



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Air intérieur

Synthèse des travaux du LCSQA sur le formaldéhyde depuis (2005-2010)

Programme 2011

L. CHIAPPINI





PREAMBULE

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué de laboratoires de l'Ecole des Mines de Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches finalisées à la demande du Ministère chargé de l'environnement, et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique ont été financés par la Direction Générale de l'Energie et du Climat (bureau de la qualité de l'air) du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. Ils sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique au MEDDTL et aux AASQA.

L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.

Synthèse des travaux du LCSQA sur le formaldéhyde depuis (2005-2010)

Laboratoire Central de Surveillance
de la Qualité de l'Air

Air intérieur

Programme financé par la
Direction Générale de l'Energie et du Climat

2011

L. CHIAPPINI

Ce document comporte 19 pages (hors couverture et annexes)

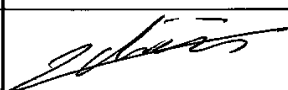
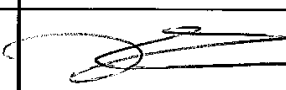
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Laura CHIAPPINI	Eva LEOZ-GARZIANDIA	Nicolas ALSAC
Qualité	Ingénieur Unité Chimie Métrologie Essais Direction des Risques Chroniques	Responsable Unité Chimie Métrologie Essais Direction des Risques Chroniques	Responsable du pôle Caractérisation de l'environnement Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

RESUME	4
1. INTRODUCTION	6
2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF	7
2.1 Contexte réglementaire	7
2.2 Contexte normatif	7
3. LES MOYENS D'ESSAI	9
4. LES ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES	10
5. LES ETUDES TECHNIQUES	11
5.1 Objectifs	11
5.2 Résultats	11
5.3 Bilan métrologique des études techniques	16
5.3.1 La mesure du formaldéhyde et l'évaluation de l'exposition des populations en air intérieur au regard des valeurs repère	16
5.3.2 La mesure du formaldéhyde : recherche de sources, suivi temporel.....	16
6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	16
7. REFERENCES	18

RESUME

Le principe de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP, Etablissements Recevant du Public, a été introduit par le Grenelle de l'Environnement (engagement numéro 152) acté dans le second plan national santé-environnement (PNSE2).

Les effets sanitaires du formaldéhyde, son ubiquité, la diversité de ses sources, en font un polluant d'intérêt majeur pour la surveillance de la qualité de l'air intérieur.

Ainsi, des protocoles de mesure du formaldéhyde dans les lieux scolaires et d'accueil de la petite enfance ont été élaborés, au cours de l'année 2008, dans le cadre des travaux du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) et en partenariat avec le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

Après les valeurs guide de qualité de l'air intérieur (VGAI) établies par l'AFSSET [2]¹, des valeurs repère en air intérieur ont été proposées par le Haut Conseil de Santé Publique [3]. Le formaldéhyde est mesuré dans le cadre de la campagne pilote nationale initiée en septembre 2009 à la demande de Chantal Jouanno, Secrétaire d'État à l'Écologie, afin de définir les modalités de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air prévue par le projet de loi dit « Grenelle 2 », à partir de 2012 pour certains établissements recevant du public comme les écoles et les crèches.

Pour répondre à la nécessité de surveiller les concentrations de ce polluant dans l'air intérieur, de nombreuses techniques, commerciales ou en cours de développement, directes ou indirectes, sont disponibles.

Les travaux du LCSQA depuis 2005 ont consisté à faire un état des lieux des techniques existantes, de maintenir une veille métrologique permanente et d'évaluer les performances de ces méthodes.

L'ensemble de ces travaux a permis de formuler un certain nombre de recommandations portant sur les niveaux de blanc des tubes de prélèvement à maîtriser impérativement, l'importance de l'emploi de filtres à ozone pour éviter les artefacts négatifs.

Il a également permis de montrer que la méthode passive est adaptée à la surveillance vis-à-vis des valeurs repères long terme, la méthode active pouvant être adaptée à des mesures court terme, bien qu'aucune valeur court terme n'ait été définie à ce jour par le HCSP.

Enfin, Les travaux de veille sur les techniques en développement et commercialisées et de test des plus pertinentes confirme que la mise au point d'une technique de mesure robuste, efficace de formaldéhyde en air intérieur demeure un véritable challenge métrologique et analytique malgré l'effort considérable de recherche qui lui est consacré. Aujourd'hui, cette recherche s'oriente plutôt vers le développement de méthodes indicatives, pratiques à mettre en œuvre, peu encombrantes et peu bruyantes, en bref, plus adaptées à l'air intérieur. Même si de nombreux laboratoires, sociétés et start-up travaillent sur le sujet, le manque de techniques adaptées est toujours une réalité et il n'existe pas à ce jour de méthode validée et éprouvée sur le terrain, adaptée à la surveillance en air intérieur, capable de mesurer le formaldéhyde

¹ Aujourd'hui ANSES

en continu. Ainsi, cette veille demeure une nécessité et de nouveaux moyens de mesure seront testés en 2012 sur la chambre d'exposition du LCSQA.

1. INTRODUCTION

D'origine anthropique (industrie, combustion) ou biotique (décomposition des résidus végétaux dans les sols, feux de forêts), primaire ou secondaire (produit de réaction des terpènes avec l'ozone...), le formaldéhyde est présent aussi bien en air extérieur qu'en air intérieur où ses concentrations supplantent largement celles de l'air extérieur.

Ainsi, la problématique de l'exposition des populations à ce composé s'est en grande partie recentrée sur sa caractérisation dans les environnements clos.

Les préoccupations relatives à ses impacts sanitaires se sont accrues en 2005 suite à sa reclassification dans le groupe 1 par le Centre international de recherche sur le cancer qui le considère comme cancérigène certain pour l'homme [1].

Le principe de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP, Etablissements Recevant du Public, a été introduit par le Grenelle de l'Environnement (engagement numéro 152) acté dans le second plan national santé-environnement (PNSE2). Ainsi, des protocoles de mesure du formaldéhyde dans les lieux scolaires et d'accueil de la petite enfance ont été élaborés, au cours de l'année 2008, dans le cadre des travaux du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) et en partenariat avec le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

Après les valeurs guide de qualité de l'air intérieur (VGAI) établies par l'AFSSET [2]², des valeurs repère en air intérieur ont été proposées par le Haut Conseil de Santé Publique [3]. Le formaldéhyde est mesuré dans le cadre de la campagne pilote nationale initiée en septembre 2009 à la demande de Chantal Jouanno, Secrétaire d'État à l'Écologie, afin de définir les modalités de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air prévue par le projet de loi dit « Grenelle 2 », à partir de 2012 pour certains établissements recevant du public comme les écoles et les crèches.

Pour répondre à la nécessité de surveiller les concentrations de ce polluant dans l'air intérieur, de nombreuses techniques, commerciales ou en cours de développement, directes ou indirectes, sont disponibles.

Les travaux du LCSQA depuis 2005 ont consisté à faire un état des lieux des techniques existantes, de maintenir une veille métrologique permanente et d'évaluer les performances de ces méthodes.

Après un bref rappel du contexte réglementaire et normatif, l'objectif de ce document est de faire la synthèse des différentes études du LCSQA sur ce sujet et de rappeler les principales conclusions qui en découlent.

² Aujourd'hui ANSES

2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF

2.1 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Le formaldéhyde de formule HCHO ne fait pas l'objet de réglementation en air ambiant. En revanche, il est intégré dans le principe d'une surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans les lieux clos recevant du public introduit lors du Grenelle Environnement acté dans le second plan national santé-environnement (PNSE2) et dans la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle Environnement, dite Grenelle 1, du 3 août 2009.

Dans ce contexte, des protocoles de mesure du formaldéhyde dans les lieux scolaires et d'accueil de la petite enfance [4] ont été élaborés, au cours de l'année 2008, dans LCSQA et en partenariat avec le CSTB. Par ailleurs, des valeurs repère en air intérieur ont été proposées par le Haut Conseil de Santé Publique [3] pour une exposition long terme :

- en dessous de $30 \mu\text{g m}^{-3}$, les valeurs atteintes sont considérées comme satisfaisantes et ne justifient pas d'action spécifique,
- entre 30 et $50 \mu\text{g m}^{-3}$, les actions d'amélioration de la situation et de sensibilisation du personnel à la problématique de la qualité de l'air intérieur sont laissées à l'initiative du maire et du directeur d'établissement,
- entre 50 et $100 \mu\text{g m}^{-3}$, il est fortement recommandé que soient menées des investigations complémentaires, permettant l'identification des sources de pollution, et d'engager les actions appropriées en vue d'améliorer la situation, et ce dans un délai de quelques mois,
- au-delà de $100 \mu\text{g m}^{-3}$, un diagnostic approfondi des sources et facteurs de pollution est conduit à la demande du ministère du développement durable. Ce diagnostic peut conduire à des préconisations de travaux et/ou de réorganisation des activités afin de diminuer sensiblement l'exposition des enfants et des personnels,
- $10 \mu\text{g m}^{-3}$ comme valeur cible à atteindre en 2019, soit la VGAI de l'Afsset. Toute teneur inférieure ou égale témoigne d'une très bonne qualité d'air vis-à-vis de ce polluant et n'implique aucune action si ce n'est de veiller à ce que cette situation ne se dégrade pas. Un bâtiment caractérisé par de tels niveaux peut être qualifié de catégorie A+ sur une échelle de A à C.

Notons qu'aucune valeur pour une exposition court-terme n'a été proposée.

2.2 CONTEXTE NORMATIF

Deux méthodes de référence existent pour la mesure du formaldéhyde, l'une par échantillonnage actif (NF ISO 16000-3), l'autre par échantillonnage passif (NF ISO 16000-4). Notons que ces normes sont en cours de révision.

Les prélèvements sont basés sur le piégeage chimique du formaldéhyde par réaction avec un agent dérivatisant³ imprégné sur la cartouche d'adsorption, la DNPH (2,4-DiNitroPhénylHydrazine), la formation d'un complexe émettant dans l'UV, lequel est extrait du support de prélèvement par solvant et analyse par chromatographie liquide haute performance et détection UV (HPLC-UV)

Cette technique de piégeage par la DNPH est la technique la plus utilisée pour la mesure passive du formaldéhyde généralement réalisée sur tubes Radiello® code 165 [5-10] et active généralement réalisées sur cartouches Waters® ou Supelco® [11, 12]. Elle permet de réaliser une mesure intégrée sur des pas de temps de quelques heures à plusieurs jours et ainsi comparables aux VGAI et valeurs repère afin d'évaluer l'exposition des populations.

Pour palier les artefacts négatifs liés à la réaction de l'ozone avec les hydrazones, il est possible d'utiliser, en amont des tubes actifs, des pièges à ozone, souvent désignés comme « ozone scrubber », contenant de l'iodure de potassium.

Cependant, cette technique est longue à mettre en œuvre et peu spécifique pour le formaldéhyde. C'est pourquoi de nombreux autres agents dérivatisants sont testés pour palier ces inconvénients. De plus, elle se base sur une mesure intégrée sur quelques heures à plusieurs jours et ne donne pas accès aux informations de variations temporelles permettant d'identifier les sources et les voies de formation.

Pour toutes ces raisons, l'INERIS, dans le cadre de ses missions pour le LCSQA s'attache à valider les méthodes normalisées en accord avec les protocoles mais s'intéresse également à l'ensemble des techniques existantes, commercialisées ou développées par des laboratoires, qu'elle évalue à l'aide de ses moyens d'essai.

³ La dérivatisation consiste à substituer un groupement fonctionnel par un autre groupement pour faciliter son piégeage ou sa détection.

3. LES MOYENS D'ESSAI

L'INERIS dispose d'une chambre d'exposition permettant de recréer de manière répétable et maîtrisée, des conditions environnementales telles que la concentration en polluants, la température, l'humidité relative ou la vitesse de vent. Le contrôle de ces paramètres est en effet indispensable afin de valider les méthodes dans des conditions réelles proches de celles rencontrées dans les environnements intérieurs.

Cylindre en pyrex de 150 L, la chambre d'exposition dynamique des COV permet de simuler des atmosphères de polluants d'intérêt dans des conditions environnementales maîtrisées afin de s'affranchir des variabilités climatiques et météorologiques et des interférents chimiques et de recréer et maîtriser les conditions environnementales afin d'en évaluer l'influence sur les moyens métrologiques testés.

Les paramètres suivants peuvent être maîtrisés :

- *La concentration en polluants* : la génération d'atmosphères des COV se fait au moyen d'un circuit de production d'air (débit maximal de 240 L.h⁻¹) et de deux circuits d'entrée des polluants (débit maximaux de 10 et 20 mL.min⁻¹). Le contrôle des débits d'entrée se fait avec des régulateurs de débit massiques (RDM) au préalable étalonnés. Les concentrations en polluants en général et en aldéhydes en particulier sont générées à l'aide de bouteilles de gaz étalon.
- *La température* (10 à 30 °C) : la régulation de la température se fait grâce à la double paroi de la chambre où a lieu une circulation d'un mélange eau/éthylène glycol.
- *L'humidité relative* (0 à 85 %) : la génération d'humidité se fait au moyen d'un circuit de production d'air humide (débit maximal de 120 L.h⁻¹).
- *La vitesse de vent* (0,2 à plusieurs m/s) : le vent est généré par une hélice à moteur.

Le suivi de l'ensemble de ces paramètres se fait en continu et les données sont enregistrées.

Elle compte six points de prélèvements extérieurs pour les prélèvements dynamiques et un volume important à l'intérieur pour accueillir les moyens de prélèvement passifs.

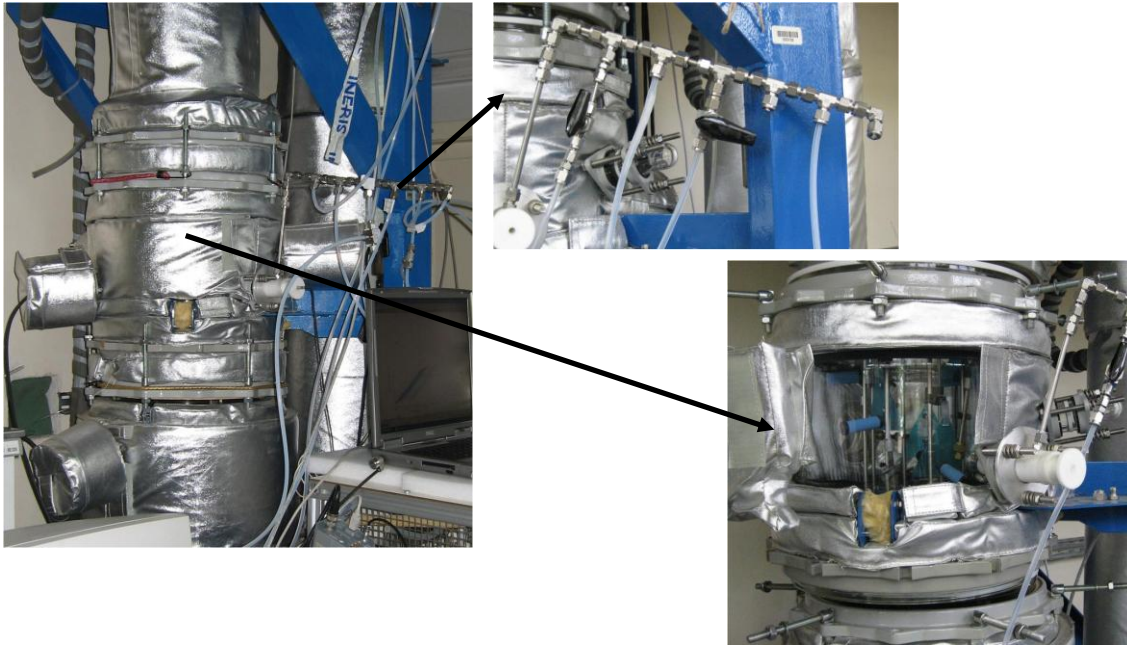


Figure 1 : Descriptif de la chambre d'exposition de l'INERIS

4. LES ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

La première étude bibliographique sur le formaldéhyde a été menée à l'INERIS en 2005 suite à sa reclassification par l'IARC. Elle proposait un état des lieux des techniques de mesure du formaldéhyde et des niveaux de concentration mesurés en air intérieur et en air ambiant [13].

Un certain nombre de techniques en développement avaient été identifiées, aussi bien au niveau du prélèvement (nouveaux adsorbants, mesure en continu) que de la détection. En revanche, peu de travaux d'intercomparaison de ces techniques avec les méthodes normalisées était proposé. La nécessité de travailler avec des techniques adaptées aux valeurs de référence pour l'évaluation de l'exposition avait été souligné. Pour compléter la connaissance des expositions de la population française, des mesures dans des bureaux et dans les transports avaient été préconisés.

Une deuxième étude réalisée en 2008 entendait faire un état des lieux des techniques existantes, commerciales ou en développement, permettant une mesure directe ou indirecte [14]. Elle avait mis en évidence l'étendue du panorama des techniques de mesure en raison du besoin exprimé par les spécialistes de la pollution intérieure de se doter de techniques de mesure performantes et adaptées aux problématiques sanitaires liées au formaldéhyde. Ainsi, de nombreuses techniques de mesures en continu, indispensables pour rechercher les sources, comprendre les mécanismes d'émission et de formation du formaldéhyde, étaient en cours de développement. Paradoxalement, il existait alors très peu de techniques de mesures commerciales disponibles, mettant ainsi en valeur le « challenge » métrologique et analytique relatif à la détermination des concentrations en formaldéhyde dans l'air intérieur.

5. LES ETUDES TECHNIQUES

5.1 OBJECTIFS

Les travaux métrologiques sur le formaldéhyde ont débuté en 2007, motivé par son caractère ubiquitaire aussi bien en air intérieur qu'en air extérieur, ses impacts sanitaires avérés, alors même que les pratiques au sein des AASQA étaient peu harmonisées.

L'objectif était alors de se doter d'une méthode de mesure pleinement validée et caractérisée en évaluant l'influence des niveaux de concentration, les artefacts de prélèvement négatifs liés à la présence de l'ozone en induisant une sous-estimation des concentrations en formaldéhyde mesurées, et de comparer différentes techniques de prélèvement possibles, par tube actif et passif, en atmosphère réelle et simulée [15].

Alors que l'intérêt pour ce composé s'accroissait avec l'émergence de la problématique de qualité de l'air intérieur, les travaux du LCSQA se sont orientés vers la veille métrologique, l'évaluation des performances des techniques nouvelles et en particulier des techniques en continu capable d'identifier les sources de formaldéhyde et d'en suivre les évolutions temporelles.

5.2 RESULTATS

Le tableau ci-dessous résume les études techniques menées depuis 2007 ainsi que leurs résultats principaux. Notons que ce tableau ne fait apparaître que les résultats concernant le formaldéhyde. Les conclusions sont similaires pour l'acétaldéhyde. Quant aux autres aldéhydes, présentant des résultats peu concluants, ils ne sont pas détaillés ici.

Citons la réalisation en 2002 d'une étude portant sur des mesures dans les transports, afin d'évaluer l'exposition des populations aux aldéhydes au cours de leur déplacement en milieu urbain. Des Radiello ont ainsi équipé des volontaires au cours de leur déplacement en bus, vélo, métro, RER...[16]. Cette étude, un peu à la marge de l'ensemble des travaux réalisés depuis avait mis en évidence une exposition plus importante pour les personnes empruntant un moyen de transport (bus, voiture, métro...) par rapport aux piétons et aux cyclistes.

Tableau 1 : Résumé des principales études menées depuis 2007, MN : méthodes normalisées, conc : concentrations moyennes générées dans la chambre ou mesurées dans l'atmosphère

Date Référence	Méthode passive / Temps d'exposition	Méthode active	Temps/débit	Autres méthodes	Conc	Conclusions
Influence de l'ozone / Comparaison actif/passif						
2007 Atmosphère simulée [15]	6 Radiello + 1 blanc 8 h	1 Supelco avec filtre O ₃ 1 Supelco sans filtre O ₃ 1 Waters avec filtre 1 Waters sans filtres	8 h/ 1 L min ⁻¹		HCHO : 10 et 25 µg m ⁻³ O ₃ : 0, 20 et 100 ppb	Fort artefact à 100 ppb O ₃ : Filtres O ₃ indispensable Reproductibilité médiocre à 10 ppb O ₃ filtres O ₃ conseillés Méthode Active : Sep-Pack plus reproductibles et plus stables que Supelco Radiello : forts niveaux de blancs, ratio mesure/blanc trop faible, prélèvement de 8 h déconseillés Actif/Passif : Surestimation Radiello 20 %
Influence de l'ozone / Comparaison actif/passif						
2007 Atmosphère réelle Grande surface [15]	6 Radiello + 1 blanc 8 et 24 h	1 Waters avec filtre O ₃ 1 Waters sans filtres O ₃	8 h/ 1 L min ⁻¹		Magasin de meubles : 40 µg m ⁻³ Supermarché : 14 µg m ⁻³	Actif/Passif : Surestimation Radiello 30 % Résultats meilleurs à 24h qu'8h Nécessité emploi filtre O ₃ Fort niveaux HCHO dans magasin de meubles : 50 µg m ⁻³ Forts niveaux CH ₃ CHO dans supermarché : 100 µg m ⁻³

Date	Méthode passive / Temps d'exposition	Méthode active	Temps/débit	Autres méthodes	Conc	Conclusions
2008 Atmosphère simulée 14 17-19	6 Radiello + 2 blancs 48 h	2 Waters avec filtre O ₃	Plusieurs prélèvements de 8 h pour couvrir toute la durée d'exposition des Radiello	2 méthodes continues : Détection UV (IRCELYon) Détection Fluo (Francis Perrin, CEA)	8, 25 µg m ⁻³	< 10 µg m ⁻³ : ratio mesure/blanc ~5 fois trop faible, prélèvement Radiello déconseillé 25 µg m ⁻³ : bonne comparabilité actif/passif Mesure continue : bonne comparabilité de l'ensemble des appareils Mesure continue Bon suivi des variations de concentration
2008 Atmosphère réelle Bureau 14 17-19	6 Radiello + 2 blancs 48 h	2 Waters avec filtre O ₃	Plusieurs prélèvements de 8 h pour couvrir toute la durée d'exposition des Radiello	2 méthodes continues : Détection UV (IRCELYon) Détection Fluo (Francis Perrin, CEA) 1 méthode indicative : Interscan	~30 µg m ⁻³	Actif/Passif : écarts corrects, sous-estimation Radiello 20 % Radiello : ratio mesure/blanc > 10 Mesure continue : Bon suivi des variations de concentration mais : effet mémoire ~30 min appareil UV influence HR appareil fluo

Date	Méthode passive / Temps d'exposition	Méthode active	Temps/débit	Autres méthodes	Conc	Conclusions
2008 Atmosphère réelle 2 logements particuliers 14 17-19	6 Radiello + 2 blancs 48 h	2 Waters avec filtre O ₃	Plusieurs prélèvements de 8 h pour couvrir toute la durée d'exposition des Radiello	2 méthodes indicatives : Interscan Formaldemeter	40–50 µg m ⁻³	Actif/Passif très bonne comparabilité, écart ~1 % Supposition de l'influence de la vitesse du vent sur les débits Radiello Interscan : Bonne comparabilité méthodes normalisée, bon suivi des variations de concentration, Formaldemeter : pas adapté aux niveaux de concentration AI
2009 Atmosphère réelle Ecole 20	2 Radiello + 1 Blanc/point 5 points/salle (4 coins, centre), 2 m de haut 10 salles instrumentées 4.5 jours	2 Waters avec filtre O ₃ 1 salle	1 prélèvement toutes les 2h en journée 100 mL min ⁻¹	Interscan Suivi de l'activité d'une classe pdt 1 journée	HCHO : ~20 µg m ⁻³ en moyenne pics à 50 µg m ⁻³ CH ₃ CHO : ~10 µg m ⁻³ en moyenne, pics à 180 µg m ⁻³	Variabilité spatiale par rapport aux ≠ salles : faible => représentativité stratégie protocoles OK Variabilité spatiale/points dans 1 salle : pas d'influence de l'emplacement du tube Représentativité temporelle/valeur expo. court terme : Conc selon jour semaine indifférent, pics journaliers mais pas de tendance claire sur le moment de la journée => surveillance / une valeur court terme de qq heures peu envisageable Différences jour-nuit : mise en valeur réactivité et des voies de formation secondaire de formaldéhyde (issu de la réaction de COV précurseurs avec des oxydants tels l'ozone ou les radicaux OH)

Date	Méthode passive / Temps d'exposition	Méthode active	Temps/débit	Autres méthodes	Conc	Conclusions
2010 Atmosphère simulée 21	4 Radiello protégés 4 exposés au vent 3 capteurs ETHERA ⁴ protégés 3 exposés au vent 4.5 jours	2 Waters avec filtre O ₃ 1 capteur ETHERA ¹ actif	Plusieurs prélèvements de 8 h pour couvrir toute la durée d'exposition des Radiello Plusieurs prélèvements qq dizaines de min	AEROLASER ⁵ – mesure en continu	10 – 25 µg m ⁻³	Légitimité emploi Radiello pour la surveillance du HCHO en AI Influence du vent pas concluante => essais supplémentaires à mener AEROLASER : réponse comparable /MN, bon suivi variations de concentration, réponse légèrement instable, lourd à utiliser, importance de l'étalonnage => appareil de labo, peu recommandé terrain Passifs ETHERA : forte influence du vent => nécessité dispositif de protection, réponse peu répétable, ne suit pas variations de concentrations => nécessite développement supplémentaire Actifs ETHERA : réponse comparable/MN =>méthode prometteuse pour mesures ponctuelles en AI, diagnostic rapide ...

⁴ Start-up du CEA, travaille en collaboration avec le Laboratoire Francis Perrin à l'élaboration de capteur nanoporeux imprégné d'agent de dérivatisation – variation absorbance

⁵ : analyseur en continu commercial, basé sur la réaction de Hantsch spécifique à la mesure du formaldéhyde – détection U

5.3 BILAN METROLOGIQUE DES ETUDES TECHNIQUES

5.3.1 LA MESURE DU FORMALDEHYDE ET L'EVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS EN AIR INTERIEUR AU REGARD DES VALEURS REPERE

Les travaux menés en chambre d'exposition [21] mais également sur le terrain [20] ont confirmé la légitimité de l'emploi du tube Radiello® sur 4,5 jours d'exposition pour la surveillance du formaldéhyde en air intérieur et en particulier son déploiement dans le cadre de la surveillance de la QAI dans les écoles et crèches, en accord avec les protocoles rédigés par le LCSQA [4].

Rappelons qu'à ce jour, le HCSP n'a pas proposé de valeur repère court-terme. La méthode par pompage active sur Sep-Pack serait pressentie pour surveiller les niveaux au regard de ces éventuelles valeurs court-terme. Dans ce cas, l'emploi de scrubber ozone est recommandé. En effet, même si les niveaux d'ozone en air intérieur sont moindres comparés aux niveaux en air extérieur ils peuvent être non négligeables, provenant de l'extérieur ou de sources intérieur comme les appareils électroniques [22].

Un autre point déterminant pour la mesure du formaldéhyde, qu'elle soit réalisée par tube actif ou passif, est l'impérieuse nécessité de maîtriser au mieux les niveaux de blanc des tubes (conserver les cartouches au froid avant et après le prélèvement et pendant le déplacement sur le terrain, réaliser plusieurs blancs par lots, ne pas prélever sur des temps trop courts dans des atmosphères peu chargées....)

5.3.2 LA MESURE DU FORMALDEHYDE : RECHERCHE DE SOURCES, SUIVI TEMPOREL

De nombreuses techniques de mesure du formaldéhyde en continu sont en cours de développement dans des laboratoires universitaires ou des entreprises. Certaines ont été testées sur la chambre d'exposition en parallèles des techniques normées. Elles sont soit lourdes à mettre en œuvre, soit encore imparfaites. Très peu sont commercialisées. C'est le cas de l'AEROLASER, lourd à mettre en œuvre et plus adapté à des mesures en laboratoire qu'à des campagnes de terrain, et de l'INTERSCAN, s'apparentant plus méthode de détection que de quantification.

Ainsi, malgré le besoin patent de se doter de moyens de mesure du formaldéhyde en continu adaptés aux contraintes de l'air intérieur, il n'existe à ce jour pas encore de technique validée, pratique à déployer au cours de campagnes de mesure sur le terrain.

La mise au point d'une telle technique reste un enjeu scientifique majeur pour la surveillance du formaldéhyde en air intérieur.

6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Depuis son classement parmi les composés cancérigènes certains par l'IARC, le formaldéhyde a fait l'objet de valeurs repère en air intérieur (HCSP). Il est également concerné par la mise en place d'une surveillance obligatoire des ERP et de ce fait par la rédaction de protocoles de mesure dans les écoles et les crèches. Dans ce contexte, le LCSQA travaille depuis 2005 sur la validation des méthodes normalisées en regard de ces protocoles. Ainsi, la méthode passive étant adaptée à la surveillance vis-à-vis des valeurs repères long terme, la méthode active pouvant être adaptée à des mesures court terme (aucune valeur court terme n'a été définie à ce jour par le HCSP).

Le LCSQA mène également une veille sur les techniques en développement et commercialisées et teste les plus pertinentes. L'étude bibliographique de 2008 avait souligné le « challenge » métrologique et analytique que représente le formaldéhyde. Le nombre important des études portant sur le développement de techniques en continu en est la preuve. Cependant, le développement de techniques précises présentant de faibles incertitudes est généralement associé à des méthodes lourdes à mettre en œuvre. La tendance aujourd'hui s'oriente plutôt vers le développement de méthodes indicatives, pratiques à mettre en œuvre, peu encombrantes et peu bruyantes, en bref, plus adaptées à l'air intérieur. Même si de nombreux laboratoires, sociétés et start-up travaillent sur le sujet, le manque de techniques adaptées est toujours une réalité et il n'existe pas à ce jour de méthode validée et éprouvée sur le terrain, adaptée à la surveillance en air intérieur, capable de mesurer le formaldéhyde en continu. Ainsi, cette veille demeure une nécessité et de nouveaux moyens de mesure seront testés en 2012 sur la chambre d'exposition du LCSQA.

Par ailleurs, les études menées dans différents environnements pour la mesure du formaldéhyde avaient en même temps mis en lumière des concentrations importantes d'acétaldéhyde dans les supermarchés et les écoles par exemple, concentrations parfois proches de la valeur guide en air intérieur proposées en 2005 par le projet INDEX (23). L'acétaldéhyde, classé cancérigène probable pour l'homme par l'US-EPA, a été intégré à liste des substances prioritaires de l'ANSES et devrait de ce fait faire très prochainement l'objet de valeurs guides en air intérieur. Dans ce contexte, le LCSQA-INERIS entend proposer une étude bibliographique sur les niveaux d'acétaldéhyde dans les environnements clos ainsi qu'un programme de travail métrologique.

7. REFERENCES

1. IARC, *Overall evaluation of carcinogenicity to humans, formaldehyde (50-00-0)*. The IARC monographs series, 2004. **88**(International Agency for Research on Cancer, Lyon, France).
2. AFSSET and CSTB, *Valeurs guides de qualité d'air intérieur, Le formaldéhyde", Avis de l'AFSSET et rapport du groupe d'experts, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, en partenariat avec le Centre scientifique et technique du bâtiment, 83 pages,*. <http://www.afsset.fr>, Rubriques/Les activités scientifiques/Les milieux de vie/Air/Air intérieur :valeurs guides:, 2007.
3. HCSP and H.C.d.S. Publique, *Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos: le formaldéhyde*. 2009.
4. Protocoles QAI, et al., *Elaboration de protocoles de surveillance du formaldéhyde, du benzène et du monoxyde de carbone dans l'air des lieux clos ouverts au public*. 2008. **Disponible sur** <http://www.lcsqa.org/rapport/2008/ineris-emd-cstb/elaboration-protocoles-surveillance-formaldehyde-benzene-monoxyde-carbo>.
5. Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, *Campagne de surveillance nationale sur la qualité de l'air intérieur dans les logements français*. Available: http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/901096605168212697057874284367/qu_alite_air_interieur_oqai_2006.pdf, 2006.
6. Huynh, C.-K. and T. Vu-Duc, *Intermethod comparisons of active sampling procedures and analysis of aldehydes at environmental levels*. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2002. **372**(5): p. 654-657.
7. Clarisse, B., et al., *Indoor aldehydes: measurement of contamination levels and identification of their determinants in Paris dwellings*. Environmental Research, 2003. **92**(3): p. 245-253.
8. Andreini, B.P., et al., *Aldehydes in the atmospheric environment: evaluation of human exposure in the north-west area of Milan*. Microchemical Journal, 2000. **67**(1-3): p. 11-19.
9. Bates, M.S., et al., *Atmospheric volatile organic compound monitoring. Ozone induced artefact formation*. Environmental monitoring and assesment, 2000. **65**: p. 89-97.
10. Gillett, R.W., H. Kreibich, and G.P. Ayers, *Measurement of Indoor Formaldehyde Concentrations with a Passive Sampler*. Environ. Sci. Technol., 2000. **34**(10): p. 2051-2056.
11. Hanoune, B., et al., *Formaldehyde measurments in libraries: comparison between infrared diode laser spectroscopy and a DNPH-derivatization method*. Atmos. Environ, 2006. **40**: p. 5768-5775.
12. Marchand, C., et al., *Aldehyde measurments in indoor environments in Strasbourg (France)*. Atmospheric Environment, 2006. **40**: p. 1336-1345.
13. Rapport LCSQA and C. Mandin, *Formaldéhyde : état des lieux des techniques analytiques et niveaux de concentration mesurés*. 2005. **Disponible sur** <http://www.lcsqa.org/rapport/2005/ineris/formaldehyde-etat-lieux-techniques-analytiques-niveaux-concentration-mesures>.

14. Rapport LCSQA and L. Chiappini, *Mesure du formaldéhyde*. 2008. **Disponible sur** <http://www.lcsqa.org/action/2008/air-interieur/mesure-formaldehyde>.
15. Rapport LCSQA and L. Chiappini, *Comparaison de différentes méthodes de prélèvement des aldéhydes en présence d'ozone, en atmosphères réelle et simulée*. 2007. **Disponible sur** <http://www.lcsqa.org/rapport/2007/ineris/mesure-formaldehyde>.
16. Rapport LCSQA, Y. Godet, and I. Zdanevitch, *Exposition aux aldéhydes dans différents micro-environnements*. 2002. **Disponible sur** <http://www.lcsqa.org/rapport/2002/ineris/exposition-aux-aldehydes-differents-microenvironnements>.
17. Chiappini, L., et al., *Multi-tool formaldehyde measurements in simulated and real atmosphere for indoor air monitoring*. Air Quality - Science and application, 2009. **Istanbul, Turkey.**
18. Chiappini, L., et al., *Multi-tool formaldehyde measurement in simulated and real atmospheres for indoor air survey and concentration change monitoring*. Air Quality, Atmosphere & Health, 2010: p. 1-10.
19. Chiappini, L. and S. Fable, *Passive formaldehyde measurements in simulated and real atmosphere for indoor air monitoring*. aamg conférence, 2009. **Krakow, Poland.**
20. Rapport LCSQA, et al., *Mesure du formaldéhyde*. 2009. **Disponible sur** <http://www.lcsqa.org/action/2009/missions-diverses/mesure-formaldehyde>.
21. Note de synthèse LCSQA and L. Chiappini, *Mesure du formaldéhyde, synthèse des travaux 2010*. 2010. **Disponible sur** <http://www.lcsqa.org/rapport/2010/ineris/mesure-formaldehyde-synthese-travaux-2010>.
22. Weschler, C.J., *Ozone in Indoor Environments: Concentration and Chemistry*. Indoor Air, 2000. **10**: p. 269–288.
23. INDEX, *Final Report. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU: The INDEX Project*. European Commission, Joint Research Centre (JRC), Institute for Health and Consumer Protection, Physical and Chemical Exposure Unit., 2005.