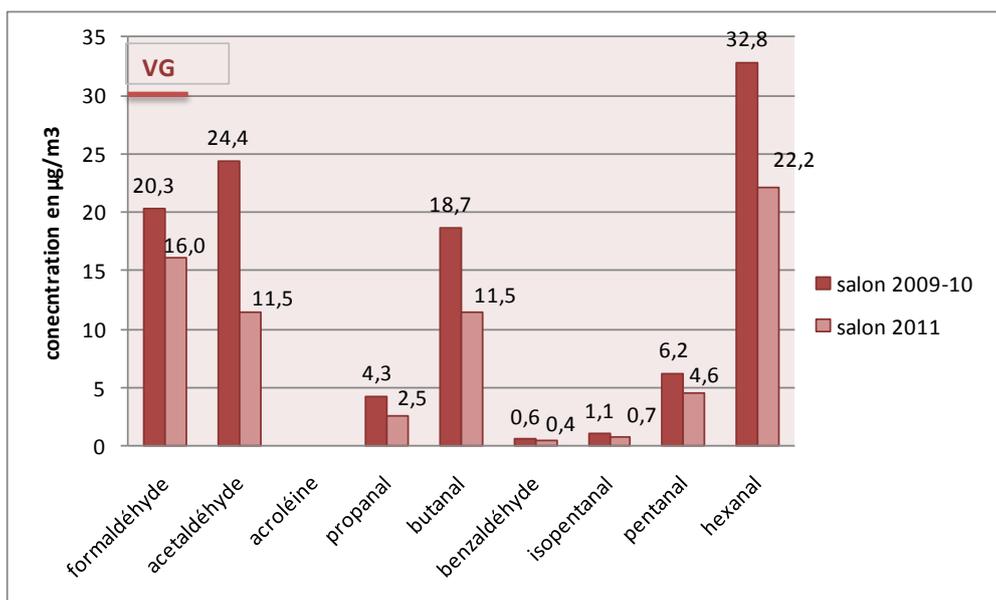


évolution des concentrations moyennes en dioxyde de carbone dans les deux pièces lors des deux campagnes de mesure

des niveaux en formaldéhyde en baisse et en dessous de la valeur de gestion du Haut conseil de santé publique (HCSP)

L'évolution des concentrations moyennes en aldéhydes entre les deux campagnes de mesure dans les deux pièces montre une diminution de 21 à 54 % des niveaux pour tous les polluants.

Cette diminution des niveaux d'aldéhydes est liée à une diminution des émissions des matériaux neufs dans la maison plus de un an après la livraison et à un changement concernant certaines activités dans la pièce de vie (diminution de l'usage de bâtonnets parfumés et de produits dépoussiérants).



évolution des concentrations moyennes en aldéhydes dans le salon entre les deux campagnes de mesure

Les valeurs moyennes retrouvées en formaldéhyde au sein des deux pièces de la maison ($16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le salon et $12,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la chambre) n'excèdent pas la valeur de gestion¹ de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, proposée par le Haut conseil en santé publique (HCSP) mais dépassent la valeur cible de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à atteindre en 2019. La concentration en formaldéhyde devrait évoluer progressivement vers cette valeur cible si de nouvelles sources de polluants ne sont pas introduites dans l'habitation.

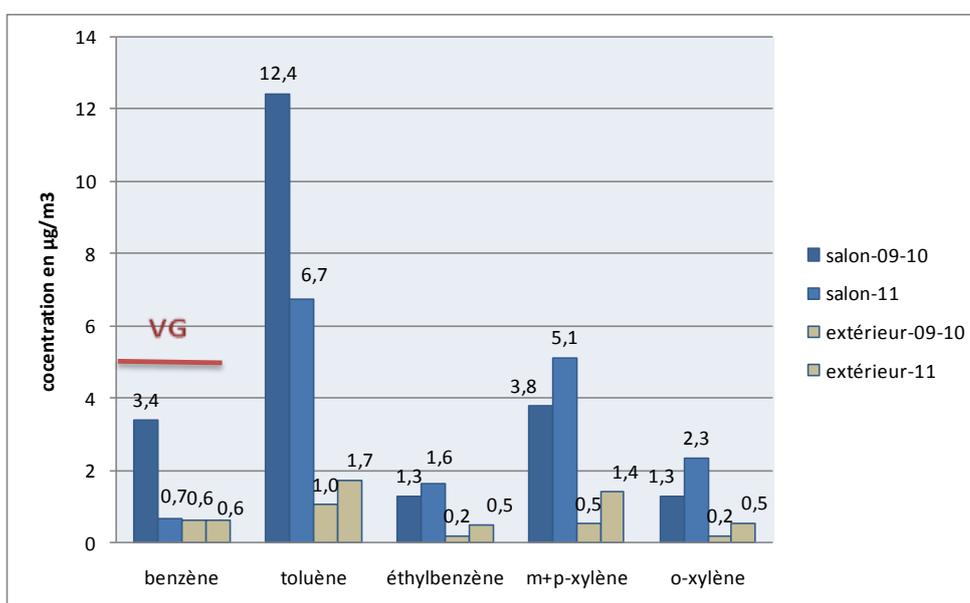
¹ Valeur de gestion (HCSP) : valeur en dessous de laquelle aucune action correctrice spécifique n'est spécifiée

évolution des teneurs en benzène hétérogène et en dessous de la valeur de gestion du HCSP

L'évolution des concentrations moyennes en BTEX indique une nette diminution des niveaux de benzène (- 72 à - 80 %) et de toluène (- 42 à - 46 %) et à contrario une augmentation des niveaux d'éthylbenzène et de xylènes.

La nette diminution des niveaux de benzène s'explique par les précautions prises par les locataires pour éviter que la fumée de tabac ne pénètre du garage attenant vers la pièce de vie et une diminution de l'utilisation de bâtonnets parfumés et de produits dépolluants, identifiés en 2009 comme sources de polluant.

L'augmentation des concentrations en éthylbenzène et xylènes s'explique partiellement par l'augmentation des niveaux extérieurs en 2011 par rapport à 2009 – 2010 lié au nouvel enrobage de la route à l'entrée du lotissement. A cet apport extérieur se sont ajoutées de nouvelles sources intérieures dans la pièce de vie : utilisation d'un insecticide contre les fourmis et installation d'un nouveau canapé.



évolution des concentrations moyennes en BTEX dans le salon entre les deux campagnes de mesure

Les concentrations moyennes en benzène enregistrées dans les deux pièces (0,7 µg/m³ dans les deux pièces) sont inférieures aux valeurs de gestion du Haut conseil en santé publique de 5 µg/m³ et à la valeur cible de 2 µg/m³ à atteindre en 2015.

conclusions et perspectives

Ces résultats du suivi en 2011 de la qualité de l'air intérieur dans la maison éco-performante ont mis en évidence :

- en 2011, un niveau de confinement peu important mais pouvant dépasser très ponctuellement (inférieur à 1 % du temps) le seuil de 1000 ppm fixé par le règlement sanitaire départemental (RSD) ; par rapport à la précédente campagne, on note un confinement moyen en hausse dans le salon et en stabilisation dans la chambre.
- des concentrations moyennes en formaldéhyde (-21 à -27 %) et en benzène (-72 à -80 %) en baisse entre les deux campagnes de mesure. Cette évolution est certainement liée à une diminution des émissions des matériaux neufs et du mobilier pour le formaldéhyde et à un changement de certains comportements depuis 2010 pour le benzène (diminution de l'usage de bâtonnets parfumés et de produits dépolluants, précautions prises par les locataires pour éviter que la fumée de tabac ne pénètre du garage attenant vers la pièce de vie).
- des concentrations moyennes en formaldéhyde en dessous de la valeur de gestion du Haut conseil en santé public (HCSP) de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur en dessous de laquelle aucune action correctrice spécifique n'est spécifiée.
- des concentrations moyennes en benzène en dessous des valeurs de gestion de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du Haut conseil en santé public ;

Les résultats de cette étude confirment que le comportement humain constitue un facteur important sur le maintien d'une bonne qualité de l'air dans les habitations : le changement des habitudes des locataires potentiellement émettrices de pollution a permis de diminuer les niveaux d'un polluant comme le benzène de manière conséquente.

En termes de **perspectives**, il serait intéressant de poursuivre ce suivi de la qualité de l'air intérieur dans la maison afin de voir l'évolution temporelle de cette baisse des niveaux de COV. Dans le projet d'étude PREBAT (Programme de Recherche sur l'Energie dans le BATiment) sur le suivi des bâtiments BBC, il est recommandé d'assurer un suivi de la qualité de l'air à la livraison du bâtiment puis un an et deux ans après la livraison. L'application du protocole de mesure du projet PREBAT [8] appliqué à la maison éco-performante pourrait élargir le panel des mesures : particules, moisissures, COV élargis.

Après avoir développé son expertise en matière de surveillance des environnements intérieurs (écoles, crèches, parkings, aéroport), Air Pays a mené en 2011 une étude exploratoire relative à la **quantification** des **émissions** de formaldéhyde par le mobilier et les produits de construction et de décoration. La maison éco-performante pourrait aussi faire l'objet d'une étude équivalente afin de mieux identifier les sources émissives.

introduction

A la demande de la Communauté de Communes du Pays des Herbiers, Air Pays de la Loire a assuré un suivi de **la qualité de l'air intérieur de la maison** éco-performante en 2009 et 2010. La communauté de communes du Pays des Herbiers a souhaité renouveler les mesures en 2011.

Les objectifs sont d'évaluer la diminution attendue des émissions des matériaux au cours du temps et d'estimer l'impact de l'évolution des habitudes des locataires sensibilisés depuis la première étude sur les bons comportements en matière de maîtrise de la qualité de l'air intérieur.

Air intérieur : polluants prioritaires, valeurs de gestion, niveaux de pollution mesurés

Véritable enjeu de santé publique depuis quelques années, la surveillance de la qualité de l'air intérieur fait l'objet d'actions des Plans nationaux santé (PNSE 1 et 2), du Grenelle de l'environnement et des Plans régionaux santé environnement (PRSE 1 et 2) des Pays de la Loire.

Dans ce cadre, Air Pays de la Loire place aujourd'hui la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans ses problématiques prioritaires. C'est ainsi que depuis 2008, plusieurs actions concernant la surveillance de l'air intérieur dans les établissements d'enseignement ont été engagées :

- t une étude expérimentale dans deux établissements d'enseignement nantais (2008-2009) ;
- t une participation à un programme national concernant 15 établissements "petite enfance" (2009-2010) ;
- t une étude dans la maison éco-performante du Pays des Herbiers (2009-2010), puis en 2011 ;
- t une étude régionale dans 4 lycées des Pays de la Loire (2010) ;
- t une étude nationale « Indice fongique et indice de confinement » (2010) ;
- t une étude exploratoire sur les émissions de formaldéhyde (2011).

les polluants prioritaires à surveiller

En réponse à l'enjeu sanitaire représenté par la qualité de l'air intérieur, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a travaillé sur l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) pour des polluants jugés prioritaires. Ces valeurs guides correspondent à des concentrations en 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 objectif de protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air.

Un groupe de travail 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, naphthalène, Phtalate de di (2-ethylhexyle)(DEHP), dioxyde d'azote, acétaldéhyde, trichloréthylène, tétrachloroéthylène et ammoniac [1].

Lors de la campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur en 2009-2010 dans la maison éco-performante, deux familles de Composés organiques volatils (COV) ont été mesurées : les aldéhydes et les BTEX² car plusieurs polluants de ces deux familles (formaldéhyde, acétaldéhyde, benzène, toluène) sont considérés par l'Anses comme devant faire l'objet d'une surveillance prioritaire. Les sources d'aldéhydes et des BTEX sont présentées en annexe 2 et leurs effets sanitaires en annexe 3.

² Benzène, Toluène, Ethylbenzène, méta-ortho-paraXylène

les valeurs guides et de gestion

les VGAI de l'Anses

Des valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) ont été proposées par l'Anses pour le formaldéhyde, le monoxyde de carbone en 2007, pour le benzène en 2008, le tétrachloroéthylène (perchloroéthylène), le trichloroéthylène, le naphthalène et les particules fines en 2010 (annexe 2).

Pour la première étude dans la maison éco-performante, la mesure en regard d'une valeur de référence long-terme a été retenue :

- t pour le formaldéhyde : $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition long terme [2] ;
- t pour le benzène : $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition long terme afin de protéger la population contre les effets hématologiques non cancérogènes [3].

des valeurs de gestions du HCSP

Les VGAI correspondent à des valeurs sanitaires qui ont servi de base pour établir des valeurs de gestion de qualité de l'air intérieur par le Haut conseil de la santé publique (HCSP). Les valeurs de gestion sont supérieures aux VGAI et sont amenées à évoluer pour atteindre progressivement les VGAI.

Depuis 2009, un avis du Haut conseil de santé publique (HCSP) a proposé des valeurs-repères d'aide à la gestion pour le formaldéhyde et le benzène dans l'air intérieur.

Dans son avis du 13 octobre 2009, le HCSP propose pour le formaldéhyde la valeur de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, comme valeur-repère de qualité d'air, en dessous de laquelle, «aucune action corrective spécifique n'est préconisée».

Dans un avis du 16 juin 2010, la valeur repère pour le benzène est de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ou «aucune action corrective spécifique n'est préconisée».

valeurs de gestion du HCSP			
	valeur repère → en dessous de laquelle aucune action corrective n'est spécifiée	valeur action immédiate → neutraliser les sources de pollution	valeur cible
formaldéhyde	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2019
benzène	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2015

Tableau 1 : valeurs de gestion du Haut conseil en santé publique

les niveaux de pollution déjà mesurés dans des logements

Assez peu d'études françaises documentent spécifiquement les niveaux de polluants dans les logements. On peut citer deux études menées par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur : la campagne pilote "90 logements" en 2001 et une « campagne logement » en 2003-2005. Un examen des résultats de ces études est réalisée dans ce rapport et permet de mettre en perspective les résultats du suivi dans la maison éco-performante. Une étude sur les bâtiments neufs publiée dans la revue pollution atmosphérique vient compléter cette étude bibliographique.

campagne pilote de l'OQAI dans 90 logements [5]

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

Les résultats de cette étude 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 le plus souvent nettement plus élevées.

campagne nationale logement [6]

Une campagne nationale logement menée du 1^{er} octobre 2003 au 21 décembre 2005 sur un échantillon de 710 résidences principales de la France métropolitaine a porté notamment sur la mesure des COV.

	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 3 : 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 : les aldéhydes sont les molécules les plus fréquemment mesurées, avec notamment le formaldéhyde, l'hexaldéhyde et l'acétaldéhyde retrouvés dans tous les logements. Concernant les BTEX, les polluants comme le toluène et le m,p xylène ont été mesurés dans tous les logements.

qualité de l'air dans les bâtiments neufs [7]

Les conclusions d'une étude bibliographique dans la littérature scientifique relatée dans la revue « pollution atmosphérique » publiée en janvier 2011 permet de dégager les tendances suivantes (extraits) :

- « les bâtiments neufs à réception présentent généralement des concentrations en polluants parfois élevées qui ont tendance à décroître plus ou moins rapidement dans le temps. Cette décroissance peut être rapide pour certains composés, ou plus lente pour d'autres comme les aldéhydes (dont le formaldéhyde).
- pour certains polluants, en particulier le formaldéhyde, les bâtiments anciens présentent des concentrations inférieures à celles des bâtiments récents ou neufs ;
- l'arrivée des occupants dans le logement peut modifier les niveaux de pollution du fait de l'ajout de mobilier, des activités domestiques... mais, l'influence de l'occupation semble être de moindre importance que celle de la charge initiale en polluants du bâti ;
- les expériences menées dans certains pays (notamment Finlande, Japon et Corée du Sud) montrent que les actions volontaires (labels) ou réglementaires combinant une approche de maîtrise des sources (choix de produits à faibles émissions) et de contrôle de la qualité de l'air intérieur (respect d'une valeur guide) se traduisent par une amélioration sensible de la qualité de l'air intérieur dans le parc de bâtiments ;
- plusieurs études montrent que l'abattement des concentrations ne devient significatif qu'avec des taux de renouvellement d'air très élevés, ce qui traduit la prédominance de l'impact des sources émissives par rapport à celui de la ventilation. L'amélioration de la qualité de l'air intérieur passe donc prioritairement par un contrôle de l'ensemble des sources d'émission (produits de construction et de décoration, mais aussi produits d'entretien, désodorisants d'intérieur, appareils de bureautique...) » ;

La revue bibliographique souligne l'importance de la maîtrise des sources d'émission et suggère la pertinence de la mesure d'indicateurs de qualité d'air intérieur, pour autant que des préconisations en matière de choix de produits faiblement émissifs aient été formulées et appliquées.

La mise en place de l'étiquetage réglementaire des émissions de composés volatils des produits de construction et de décoration va constituer un outil efficace de choix de produits faiblement émissifs, première étape indispensable d'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

méthodologie

objectif de la campagne

Les objectifs de cette deuxième étude sont d'évaluer la diminution attendue des émissions des matériaux au cours du temps et d'estimer l'impact de l'évolution des habitudes des locataires sensibilisés depuis la première étude sur les bons comportements en matière de maîtrise de la qualité de l'air intérieur.

Les résultats de cette deuxième campagne de mesure permettent :

- une comparaison avec les résultats mesurés lors de la première campagne de mesure ce qui permettra d'évaluer l'évolution temporelle des concentrations depuis 2009 ;
- une comparaison à des valeurs de gestion du Haut conseil en santé publique (HCSP) et des Valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAi) de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).

période de mesure

Deux semaines de mesure en période chaude (13 au 28 juin) ont été réalisées, période « chaude » plus propice à l'émission des composés organiques volatils dans les environnements intérieurs.

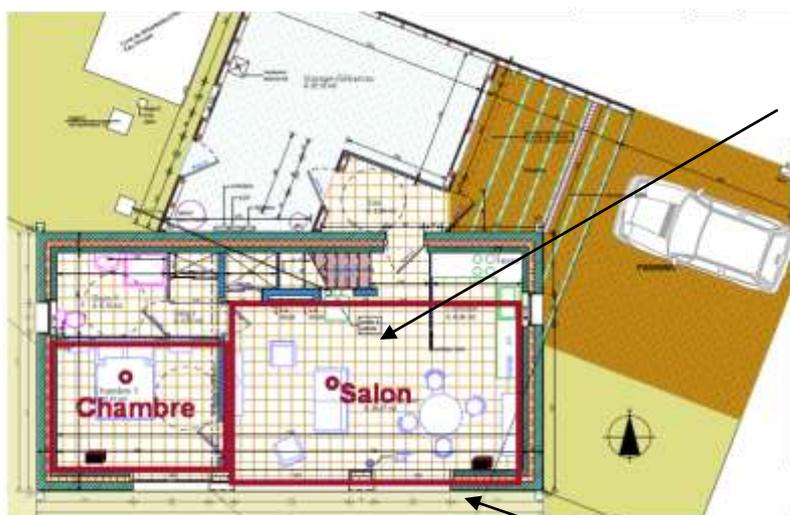
dispositif de mesure

Les pièces retenues pour l'étude sont les mêmes que pour la première étude :

- la pièce de vie ou salon, située au rez-de-chaussée (RDC) ;
- la chambre située au RDC.

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

Deux groupes de mesure des composés organiques volatils (COV) ont été effectués : les aldéhydes³ et les BTEX⁴, dont le formaldéhyde et le benzène, polluants prioritaires selon l'ANSES. Un suivi complémentaire du dioxyde de carbone, de la température et de l'humidité par un appareil enregistreur en continu a été également effectué dans les deux pièces de la maison.



La mesure de COV est réalisée à l'aide de tubes à diffusion passive (Radiello®),



suspendus au plafond au centre de la pièce à une hauteur d'environ 2 m (même accroche que la première campagne). Les tubes passifs sont exposés sur site sur une durée de deux fois 7 jours (protocole de 2009 allégé – une seule période

« dite chaude »).

Le suivi en continu du dioxyde de carbone (CO₂), de la température et de l'humidité est effectué à l'aide d'enregistreur Q-Track aux mêmes emplacements que la première campagne de mesure.



La mesure est réalisée en continu avec des pas de temps de 15 minutes.

³ Formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine, propanal, butanal, benzaldéhyde, isopentanal, pentanal, hexanal.

⁴ Benzène, toluène, éthylbenzène, méta-ortho-paraxylène

les résultats

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

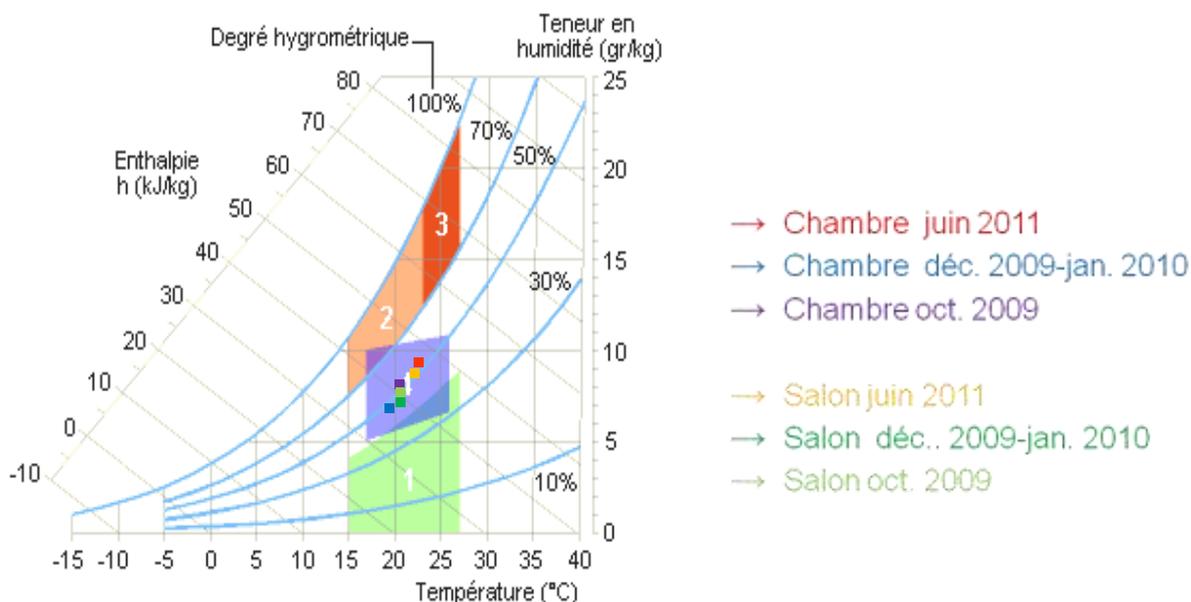
- le suivi des paramètres de confort et de confinement ;
- le suivi des Composés organiques volatils (aldéhydes et BTEX).

suivi des paramètres de confort et de confinement

suivi des paramètres de confort

La température (T) et l'humidité relative (HR) ont été mesurées en continu par pas de temps de 15 minutes afin d'estimer le taux de renouvellement d'air de la maison éco-performante.

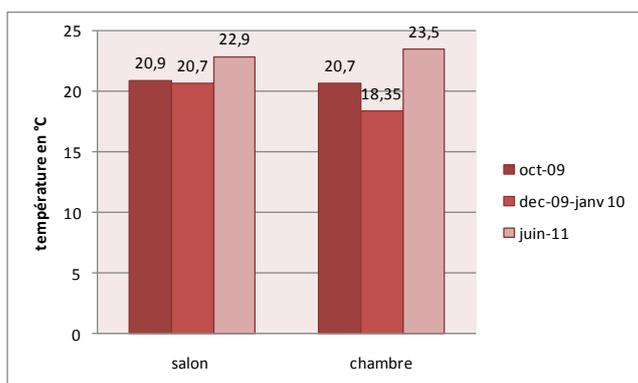
D'après le diagramme de confort hygro-thermique, la zone optimale de confort se situe entre 18 et 25°C pour la température et 30 et 70 % pour l'humidité relative (graphique 2). La représentation des niveaux moyens des deux paramètres pour les deux campagnes de mesure met en évidence que les conditions climatiques des deux pièces se situent dans la zone de confort.



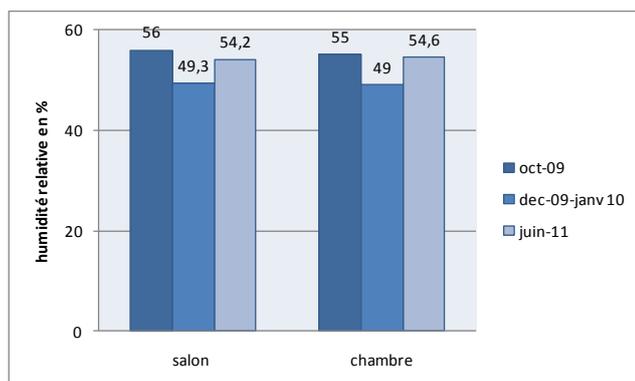
Graphique 1 : diagramme de confort hygro-thermique (ISELT P., ARNDT U., CAUCHEPIN J.L, Manuel de l'humidification de l'air, 1997 - 240 p., Paris)

- 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.
- 4 : zone optimale de confort
- 5 : zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
- 6 : polygone de confort hygrothermique.

Une représentation graphique de l'évolution des températures et humidité relatives moyennes en octobre 2009 (sans locataires), hiver 2009-2010 (période de présence des locataires) et en juin 2011 permet de visualiser l'évolution des paramètres de confort lors des deux campagnes de mesure.



Graphique 2 : températures moyennes enregistrées lors des deux campagnes



Graphique 3 : humidités relatives moyennes enregistrées lors des deux campagnes

L'évolution des niveaux moyens de température montre que les plus fortes températures sont enregistrées en juin 2011, correspondant à une période plus chaude que les deux autres périodes. La température maximale de 26°C a été enregistrée dans les deux pièces le 27 juin (température extérieure de 27°C) : cette température apparaît importante **dans l'habitat** qui se situe hors de la zone de confort.

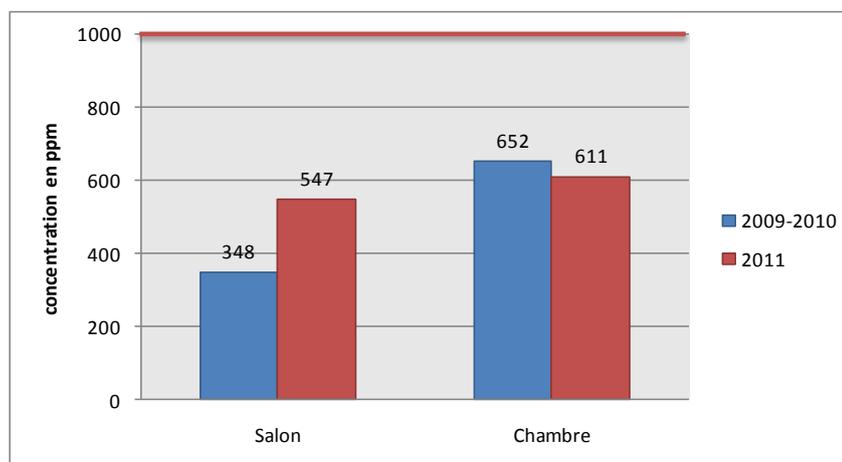
En hiver 2009-2010, le fonctionnement du poêle à bois a permis de maintenir une température moyenne constante dans le salon par rapport aux conditions climatiques extérieures très froides (température moyenne de 3,6°C)..

Les niveaux moyens en humidité relative entre les deux campagnes indiquent un pourcentage **d'humidité relative proche** en comparant la période de juin 2011 et octobre 2009. L'humidité relative extérieure était de 75,4 % en juin 2009 et 85 % en octobre 2009. Les valeurs plus basses enregistrées dans les deux pièces en hivers 2009-2010 **s'expliquent par** le fonctionnement du poêle à bois.

suivi des paramètres de confinement

Témoin du confinement, la mesure du dioxyde de carbone (CO₂) est un indicateur de la qualité du **renouvellement de l'air** dans des locaux. La recommandation du règlement sanitaire départemental indique de ne pas dépasser 1000 ppm dans les locaux avec une tolérance de 1300 ppm dans les locaux où il est interdit de fumer.

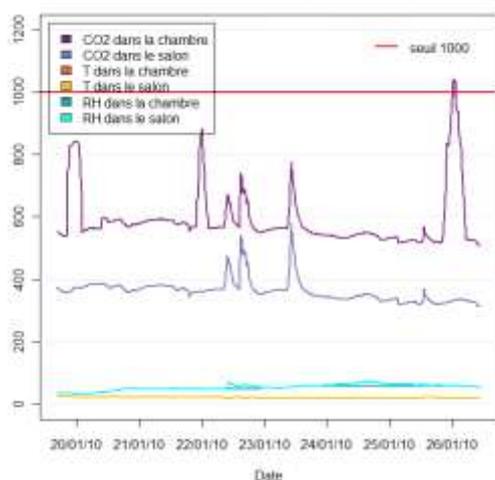
Une représentation graphique des niveaux moyens en hiver 2009-2010 (période de présence des locataires) **et en juin 2011** permet de visualiser l'évolution du confinement entre les deux campagnes de mesure.



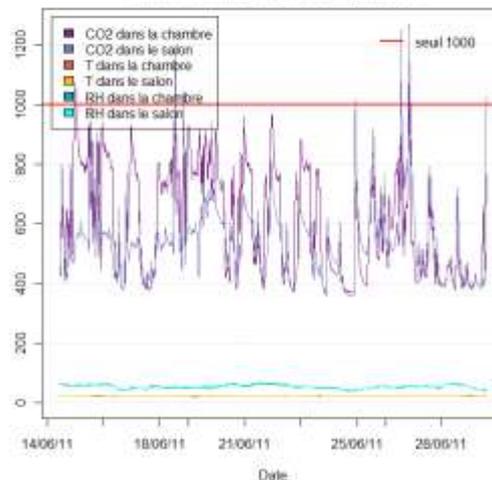
Graphique 4 : concentrations moyennes en dioxyde de carbone dans les deux pièces en hiver 2009-2010 et en juin 2011

La concentration moyenne en dioxyde de carbone dans les deux pièces demeure faible et ne dépasse pas le seuil du règlement sanitaire départemental fixé à 1000 ppm avec une tolérance à 1300 ppm dans les locaux non fumeurs. Ces niveaux de dioxyde de carbone suggèrent un niveau de confinement faible dans les deux pièces instrumentées. La chambre reste la pièce présentant le **plus de confinement**. L'évolution des niveaux moyens de dioxyde de carbone (CO₂) mesurés lors des deux campagnes de mesure met en évidence une augmentation des teneurs en CO₂ dans le salon et stabilisation du niveau de confinement dans la chambre

Une trentaine de dépassements ponctuels (sur une durée de 15 minutes) du seuil du règlement sanitaire départemental ont été enregistrés dans les deux pièces. La durée totale de ces **dépassements ne représente que 1 %** de la période de mesure globale. En d'autres termes, durant 99 % du temps les niveaux quarts horaires de dioxyde de carbone demeurent inférieurs au seuil de 1000 ppm.



Graphique 5 : concentrations moyennes en dioxyde de carbone enregistrées en janvier 2010



Graphique 6 : concentrations moyennes en dioxyde de carbone enregistrées en juin 2011

La maison éco-performante est équipée d'une VMC double flux haut rendement avec filtration de l'air neuf 3 vitesses avec un débit d'air allant de 50 à 350 m³/h. Une mesure des débits d'extraction des bouches d'aération a été réalisée en début de campagne de mesure.

Les débits d'air minimum mesurés sont les suivants :

pièces	débit de ventilation extrait (m ³ /h)
cuisine (mode 2)	57,2
cuisine (mode 1)	36,1
chambre	23,8
Salle de bain	18,5

Tableau 4 : débits de ventilation mesurés dans la maison éco-performante

L'arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des logements, modifié par l'arrêté du 23 octobre 1983, fixe les débits minimums d'air neuf extraits suivants pour les dispositifs individuels de réglage pour 4 pièces :

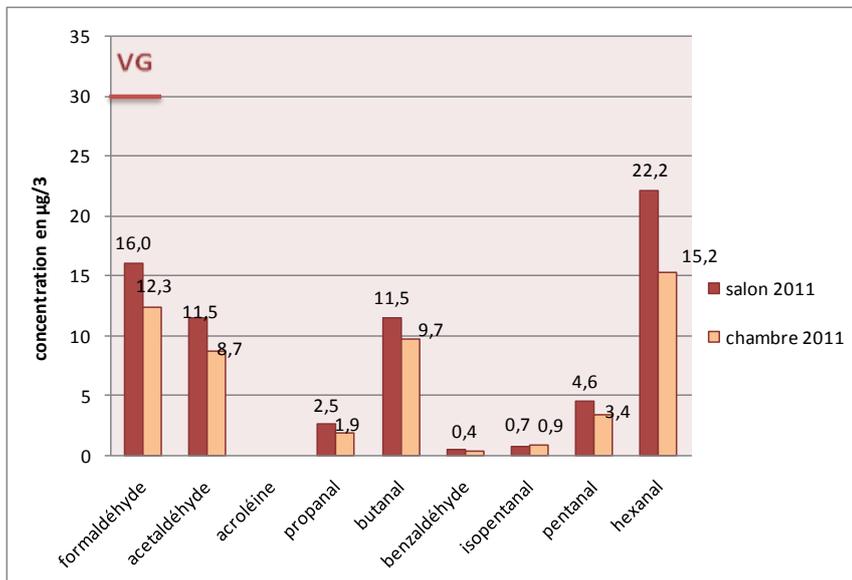
	débit de ventilation extrait (m ³ /h)
Débit total minimal	90
Débit minimal en cuisine	45

Tableau 5 : débits d'air extraits de ventilation fixés par l'arrêté du 24 mars 1982 (modifié le 23 octobre 1983)

- Seul, le débit d'air extrait mesuré dans la cuisine en mode 1 apparaît en dessous de celui préconisé par l'arrêté du 24 mars 1982. Il est à noter que la VMC est réglée en temps normal en mode 2.

suivi des aldéhydes

Les résultats des concentrations moyennes en aldéhydes à l'intérieur de la maison éco-performante sont représentés sur le graphique 7 :

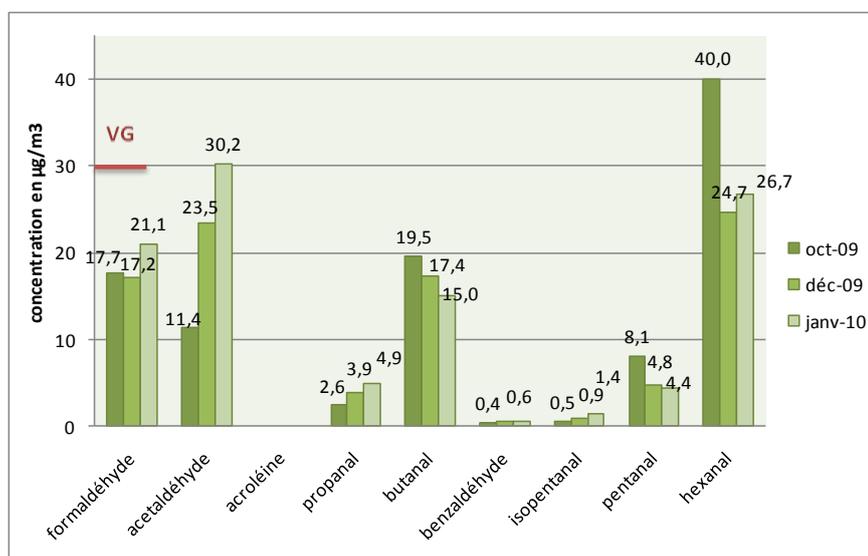


Graphique 7 : concentrations moyennes en aldéhydes dans les deux pièces en 2011

Classé comme polluant prioritaire par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Anses), le formaldéhyde présente une concentration moyenne de 16 µg/m³ dans le salon et 12,3 µg/m³ dans la chambre. Concernant les autres aldéhydes, c'est l'hexanal, l'acétaldéhyde, le butanal qui sont mesurés avec de plus fortes concentrations.

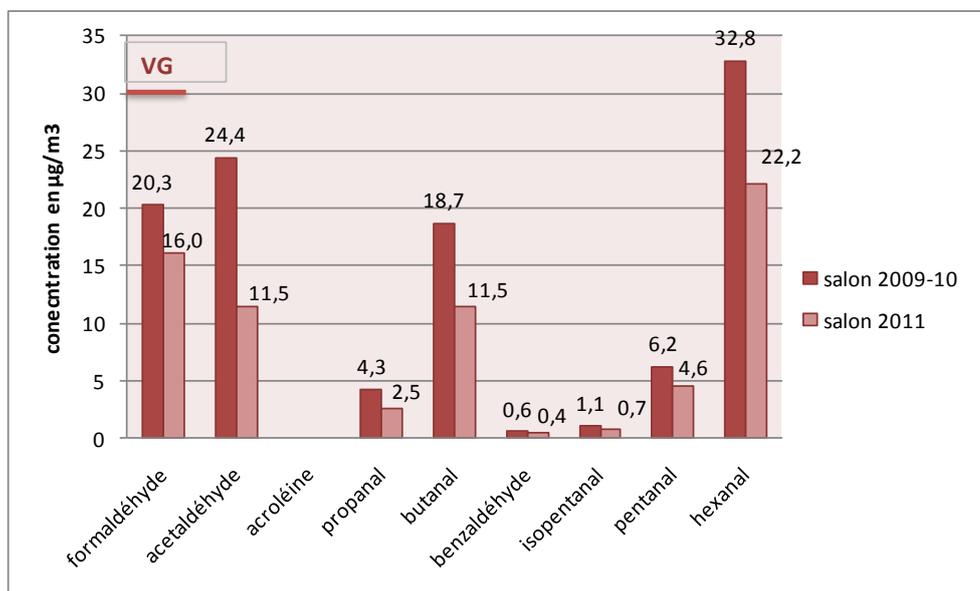
Les concentrations moyennes en aldéhydes sont plus élevées dans le salon que dans la chambre, excepté pour l'isopentanal. La pièce de vie est en effet plus exposée aux activités humaines et par conséquent aux sources de pollution.

La première campagne de mesure en 2009-2010 a montré que les niveaux moyens de cinq aldéhydes ont augmenté après emménagement des locataires. Cette évolution s'expliquait par l'apport de mobilier et certaines activités des locataires (tabagisme, utilisation d'encens et de produit dépoussiérant).



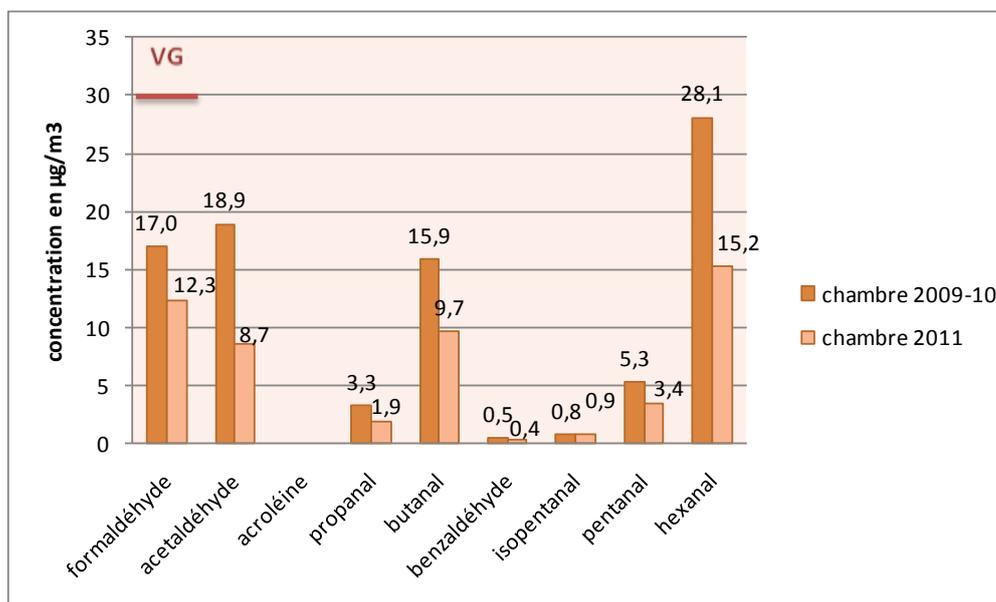
Graphique 8 : évolution de la concentration moyenne en aldéhydes dans les 2 pièces lors de la première campagne de mesure (2009-2010)

L'évolution des concentrations moyennes en aldéhydes entre la campagne de mesure 2009 – 2010 et celle de 2011 montre une diminution de 21 à 54 % de tous les niveaux dans le salon (graphique 9).



Graphique 9 : évolution des concentrations en aldéhydes dans le salon entre les deux campagnes de mesure

L'évolution des concentrations moyennes dans la chambre est aussi en diminution de 7 à 54 % (graphique 10).



Graphique 10 : évolution des concentrations en aldéhydes dans la chambre entre les deux campagnes de mesure

Cette diminution des niveaux d'aldéhydes est certainement liée à une diminution des émissions des matériaux neufs dans la maison [7] plus de un an après la livraison et à un changement concernant certaines activités dans la pièce de vie (diminution de l'usage de bâtonnets parfumés et de produits dépoussiérants).

Les concentrations moyennes en formaldéhyde sont comparables aux valeurs moyennes enregistrées dans l'étude pilote de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (25 µg/m³ dans la chambre et 22 µg/m³ dans la cuisine).

comparaison aux valeurs de référence pour l'air intérieur

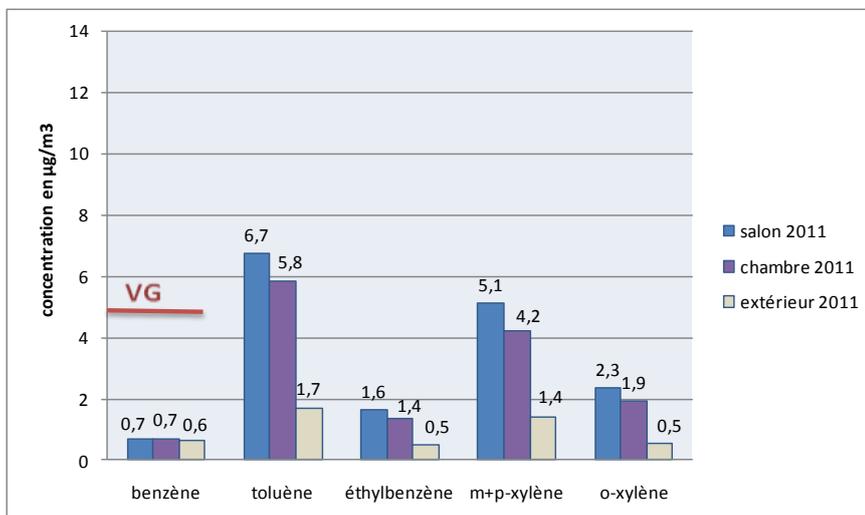
Les valeurs moyennes retrouvées au sein des pièces de la maison **n'excèdent pas la valeur de gestion de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$** , proposée par le Haut conseil en santé publique (HCSP), valeur en dessous de laquelle aucune action correctrice n'est spécifiée.

Les concentrations en formaldéhyde mesurées dépassent la valeur cible de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur à atteindre en 2019). **Cette comparaison avec la valeur guide de qualité de l'air intérieur doit être menée avec précaution** du fait que les périodes de mesure sont courtes (7 jours) et par conséquent **non représentatives d'une exposition à long terme**.

La concentration en formaldéhyde devrait évoluer progressivement vers cette valeur cible si de nouvelles sources de polluants (mobilier neuf, produits d'entretien et de bricolage fortement émissifs en COV) **ne sont pas introduites dans l'habitation**.

le suivi des BTEX

Les résultats des concentrations moyennes dans les deux pièces de la maison des BTEX⁵ en 2011 sont représentés sur le graphique 11. Une attention particulière sera consacrée au benzène, cancérigène reconnu dont la surveillance est classée prioritaire par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Anses).

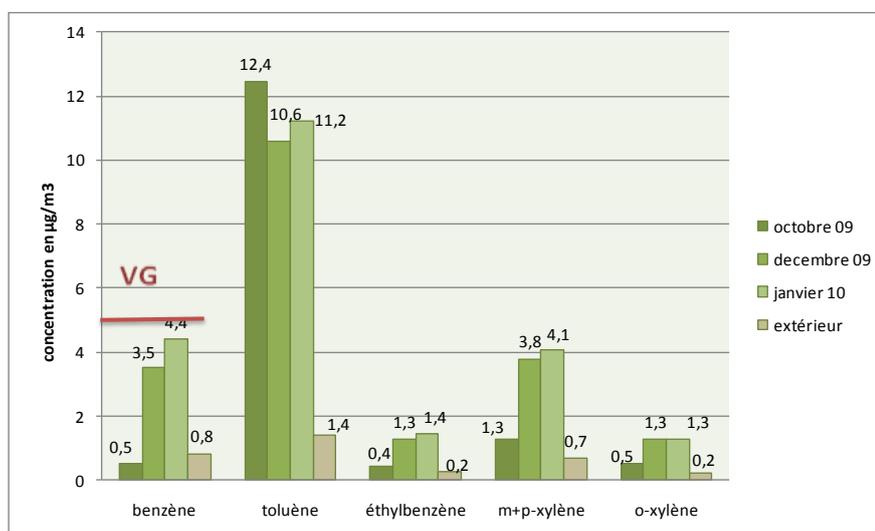


Graphique 11 : concentrations moyennes en BTEX des 2 pièces et à l'extérieur en 2011

Les niveaux moyens en benzène sont homogènes dans les deux pièces de la maison ainsi qu'avec l'extérieur. Pour les autres polluants, les niveaux présentent plus de variations : les concentrations intérieures sont plus élevées d'un facteur 3 pour l'éthylbenzène à 4 pour le toluène par rapport à l'air extérieur. Dans cette étude, le benzène a donc principalement une origine extérieure (combustion, trafic) alors que les autres BTEX apparaissent comme des indicateurs de pollution d'origine interne.

Les concentrations en BTEX sont sensiblement plus élevées dans le salon que dans la chambre, du fait que cette pièce est davantage exposée aux activités humaines, sources de pollution intérieure.

La première étude en 2009-2010 a mis en évidence une augmentation des concentrations moyennes pour tous les BTEX avec l'arrivée des occupants, exceptés pour le toluène. Cette augmentation des niveaux de BTEX après aménagement des locataires était liée à l'apport de mobilier, de produits de décoration et à l'activité humaine (entretien, tabagisme). Le tabagisme dans le garage attenant à la pièce de vie a notamment été identifié comme étant la principale cause de l'augmentation des niveaux de benzène (graphique 12).

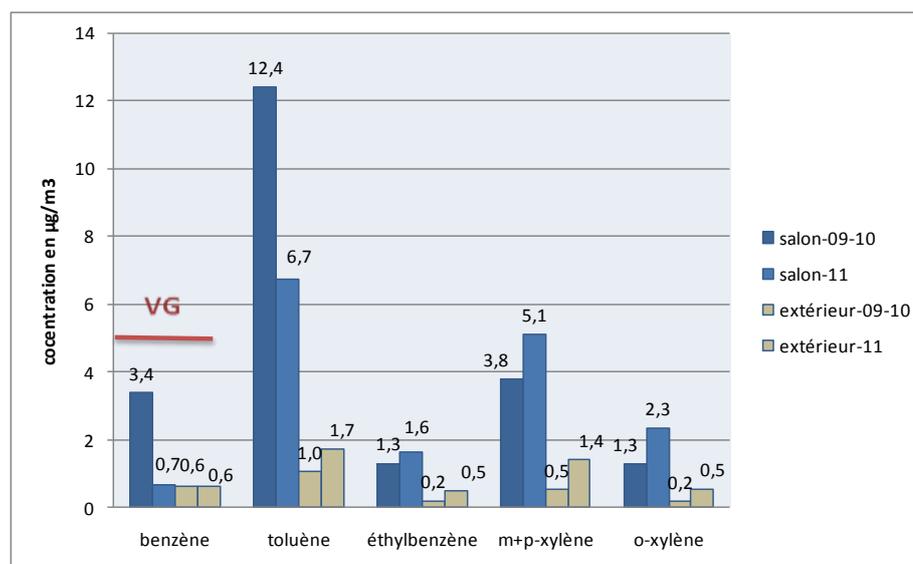


Graphique 12 : évolution de la concentration moyenne en BTEX des 2 pièces lors de la première campagne de mesure (2009-2010)

⁵ Benzène, toluène, éthylbenzène, ortho, méta et para xylène

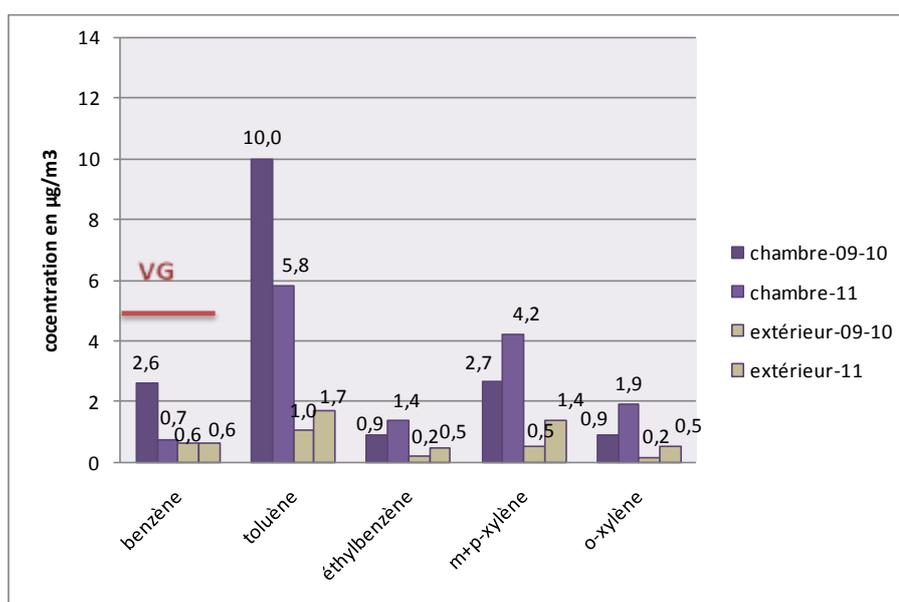
L'évolution des concentrations moyennes en BTEX entre les deux campagnes de mesure dans le salon (graphique 13) indique une nette diminution des niveaux de benzène (-80 %) et de toluène (-46 %) et à contrario une augmentation des niveaux d'éthylbenzène et de xylènes. La nette diminution des niveaux de benzène en 2011 comparable au niveau mesuré avant emménagement des locataires est liée aux précautions prises par les locataires depuis 2010 pour éviter que la fumée de tabac ne pénètre du garage attenant vers la pièce de vie (communication personnelle).

L'augmentation des concentrations en éthylbenzène et xylènes s'explique partiellement par l'augmentation des niveaux extérieurs en 2011 par rapport à 2009 – 2010 liée aux travaux d'enrobage de la route à l'entrée du lotissement lors de la première semaine de mesure. A cet apport extérieur se sont ajoutées de nouvelles sources intérieures dans la pièce de vie : utilisation d'un insecticide contre les fourmis et installation d'un nouveau canapé.



Graphique 13 : évolution des concentrations moyennes en BTEX dans le salon entre les deux campagnes de mesure

L'évolution des concentrations moyennes dans la chambre est similaire à celle du salon (graphique 14) : diminution des concentrations en benzène (-72 %) et en toluène (-42 %) et augmentation des autres polluants.



Graphique 14 : évolution des concentrations moyennes en BTEX dans la chambre entre les deux campagnes de mesure

Les concentrations moyennes en benzène et toluènes sont inférieures aux valeurs moyennes enregistrées dans la campagne pilote de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

comparaison aux valeurs de références pour l'air intérieur

BENZENE

Le Haut conseil en santé publique (HCSP) a proposé comme valeur de gestion en 2010 la valeur de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme **valeur repère de qualité d'air en dessous de laquelle aucune action corrective spécifique n'est préconisé**. La valeur cible de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est proposée dans tous les espaces clos habités ou accueillant du public à atteindre en 2015.

Les concentrations moyennes enregistrées dans les deux pièces en 2011 sont inférieures à la valeur de gestion de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du HCSP et à la valeur cible.

Les concentrations moyennes sont aussi inférieures à la **valeur guide de qualité de l'air intérieur pour une exposition à long terme de l'Anses fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Mais toute comparaison à cette valeur guide doit être réalisée à titre indicatif du fait que les périodes de mesure sont courtes.

TOLUENE

Les concentrations moyennes du toluène sont moins élevées que la valeur guide en **toluène** de l'OMS fixée à $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne sur une semaine).

conclusions et perspectives

Ces résultats du suivi en 2011 de la qualité de l'air intérieur dans la maison éco-performante ont mis en évidence :

- en 2011, un niveau de confinement peu important mais pouvant dépasser très ponctuellement (< 1% du temps) le seuil de 1000 ppm fixé par le règlement sanitaire départemental (RSD) ; par rapport à la précédente campagne, on note un confinement moyen en hausse dans le salon et en stabilisation dans la chambre.
- des concentrations moyennes en formaldéhyde (-21 à -27 %) et en benzène (-72 à -80 %) en baisse entre les deux campagnes de mesure. Cette évolution est certainement liée à une diminution des émissions des matériaux neufs et du mobilier pour le formaldéhyde et à un changement de certains comportements depuis 2010 pour le benzène (**diminution de l'usage** de bâtonnets parfumés et de produits dépolluants, précautions prises par les locataires pour éviter que la fumée de tabac ne pénètre du garage attenant vers la pièce de vie).
- des concentrations moyennes en formaldéhyde en dessous de la valeur de gestion du Haut conseil en santé public (HCSP) de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur en dessous de laquelle aucune action correctrice spécifique n'est spécifiée.
- des concentrations moyennes en benzène en dessous des valeurs de gestion de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du Haut conseil en santé public ;

Les résultats de cette étude confirment que le comportement humain constitue un facteur important sur le maintien d'une bonne qualité de l'air dans les habitations : le changement des habitudes des locataires potentiellement émettrices de pollution a permis de diminuer les niveaux d'un polluant comme le benzène de manière conséquente.

En termes de **perspectives**, il serait intéressant de poursuivre ce suivi de la qualité de l'air intérieur dans la maison afin de voir l'évolution temporelle de cette baisse des niveaux de COV. Dans le projet d'étude PREBAT (Programme de Recherche sur l'Energie dans le BATiment) sur le suivi des bâtiments BBC, il est recommandé d'assurer un suivi de la qualité de l'air à la livraison du bâtiment puis un an et deux ans après la livraison. L'application du protocole de mesure du projet PREBAT [8] appliqué à la maison éco-performante pourrait élargir le panel des mesures : particules, moisissures, COV élargis.

Après avoir développé son expertise en matière de surveillance des environnements intérieurs (écoles, crèches, parkings, aéroport), Air Pays a mené en 2011 une étude exploratoire relative à la **quantification** des **émissions** de formaldéhyde par le mobilier et les produits de construction et de décoration. La maison éco-performante pourrait aussi faire l'objet d'une étude équivalente afin de mieux identifier les sources émissives.

annexes

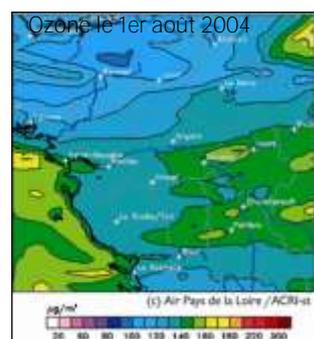
- annexe 1 : Air Pays de la Loire
- annexe 2 : sources de polluants mesurés
- annexe 3 : valeurs de référence pour la qualité de l'air intérieur
- annexe 4 : effets sanitaires des polluants de l'air intérieur
- annexe 5 : seuils de qualité de l'air 2011

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, du Développement Durable, des Transports et du Logement** 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 trois mois, Air Pays de la Loire publie des informations sur la qualité de l'air de la région, grâce à son **bulletin trimestriel 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 : sources de polluants mesurés

	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 isobutanal)	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)

annexe 3 : valeurs de référence de l'air intérieur

Formaldéhyde	<p>Valeur de gestion (HCSP)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur cible à atteindre en 10 ans (2019) ; • 30 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur repère en dessous de laquelle aucune action corrective spécifique n'est spécifiée. Au-delà, profiter des travaux de rénovation ou de changement d'ameublement pour choisir des matériaux moins émissifs ; • 50 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur d'information et de recommandation. Au-delà, identifier les sources principales et engager des actions appropriées ; • 100 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur d'action rapide. Neutraliser les sources de pollution. <p>Valeurs guides de qualité de l'air intérieur (Anses)</p> <p>VGAI long terme</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 (Anses)
Benzène	<p>Valeur de gestion (HCSP)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur cible à atteindre en 5 ans (2015) ; • 5 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur repère en dessous de laquelle, aucune action spécifique n'est préconisée. Au delà de cette valeur, identifier les sources intérieures en cause et d'engager des actions de réduction des émissions (ventilation) ; • 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$: valeur d'action immédiate. Neutraliser les sources de pollution. <p>Valeurs guides de qualité de l'air intérieur (Anses)</p> <p>VGAI long terme (Anses):</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}. <p>VGAI intermédiaire (Anses) :</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 (Anses) :</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 : 1300 ppm</p>
Particules	<p>Valeurs guides de qualité de l'air intérieur (Anses)</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 4 : effets sanitaires des polluants de l'air intérieur

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 (Anses).

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 µg/m³, concentrations toutefois rarement observées.

Le formaldéhyde est classé cancérigène de catégorie 1 (cancérogène certain) par le CIRC⁶ depuis 2004 sur la base des données observées sur les cancers du nasopharynx. Cependant, l'Anses 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".

L'Anses a publié en 2008 une évaluation des risques sanitaires liés au formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieur :

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

- un rapport Anses « 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 » ;
- « évaluation 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 :
 - † 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 ;
 - † **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 ;
 - † 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 ;
 - † 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.

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

⁶ Institut international de recherche sur le cancer

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.

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.

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 25°C pour la température et entre 35 et 70 % 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 70 % 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).

annexe 5 : seuils de qualité de l'air 2011

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DONNÉE DE BASE	POLLUANT												
		Ozone	Dioxyde d'azote	Oxydes d'azote	Poussières (PM10)	Poussières (PM2.5)	Plomb	Benzène	Monoxyde de carbone	Dioxyde de soufre	Arsenic	Cadmium	Nickel	Benzo(a) pyrène
décret 2010-1250 du 21/10/2010														
valeurs limites	moyenne annuelle	-	40	30 ⁽¹⁾	40	28 ⁽²⁾	0,5	5	-	20 ⁽¹⁾	-	-	-	-
	moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽¹⁾	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽³⁾	-	-	-	-	125 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	200 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	350 ⁽⁶⁾	-	-	-	-
seuils d'alerte	moyenne horaire	240 ⁽⁷⁾ 1 ^{er} seuil : 240 ⁽⁸⁾ 2 ^{ème} seuil : 300 ⁽⁸⁾ 3 ^{ème} seuil : 360	400 ⁽⁸⁾ 200 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	500 ⁽⁸⁾	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	125 80 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
seuils de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	200	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	80 50 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
objectifs de qualité	moyenne annuelle	-	40	-	30	10	0,25	2	-	50	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6000 ⁽¹²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valeurs cibles	AOT 40	18 000 ⁽¹³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	-	0,006 ⁽¹⁴⁾	0,005 ⁽¹⁴⁾	0,02 ⁽¹⁵⁾	0,001 ⁽¹⁵⁾
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) pour la protection de la végétation

(2) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2011 : 3 (valeur applicable à compter du 01/01/2015 : 25)

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

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

(5) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,8 annuel)

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

(7) pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire

(8) dépassé pendant 3h consécutives

(9) 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

(10) opérationnel à partir de la mise en application de l'arrêté prévu en octobre 2011

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

(12) calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(13) en moyenne sur 5 ans, calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(14) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 j par an en moyenne sur 3 ans

(15) 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] ANSES (2007) - **Valeurs Guide de qualité d'Air Intérieur** - Document cadre et éléments méthodologiques (juillet 2007).
- [2] ANSES (2007) - **Valeurs guides de la qualité de l'air intérieur - le formaldéhyde.** (juillet 2007)
Avis de l'ANSES relatif à la proposition de valeur guide de l'air intérieur pour le formaldéhyde. Auto-saisine ANSES (2004).
- [3] ANSES (2006) - **Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs** (mai 2008).
- [4] ANSES (2008) - **Valeurs guides de la qualité de l'air intérieur - Le benzène** (mai 2008)
Avis de l'ANSES relatif à la proposition de valeur guide de l'air intérieur pour le benzène. Auto-saisine ANSES (2004).
- [5] **Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (2004)** - Campagne pilote : 90 logements et 9 écoles - Rapport final.
- [6] **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
- [7] Corinne MANDIN, Francois MAUPETIT **Qualité de l'air dans les bâtiments neufs** : données disponibles et spécificité, revue pollution atmosphérique N° 209, janvier mars 2011
- [8] ASPA, Air Normand (2010), **Protocole opérationnel pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments performants.**

glossaire

abréviations

Aasqa	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
BTEX	benzène, toluène, éthylbenzène, 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
OOAI	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 de qualité de l'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

