

Université de Lille 2
Faculté Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)

Farah SHOUMAN

*La qualité de l'air à l'intérieur des crèches et des
écoles (maternelles et élémentaires) de la région
Nord - Pas de Calais*

*Sous la direction de Professeur **M. CUNY***

Mémoire de fin d'études

Master 2^{ème} année

2016-2017

Master Ingénierie de la Santé

Parcours : Evaluation et Gestion des Risques sanitaires Environnementaux et Professionnels (EGREP)

Composition du jury :

Président	M. Franck-Olivier DENAYER , Doyen Institut Lillois d'Ingénierie de la Santé
Directeur de mémoire	M. Damien CUNY , Doyen Faculté des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques
Membre professionnel	Mme. Marie Amélie CUNY , Chargé de mission prospectives et développement Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique

Date de soutenance : le 26 octobre 2017

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent particulièrement à Monsieur Damien CUNY, doyen de la Faculté des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques, pour avoir accepté d'être mon directeur de mémoire, pour ses remarques et ses conseils avisés et pour sa disponibilité.

Je remercie Monsieur Franck-Olivier DENAYER, doyen de l'Institut Lillois d'Ingénierie de la Santé, mon président du jury, pour m'avoir permis de réaliser ce mémoire sur le thème de la qualité de l'air intérieur.

Je tiens à remercier Madame Marie Amélie CUNY, chargée de mission prospectives et développement à l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique, pour avoir accepté de faire partie de mon jury.

Je tiens également à remercier Monsieur Gaëtan CHEPPE, Service Risques Urbains et Sanitaires de la ville de Lille, pour l'intérêt qu'il a porté à ce mémoire et pour les renseignements qu'il m'a apportés.

Je souhaite également remercier toutes personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

RÉSUMÉ

La qualité de l'air intérieur dans les crèches et les écoles fait l'objet d'une attention particulière grandissante. Après son logement, l'enfant passe plus de temps à la crèche ou à l'école que dans n'importe quel autre environnement intérieur où les concentrations en polluants intérieurs peuvent y être plus élevées du fait, par exemple, de la densité d'occupation élevée, de la présence de plus de mobilier ou bien de l'utilisation quotidienne de fournitures scolaires (colles, feutres, peintures...) et de produits d'entretien. Les études menées dans les crèches et les écoles (maternelles et élémentaires) de la région Nord – Pas de Calais révèlent la présence de plusieurs polluants intérieurs en concentrations importantes. Les mesures portant principalement sur le taux ambiant en formaldéhyde, en benzène et sur le niveau de confinement. Des différences de concentrations ont pu être mises en évidence entre établissements, entre les pièces d'un même établissement ou entre les deux périodes de l'année. Des axes d'amélioration de la qualité de l'air à l'intérieur des crèches et des écoles peuvent être envisagés et des recommandations pourraient être faites afin d'en garantir une meilleure qualité d'air pour nos petits.

Mots-clés : qualité de l'air intérieur, crèches, écoles, Nord – Pas de Calais, polluants, réglementations.

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
1. Spécificités des crèches et des écoles en France.....	3
1.1. Vulnérabilité des jeunes enfants vis-à-vis des polluants de l'air	3
1.2. Densité d'occupation	5
1.3. Typologie du bâti	5
1.4. Système de ventilation.....	6
1.5. Aération	8
1.6. Matériaux de construction et de décoration	9
1.7. Mobilier	10
1.8. Activités dans les locaux.....	11
1.9. Entretien	12
1.10. Conclusion.....	12
2. Impacts sanitaires : en focus sur le formaldéhyde, le benzène et le CO ₂	14
2.1. Le formaldéhyde	14
2.2. Le benzène.....	17
2.3. Le dioxyde de carbone CO ₂	18
2.4. Conclusion.....	20
3. Surveillance de la QAI dans les crèches et les écoles de Nord - Pas de Calais	22
3.1. Contexte réglementaire	22
3.2. Etudes dans les crèches et les écoles régionales	26
3.3. Conclusion.....	39
4. Guides et perspectives.....	41
4.1. Guides françaises	41
4.2. Perspectives pour une meilleure qualité de l'air à l'intérieur des crèches et des écoles en N-PdC	47

4.3. Conclusion.....	52
CONCLUSION	53
Références.....	55
Table des illustrations.....	61
Tableaux	62
Annexes	I
Annexe 1 : Exemples de sources et facteurs contribuant à la qualité de l'air à l'intérieur des locaux.....	I
Annexe 2 : Le règlement sanitaire départemental	II
Annexe 3 : Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAI) par l'ANSES.....	III
Annexe 4 : valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos	IV

Liste des sigles utilisés

AASQA : Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

APPA : Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique

ARS : Agences Régionales de Santé

ASEF : Association Santé Environnement France

ATSEM : Agent Territorial Spécialisé des Ecoles Maternelles

ATBC : acétylcitrate de tributyle

BTEX : Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes

CETE : centres d'études techniques de l'Équipement

CETE : centres d'études techniques de l'Équipement

CO₂ : dioxyde de carbone

CO : monoxyde de carbone

COV : Composés Organiques Volatils

CIRC : Centre international de recherche sur le cancer

CLP : Classification, Labelling, Packaging

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'études de la Pollution Atmosphérique

CMR : Cancérogène (ou cancérigène), mutagène et reprotoxique

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

DEET : N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide

DINCH : cyclohexane-1,2-dicarboxylate de diisononyle

DEHTP : téréphtalate de bis(2-éthylhexyle)

DOIP : di-2-éthylhexyle isophtalate

DGS : Direction générale de la santé

ERP : Etablissements Recevant du Public

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HBCD : Hexabromocyclododecane

HCSP : Haut Conseil de la Santé Publique

HCB : Hexachlorobenzene

HQE : Haute Qualité Environnementale

ICONE : Indice de CONfinement d'air dans les Ecoles

INERIS : Institut National de l'Environnement industriel et des Risques

InVS : Institut de veille sanitaire

Inpes : Institut national de prévention et d'éducation pour la santé

LCSQA : Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air

LEPTIAB : Laboratoire d'Etude des Phénomènes de Transfert et de l'Instantanéité Agro-industrie Bâtiment et

MEEDDM : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer

NO₂ : dioxyde d'azote

OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

PCB : Polychlorociphényles

PBDE : Polybromodiphényléthers

PNSE : Plan National Santé Environnement

PRSE : Plan Régional Santé Environnement

PSQA : Plan de Surveillance de la Qualité de l'Air

PM : Particulate Matter

PNRPE : Programme National de Recherche sur les Perturbateurs Endocriniens

PVC : Polychlorure de vinyle

REACH : Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals

TBBPA : Tetrabromobisphenol A

TXIB : diisobutyrate de 2,2,4-triméthyl-1,3-pentanediol

UMR METIS : Unité Mixte de Recherche (Milieux environnementaux, transferts et interactions dans les hydrosystèmes et les sols)

VGAI : Valeurs Guides pour l'Air Intérieur

VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée

INTRODUCTION

Alors que la surveillance de l'air extérieur est organisée depuis de nombreuses années, les connaissances sur la pollution de l'air intérieur (dans les logements, les lieux publics,...) sont plus restreintes. Or, une personne passe en moyenne 80 à 90% de son temps dans des environnements clos, elle est donc largement exposée aux polluants de l'air intérieur.

Les études menées depuis plusieurs années pour améliorer les connaissances sur l'air intérieur montrent que pour un grand nombre de polluants, les niveaux observés sont plus élevés à l'intérieur qu'à l'extérieur. En effet, un grand nombre de polluants de natures très différentes (physiques, chimiques, microbiologiques) et de provenances multiples sont présents à l'intérieur des bâtiments. Trois sources essentielles contribuent à la contamination de l'atmosphère intérieure : la pollution en provenance de l'extérieur (air extérieur, sites et sols pollués), la pollution due aux occupants et à leurs activités (tabac, bricolage, entretien...) et la pollution imputable à certains matériaux de construction et au mobilier (Annexe 1). De plus, les teneurs en polluants sont influencées par le taux d'humidité, la température et le renouvellement de l'air.

Une étude exploratoire récente du coût socio-économique de la pollution de l'air intérieur visant à quantifier les conséquences économiques de l'impact de certains polluants de l'air intérieur sur la santé de la population en France a estimé le coût de la pollution de l'air intérieure à environ 19 milliards d'euros par an [1].

Au cours des dernières années, la qualité de l'air intérieur dans les crèches et les écoles fait l'objet d'une attention particulière grandissante. En effet, l'école et les lieux d'accueil d'enfants (crèches, garderies) sont, après le logement, les environnements les plus fréquentés par les enfants qui représentent l'un des publics les plus sensibles à la pollution atmosphérique.

En France une attention croissante est portée à ce sujet, avec en particulier la création par les pouvoirs publics, en 2001, de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) dont la vocation est de dresser un état des lieux des expositions aux polluants de l'air dans les lieux de vie intérieurs et d'en identifier les déterminants, afin d'apporter les informations pour l'évaluation et la gestion des risques sanitaires associés.

La campagne nationale écoles et crèches de l'OQAI menée en 2009/2011 a souligné l'existence d'une spécificité de la pollution à l'intérieur des crèches et des écoles par rapport à l'extérieur qui s'exprime en particulier par la présence de certaines substances non observées à l'extérieur ou par des concentrations nettement plus importantes à l'intérieur. Selon l'OQAI, les aldéhydes et les BTEX, et plus particulièrement le formaldéhyde et le benzène, font partie des premières substances d'intérêt en termes de hiérarchisation sanitaire dans les écoles. Ils font partie du groupe des composés «hautement prioritaires»[2].

L'impact de l'environnement sur la santé des habitants du Nord – Pas de Calais est très ancien. Son lourd passé industriel a fortement marqué le territoire et la société. La situation de la région reste critique : on note par exemple une mortalité prématurée toutes causes et sexes confondus encore supérieure de 20 % par rapport à la moyenne nationale [3]. De plus, la prévalence de maladies cardiovasculaires et respiratoires dont l'apparition d'asthmes et allergies est plus élevée dans le N-PdC que dans l'ensemble de l'Hexagone [3]. Les facteurs environnementaux et en particulier l'air intérieur font donc l'objet d'une attention particulière dans la région, en raison de la pollution ambiante, du niveau d'exposition et de la sensibilité plus importante des individus.

Le champ de ce mémoire se limitera aux crèches et aux écoles (maternelles et élémentaires) de la région Nord – Pas de Calais. Il s'organise autour de trois parties distinctes. Dans la première partie, les spécificités de ces établissements en France seront examinées. Puis, un focus sur l'impact sanitaire du formaldéhyde, du benzène et du CO₂ sera réalisé. Ensuite, après un rappel de contexte réglementaire, les études relatives à la qualité de l'air à l'intérieur des crèches et des écoles de la région seront exposées. A la fin, dans la troisième partie, les guides existants de gestion concernant la QAI dans ces établissements seront présentés avec des propositions de perspectives à mener dans les crèches et les écoles régionales.

Ce mémoire s'appuie sur des articles qui ont été recherchés dans des bases de données scientifiques, des livres spécialisés, des guides, des revues ou des documents récupérés de la ville de Lille.

1. Spécificités des crèches et des écoles en France

Au 1er janvier 2015, la France hors Mayotte compte 4,8 millions d'enfants âgés de moins de 6 ans et 2,3 millions d'enfants de moins de 3 ans [4].

La proportion d'enfants de moins de 6 ans est nettement plus faible dans le quart sud-ouest de la France. Elle est en revanche élevée dans le nord de la France, dans le Bassin parisien, en Rhône-Alpes et dans l'ouest, de Nantes à Rennes [4].

Environ 9 % des enfants de moins de trois ans sont gardés en crèche ou halte-garderie. Cette éducation se poursuit à l'école maternelle où sont accueillis 35 % des enfants de deux ans et la quasi-totalité des enfants à trois ans jusqu'à six ans, l'âge obligatoire d'inscription à l'école élémentaire [5].

En France à la rentrée 2015, 2563,6 enfants ont été accueillis en école maternelle et 4193,0 élèves ont été scolarisés en école élémentaire avec une légère diminution du nombre d'enfants scolarisés en maternelle et une augmentation de ceux en élémentaire par rapport l'année précédente [6].

La qualité de l'air à l'intérieur de ces établissements constitue une problématique tout à fait spécifique. Les composés détectés n'y sont pas nécessairement différents de ceux présents dans les autres environnements clos. En revanche, les concentrations peuvent y être plus élevées du fait, par exemple, de la densité d'occupation élevée, de la présence de plus de mobilier ou bien de l'utilisation quotidienne de fournitures scolaires (colles, feutres, peintures...) et de produits d'entretien.

1.1. Vulnérabilité des jeunes enfants vis-à-vis des polluants de l'air

Les crèches et les écoles accueillent un groupe d'enfants le plus sensible vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur. En effet, les jeunes enfants ne peuvent pas être considérés comme de simples "adultes de taille réduite", notamment du point de vue de l'exposition aux polluants du quotidien. Pour une même exposition, les effets sanitaires seront plus grands pour certaines tranches d'âges, appelées « fenêtres de vulnérabilité » [7]. Certaines périodes de l'enfance (vie intra-utérine, jeune enfance, début de la puberté) font partie de ces fenêtres de vulnérabilité, car elles correspondent à des périodes de fort développement corporel. Si ces processus biologiques sensibles sont perturbés, alors le fonctionnement de certains organes et systèmes peut être perturbé, de façon pérenne. Le nombre d'années de

vie en bonne santé perdues pour des causes environnementales est cinq fois plus grande chez les enfants de moins de cinq ans, comparé au reste de la population [8].

Par ailleurs, certains comportements sont spécifiques aux jeunes enfants. Notamment les déplacements et jeux au sol et les fréquentes mises à la bouche (mains, jouets, objets divers). Ces comportements sont de nature à augmenter l'exposition aux poussières qui, dans les habitations modernes, fixent et concentrent différents types de polluants.

La physiologie des enfants est également spécifique [9] :

- relativement à leur masse corporelle, en moyenne, ils respirent deux fois plus (au repos, sans compter qu'ils sont plus actifs physiquement), mangent plus (de trois à quatre fois plus de calories) et boivent sept fois plus d'eau que les adultes : leur exposition environnementale relative est donc plus élevée ;
- le système de défenses naturelles des enfants est moins développé que celui des adultes. Par exemple : la barrière entre le sang et le cerveau est plus perméable, le système immunitaire et certains organes clés (comme les reins, les poumons et les intestins) sont en cours de développement, la peau est plus fine et très perméable (en particulier lors des premiers mois), etc. Les nourrissons et les jeunes enfants, d'une part, absorbent plus facilement les substances chimiques auxquelles ils sont exposés et, d'autre part, ont plus de difficultés à les neutraliser et à les éliminer.

Et puis, tout simplement, puisqu'ils sont au début de leur vie, les enfants ont plus de temps pour développer des maladies chroniques. Ils peuvent donc être exposés plus longtemps aux polluants environnementaux. Par ailleurs certaines maladies chroniques, comme des cancers ou des maladies neurodégénératives [10], peuvent se manifester plusieurs dizaines d'années après l'exposition. C'est ce que l'on appelle un effet différé : une exposition à un polluant pendant les premières années de vie peut générer des maladies à l'âge adulte, sans qu'aucun symptôme n'ait pu être repéré pendant l'enfance [11].

Enfin, ils ont besoin d'autres personnes (adultes) pour assurer que leur environnement ne présente pas de risque. Les enfants, et en particulier les jeunes enfants, manquent souvent de l'expérience et/ou des capacités cognitives permettant de reconnaître les situations à risques [11].

1.2. Densité d'occupation

En France, le nombre d'enfants dans une crèche varie selon le type d'établissements. Par exemple, les micro-crèches ne peuvent pas accueillir plus de 10 enfants alors que les crèches de type d'accueil collectif ou familial peuvent avoir plus de 50 places [4].

Les classes préélémentaires comptent en moyenne 25,8 élèves. En élémentaire, la taille des classes est de 23,0 élèves en moyenne. Dans les écoles primaires, dans lesquelles on retrouve à la fois des classes préélémentaires et élémentaires, les effectifs par classe accueillant les enfants de 2 à 6 ans sont de 27,3 élèves de niveau préélémentaire [4].

Les écoles se différencient des logements et des bureaux par leur densité d'occupation élevée. A surface égale, les écoles présentent généralement quatre fois plus d'occupants que les bureaux, ce qui influence l'environnement intérieur, ne serait-ce que par l'augmentation de l'humidité relative et de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) [12]. En effet, la concentration en CO₂ augmente très rapidement en fonction du nombre d'occupants. Il a été estimé que la présence d'un enfant supplémentaire par mètre carré augmente la teneur intérieure en CO₂ de 70 ppm [13].

De plus, les enfants jouent un rôle important dans le transfert des allergènes (chats et chiens par exemple) de leur habitation à la classe, les allergènes étant fixés sur leurs vêtements. Ainsi, plusieurs études rapportées par Tranter [14] avaient montré que les concentrations en allergènes dans une classe dépendaient du nombre d'enfants ayant des animaux domestiques.

Avec une densité d'occupation élevée, la contamination bactérienne est, elle aussi, non négligeable puisque la présence humaine en est le premier facteur.

1.3. Typologie du bâti

L'ancienneté et le type de construction du bâti influent sur la qualité de l'air intérieur. Ainsi, des bâtiments neufs ou récemment rénovés peuvent se caractériser par des concentrations importantes en polluants du fait des matériaux et aménagements utilisés mais aussi de la ventilation inadéquate [15].

En France, les crèches sont majoritairement en construction traditionnelle (béton et parpaing). Elles sont plutôt récentes car la moitié a été construite après 1995 et plus d'un tiers après l'an 2000 (particulièrement en zone rurale) [16].

En revanche, il apparaît que la décennie 1970-1980 représente la période où le plus d'écoles maternelles et élémentaires ont été construites et par conséquent peuvent être considérées comme « vieilles » [16]. Toutefois, les travaux de rénovations touchent plus les bâtiments d'écoles (40 %) que ceux des crèches (15 %). Dans les deux cas, ces rénovations concernent souvent les revêtements de sols et de murs et le système de chauffage lors de rénovations lourdes [16].

En 2014, la ville de Rennes a réalisé une étude qui avait pour objectif de caractériser la qualité de l'air intérieur dans 3 établissements d'accueil de petite enfance (2 crèches et 1 école maternelle) neufs ou rénovés afin d'évaluer l'impact potentiel des travaux réalisés sur la qualité de l'air intérieur au sein de ces différents établissements [17]. Quatre polluants ont été étudiés : le formaldéhyde, le benzène, le CO₂ et le CO. Des concentrations élevées en formaldéhyde ont été détectées notamment en période estivale dans l'école maternelle investiguée et ce, malgré l'installation d'un système de ventilation ainsi que l'ouverture des fenêtres et des portes. Pour le benzène et le CO₂, les 3 établissements ont présenté des concentrations moyennes satisfaisantes.

1.4. Système de ventilation

La ventilation permet de renouveler l'air en assurant une circulation générale et permanente.

Elle peut être naturelle ou mécanique et a plusieurs rôles :

- ✓ Apporter de l'air neuf
- ✓ Diluer les contaminants et réduire leurs interactions chimiques sources de polluants secondaires
- ✓ Réduire le confinement
- ✓ Évacuer l'air vicié
- ✓ Lutter contre l'humidité et les condensations causent de développement fongique et de dégradation du bâti
- ✓ Procurer fraîcheur ou chaleur nécessaire

Les différents types de ventilation retrouvés dans les établissements scolaires sont :

La ventilation naturelle

La ventilation naturelle s'effectue par grilles de ventilation hautes et basses dans les pièces de service et ouverture des ouvrants dans les salles de classe, unité de vie...

La Ventilation Mécanique Contrôlée simple flux

L'air frais venant du dehors traverse les pièces en rentrant par les amenées d'air situées en hauteur et est évacué via des bouches d'aspiration par un groupe d'extraction.

La Ventilation Mécanique Contrôlée Double flux

Ce système permet de limiter les pertes de chaleur inhérentes à la ventilation : il récupère la chaleur de l'air vicié extrait de la maison et l'utilise pour réchauffer l'air neuf filtré venant de l'extérieur. Un ventilateur pulse cet air neuf préchauffé dans les pièces principales par le biais de bouches d'insufflation.

Pour que ces dispositifs fonctionnent correctement, ils doivent être bien conçus et être en capacité de fournir les débits fixés par le règlement sanitaire départemental (annexe 2). Ils doivent également faire l'objet d'un entretien et d'une maintenance adaptée à leurs caractéristiques. Exemple : nettoyage des bouches, et des amenées d'air, changement des filtres pour la VMC double flux. Toutefois, si le système de ventilation est mal choisi, mal installé ou mal entretenu, il peut avoir des effets néfastes sur la santé (augmentation de Syndrome des Bâtiments Malsains, dispersion de bactéries ou virus aéroportés) [18].

De nombreuses études ont montré que ces dispositifs étaient souvent inadaptés (du fait des modifications rapides de structures pour faire face à l'augmentation du nombre d'élèves) ou limités pour des raisons d'économies d'énergie, voire mal entretenus et parfois inexistantes [19] [18].

En France, Près de la moitié des crèches possède un système de ventilation mécanique contrôlée dans les salles d'activité (49 %) ou dans les dortoirs (41 %), plutôt à simple flux (plus de 60 %) qu'à double flux (moins de 20 %). En revanche, la majorité des écoles (maternelles et élémentaires) ne possède pas de système spécifique de ventilation et seules 15 % déclarent disposer d'un système de ventilation (plutôt à simple flux) dans des salles de classes [16].

Il est à noter que, contrairement à une idée reçue, vingt-cinq élèves de quatorze à seize ans génèrent environ 1 kg/h de vapeur d'eau dans une salle de classe alors que le même nombre d'enfants, en maternelle, en produisent plus de 2 kg/h. paradoxalement en

France, les petits n'ont droit qu'à 15 m³/h/personne alors que les plus âgés bénéficient d'un débit d'air réglementaire de 18 m³/h/personne et les adultes 25 m³/h/personne [18].

1.5. Aération

Du fait de l'absence de systèmes spécifiques de ventilation dans la plupart des écoles françaises, l'ouverture des fenêtres est le seul moyen d'aérer les salles de classe, mais la plupart du temps elle est peu pratiquée.

La grande majorité des personnes en charge des enfants (crèches, écoles maternelles et élémentaires) ouvrent des fenêtres des salles de classe en période hivernale et ceci pendant une durée médiane journalière de 30 minutes (en absence ou en présence d'un système de VMC dans la salle). L'ouverture est réalisée plutôt de façon occasionnelle (56 %) que fréquente (32 %), plutôt en l'absence des enfants (82 % lors des récréations, 64 % à midi après le cours, 38 % le matin avant l'arrivée des enfants). La moitié d'entre eux (57 %) ouvrent parfois pendant les cours. L'aération est motivée avant tout par : température trop chaude (59 % des cas), odeurs dans la salle (56 %) et sensation de confinement de l'air (55 %) [16].

Les principaux freins à l'ouverture des fenêtres en période hivernale sont liés à des gênes thermiques et acoustiques (courants d'air, température de la salle trop froide, bruit extérieur), à des comportements d'économie d'énergie de chauffage, ainsi qu'à l'absence du besoin d'ouvrir du fait de la « bonne » perception de la qualité de l'air intérieur [16].

En effet, une aération régulière de 10 minutes permet de renouveler l'air de la pièce et donc d'évacuer massivement les polluants qui ont pu se concentrer dans les pièces, de ramener les taux de CO₂ dans des teneurs acceptables et d'aider à réguler les paramètres de confort (température et humidité) [20].

Il est donc très important d'aérer les unités de vie, dortoirs et les salles d'activité (motricité, salle de jeux d'eau...) régulièrement en été comme en hiver.

Par ailleurs, l'aération doit être adaptée aux activités : entretien, activités manuelles, jeux d'eau, après et avant les siestes, après les repas...

Enfin, l'aération des pièces doit être réalisée en prenant en compte la sécurité des enfants et en abaissant (si possible) le chauffage.

1.6. Matériaux de construction et de décoration

Les matériaux de construction de par leur composition, peuvent être source de dégradation de la qualité de l'air intérieur, en émettant des polluants volatils qui se dispersent dans les locaux. Cela peut concerner les revêtements de sols, les peintures, les colles mais aussi les faux plafonds ou des éléments d'isolation...

Dans les crèches, Les salles d'activités sont équipées de sols en plastique (87 %), de murs peints (75 %) ou recouverts de papier peint (19 %) [16].

Pour les écoles (maternelles et élémentaires), les salles de classe sont équipées de sol plastiques (60 %) ou de carrelage (31 %) et de murs peints (90 %) [16].

Les sols en plastique dans les lieux d'accueil des enfants sont principalement de deux types : les sols PVC ou Linoléum. Ces deux sols sont souvent confondus. Par abus de langage, un sol PVC sera désigné Lino. Or, non seulement ces sols diffèrent du fait de leur composition mais aussi, par conséquent, au niveau des risques sanitaires qui peuvent leur être associés.

Les sols **linoléums** sont principalement fabriqués à partir de matières premières d'origine végétale. Cela n'induit cependant pas l'absence d'émission de composés organiques volatils (COV), principalement en raison d'oxydation de l'huile de lin qui va générer des sous-produits volatils.

Les sols **PVC** renferment eux un fort pourcentage de phtalates, composés semi volatils qui peuvent s'accumuler dans les poussières et sur les surfaces. Certains de ces phtalates sont associés à des effets sur la santé humaine (reprotoxicité). Même si certains phtalates sont désormais exclus de la composition des sols, la connaissance scientifique n'est pas encore complète en ce domaine. Du fait de leur accumulation sur les sols et dans les poussières, la contamination des enfants peut s'effectuer par voie respiratoire, cutanée ou digestive. Par ailleurs, ces sols émettent également des COV [20].

Pour ces raisons, il est recommandé de choisir des sols de type Linoléum dans les lieux accueillant des enfants (hormis pièces d'eau).

Depuis septembre 2013 (Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils), les fabricants doivent afficher les niveaux d'émission en polluants volatils de tous les produits de construction et de décoration. Les produits concernés par cette nouvelle

réglementation sont les produits de construction ou de revêtements de parois amenés à être utilisés à l'intérieur des locaux, ainsi que les produits utilisés pour leur incorporation ou leur application. Il peut s'agir par exemple de cloisons, revêtements de sols, isolants, peintures, vernis, colles, adhésifs, etc. destinés à un usage intérieur.



Le niveau d'émission du produit est indiqué par une classe allant de A+ (très faibles émissions) à C (fortes émissions).

1.7. Mobilier

Le mobilier est très présent dans les crèches et les écoles. Le nombre de tables, chaises ou armoires y est plus élevé, comparativement aux logements.

Certains meubles dégagent des substances chimiques pendant plusieurs jours voire plusieurs semaines après leur installation. En effet, aujourd'hui les meubles fabriqués avec des panneaux de bois collés dominent et sont des sources potentielles d'émissions de composés organiques volatils (COV) et d'aldéhydes dont le formaldéhyde, mais également de retardateurs de flammes bromés. Par ailleurs, les peintures, vernis, résines utilisés pour confectionner ces meubles contiennent également de nombreux solvants [20].

Dans le cadre de la loi Grenelle 2, il est prévu la mise en place d'un étiquetage réglementaire sur les émissions en COV des produits d'ameublement sur le modèle mis en œuvre pour les produits de construction et de décoration, afin de permettre une meilleure visibilité sur l'impact sur la qualité de l'air intérieur de ces produits. Cet étiquetage ne devrait pas paraître avant 2020 [21].

1.8. Activités dans les locaux

Les jouets

Les jouets (très présents dans les lieux d'accueil de la petite enfance) peuvent contenir des produits chimiques toxiques comme des perturbateurs endocriniens, phtalates, du formaldéhyde ou encore des retardateurs de flammes bromés, métaux lourds..

Plusieurs études fondées sur l'observation du comportement des enfants de 0 à 36 mois montrent que le plastique est le matériau le plus couramment mis en bouche, suivi par les textiles. De plus, les jouets en matière plastique représentent la majorité des jouets achetés en France. Le polychlorure de vinyle (PVC) représente l'une des matières plastiques les plus utilisées dans le domaine des jouets et les plastifiants les plus utilisés dans le PVC sont les phtalates [22].

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a analysé 31 jouets contenant 5 substituts différents de phtalates : l'ATBC (acétylcitrate de tributyle), le DINCH (cyclohexane-1,2-dicarboxylate de diisononyle), le DEHTP (téréphtalate de bis(2-éthylhexyle)), le TXIB (diisobutyrate de 2,2,4-triméthyl-1,3-pentane-1,3-diol) et le DOIP (di-2-éthylhexyle isophtalate) [22]. Elle n'a pas pris en compte l'ingestion de l'objet mais la migration d'une de ces substances via la salive. Les conclusions du rapport ont de quoi rassurer les jeunes parents : "l'Agence ne met pas en évidence de risques pour la santé des enfants pour quatre des substances étudiées qui sont des substituts de phtalates (DINCH, DEHTP, ATBC et TXIB) ".

En revanche la cinquième substance, le DOIP, soulève des interrogations. "L'évaluation de risque n'a pu être conduite par manque de données disponibles (classement en cours d'examen dans le cadre du règlement REACH)", précise l'autorité sanitaire. C'est pourquoi elle recommande aux fabricants d'éviter de les utiliser avant d'en savoir plus.

Les activités manuelles

Les activités manuelles nécessitent l'utilisation de nombreux produits : colles, feutres, peintures, etc. Ces produits sont également susceptibles de dégager des composés

chimiques dans l'air de la salle. Par exemple on peut trouver du barium, du plomb, du formaldéhyde ou des phtalates [23].

De plus, les cartons ayant renfermé des meubles ou encore du matériel informatique ont pu absorber un ensemble de polluants et vont ensuite pouvoir les libérer dans l'air des pièces. C'est pourquoi, il est déconseillé de s'en servir ultérieurement dans le cadre de travaux manuels avec les enfants.

1.9. Entretien

La fréquence de nettoyage des salles d'activité ou des salles de classe est normalement plus élevée que celle des logements.

Dans les crèches, le nettoyage quotidien (balayage et nettoyage du sol, nettoyage des meubles, des poignées de portes, des jouets) est effectué une ou plusieurs fois par jour dans les salles d'activités, pour moitié en l'absence des enfants (le matin ou le soir) et pour l'autre moitié, en leur présence dans les salles ou dans l'enceinte du bâtiment (après les repas, pendant la sieste) [16].

Le nettoyage des salles de classe est effectué quasi systématiquement de façon journalière, au moins une fois par jour et principalement le soir après le départ des enfants [16].

Si le nettoyage est trop fréquent, des composés chimiques peuvent être émis de façon non négligeable. Du formaldéhyde a été identifié dans 91 % des émissions des produits d'entretien testés par l'INERIS [24] sans que ces produits ne contiennent initialement du formaldéhyde.

1.10. Conclusion

L'enfant en bas âge est une personne particulièrement sensible vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur. Il respire un volume d'air plus important que l'adulte relativement à son poids. Egalement son capacité d'élimination et de lutte contre les substances toxiques est plus faible que l'adulte.

Après son logement, la crèche ou l'école sont les environnements les plus fréquentés par les enfants. Environ 9 % des enfants de moins de trois ans sont gardés en crèche et la quasi-totalité des enfants à trois ans sont accueillis en école maternelle.

Ces établissements se caractérisent par une densité d'occupation élevée, un mobilier important, une utilisation trop fréquente de différents produits : pour l'enseignement (feutres..), pour les activités scolaires (colles, peintures..) ou pour l'entretien des salles. Les bâtiments d'écoles (maternelles et élémentaires) sont plus anciens que les bâtiments des crèches mais sont plus souvent rénovés. La majorité des écoles ne possède pas de système spécifique de ventilation alors que la moitié des crèches en possède. L'aération est peu pratiquée dans la plupart des crèches et des écoles.

Ces spécificités engendrent une exposition des enfants à des concentrations plus fortes en polluants intérieurs tels que le CO₂, les allergènes, les bio-contaminants, les COV, le formaldéhyde ou les phtalates.

2. Impacts sanitaires : en focus sur le formaldéhyde, le benzène et le CO₂

La pollution de l'air intérieur peut entraîner chez les enfants des problèmes de santé à court, moyen ou long terme.

Selon l'OQAI, le formaldéhyde et le benzène font partie des premières substances d'intérêt en termes de hiérarchisation sanitaire dans les écoles. Ils font partie du groupe des composés «hautement prioritaires».

De plus, le formaldéhyde et le benzène sont les premiers polluants qui ont été inclus dans des campagnes expérimentales de mesures dans les crèches et les écoles avec les concentrations en CO₂. Ils sont également les premiers polluants pour lesquels des valeurs guide de qualité de l'air intérieur (VGAI) et des valeurs de gestion ont été établies et réglementées et ils font partie des polluants réglementés dans le cadre de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public.

2.1. Le formaldéhyde

Présentation et sources

Le formaldéhyde (appelé également formol, aldéhyde formique ou méthanal), est un Composés Organique Volatil (COV) constitué de carbone, d'hydrogène et d'oxygène (CH₂O). C'est un gaz incolore et inflammable, d'odeur piquante et irritante. Le formol, ou encore la formaline, sont en fait des noms commerciaux, en général pour des solutions de formaldéhyde (ex : 40% de formaldéhyde et 60% d'eau) qui sont employées comme désinfectants, conservateurs, insecticides, fongicides et désodorisants. Il présente la propriété d'être gazeuse à température ambiante.

Les sources de formaldéhyde dans l'air intérieur sont ainsi très nombreuses [25] et comprennent notamment :

- Les résines et colles à base d'urée formol ou phénol-formol : elles servent principalement à fabriquer les panneaux de bois agglomérés mais de nombreux autres domaines en sont friands. Elles sont par conséquent à l'origine de la majorité des sources en air intérieur ;

- Les mousses isolantes urée-formol : ces mousses étaient très répandues dans les années 70 pour l'isolation par injection dans les murs et les cloisons. Leur utilisation est réglementée en France depuis 1988 ;
- La laine de verre et de roche : le formaldéhyde entre bien souvent dans la composition des liants de ces matériaux ;
- Peintures, vernis ou colles utilisés pour la menuiserie, les papiers peints, les moquettes ;
- Revêtements de sol : moquettes, parquet, etc ;
- Produits d'entretien : désodorisants, désinfectants, insecticides, etc ;
- Produits cosmétiques : crèmes, huiles pour hygiène corporelle, etc. Le formaldéhyde est utilisé en cosmétologie pour ses propriétés conservatrices ;
- Produits textiles et tissus d'ameublement : le formaldéhyde est utilisé comme agent anti-froissant dans certains textiles ou sert à donner de la tenue au tissu ;
- Les phénomènes de combustion : la fumée de tabac, les bougies, certains appareils résidentiels de chauffage et de production d'eau chaude ;
- Magazines, livres neufs et papiers spécifiques.

Pour les crèches et les écoles, les sources principales de formaldéhyde sont les matériaux de construction et de décoration, le mobilier et les produits d'entretien.

Les facteurs qui ont une influence sur les émissions des matériaux sont : la composition du matériau (en particulier sa teneur en COV), les caractéristiques physiques comme la surface et la porosité et la texture, la température et l'humidité, l'âge du matériau (les émissions diminuent avec le temps), la présence d'ozone et le renouvellement d'air [25].

Effets sur la santé

Du fait de sa présence très fréquente dans l'air, la voie principale d'exposition au formaldéhyde est l'inhalation. Lors de ce type d'exposition, de par sa forte solubilité dans l'eau, il est retenu au niveau de la cavité nasale, de la bouche, de la trachée et des bronches principales. Cette voie prépondérante n'exclut pas la possibilité d'une exposition par ingestion (notamment via l'eau) avec alors une majorité du formaldéhyde retrouvée dans le tube digestif et par contact [26].

Une exposition au formaldéhyde par voie respiratoire entraîne une toxicité locale. Des effets irritants au niveau du site de contact, soit les yeux et les voies aériennes

supérieures, sont mis en évidence pour des expositions aiguës et chroniques. Les symptômes pris en compte sont l'irritation des yeux accompagnée ou non de larmoiements, ainsi que l'irritation nez / gorge et la sécheresse buccale. Ces symptômes apparaissent dans la plupart des études dès les concentrations de 0,2 à 0,3 ppm (250 à 375 µg/m³) [27].

Le formaldéhyde est un composé génotoxique à fortes doses qui forme des adduits ADN et ADN-protéines au niveau de l'épithélium respiratoire nasal. En 2004, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé le formaldéhyde comme cancérigène certain du nasopharynx pour l'homme (groupe 1) sur la base d'études épidémiologiques en milieu du travail. Malgré des discussions sur les données disponibles sur l'existence d'un lien avec le cancer, le CIRC maintient son classement dans la dernière réévaluation en 2012 et conclut aussi à l'existence de preuves évidentes pour l'induction de leucémies.

Au niveau européen, en 2014, le formaldéhyde est classé cancérigène de catégorie 1B selon le règlement CLP « substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est supposé par des données animales » [28].

Il est également de plus en plus suggéré que de faibles expositions au formaldéhyde pourraient accroître, à long terme, le risque de développer des pathologies asthmatiques et des sensibilisations allergiques particulièrement chez les enfants.

Une étude épidémiologique transversale cas témoins sur 192 enfants de 6 mois à 3 ans confirmait le rôle de l'exposition précoce aux polluants chimiques intérieurs comme facteur de risque d'asthme chez le jeune enfant [29]. Il en ressort que les enfants exposés à des concentrations de formaldéhyde supérieures ou égales à 60 µg/m³ avaient un risque augmenté de 39 % de développer un asthme comparé aux enfants exposés à des concentrations plus faibles.

En 2016, l'Anses a mené une étude exploratoire dont l'objectif est d'estimer l'impact sanitaire associé à l'exposition au formaldéhyde dans les environnements intérieurs [30]. Il en ressort que si l'impact sanitaire pour la population générale de développer un cancer du nasopharynx semble nul suite à l'inhalation de formaldéhyde dans les environnements intérieurs, l'impact sanitaire pour l'asthme chez les enfants âgés de 0 à 18 ans doit être pris en considération.

2.2. Le benzène

Présentation et sources

Le benzène fait partie des Composés Organiques Volatils (COV). C'est un composé organique de formule brute C_6H_6 . Il appartient à la famille des hydrocarbures aromatiques monocycliques. Dans les conditions usuelles, le benzène est un liquide incolore, d'odeur caractéristique (odeur douce et sucrée), volatil, très inflammable et cancérigène.

Industriellement, le benzène est produit lors des opérations de raffinage du pétrole. Sa production en France est de l'ordre de 700 000 tonnes par an. Au niveau industriel, il sera très difficile de substituer complètement le benzène qui est utilisé comme molécule de base pour développer différentes substances entrant dans un très grand nombre de produits et notamment dans de nombreux médicaments [31].

Les données du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'études de la Pollution Atmosphérique) montrent que dans l'air extérieur, en 2015, le principal émetteur de benzène est le secteur résidentiel et tertiaire (58 %) en raison notamment de la combustion du bois, suivi par le transport routier (20 %). Les émissions de benzène ont baissé d'environ 70 % entre 2000 et 2015. La décroissance est plus marquée pour le secteur du transport routier que pour le résidentiel et tertiaire [32].

Dans les lieux clos, le benzène résulte à la fois des sources intérieures et du transfert de la pollution atmosphérique extérieure dont la contribution est notable dans les agglomérations et en zone industrielle. Les principales sources intérieures sont essentiellement [31] :

- les combustions domestiques pour la cuisson des aliments et le chauffage des locaux ainsi que les cheminées d'agrément (combustion du bois) ;
- le tabagisme et la combustion d'encens.

On ne peut exclure totalement une contribution des produits de construction, de décoration, d'ameublement et d'entretien ou de bricolage (diluants, solvants,...) mais celle-ci devrait normalement être faible en raison de la réglementation très restrictive qui s'applique à ce composé. En effet, le benzène est classé CMR 1 et il ne peut normalement pas se trouver dans les produits d'entretien à des concentrations supérieures à 0,1 %. Il ne doit pas entrer dans la composition des produits de construction, de décoration et

d'ameublement mais un contact de ces produits avec le benzène ne peut être totalement exclu au cours du processus de production, de stockage ou de transport.

A l'extérieur, les niveaux de pollution sont d'autant plus élevés que le bâtiment est situé en proximité immédiate du trafic routier ou en zone industrielle, par exemple au voisinage de raffineries ou d'usines utilisant le benzène comme matière première.

Dans les crèches et les écoles l'origine principale du benzène est le milieu extérieur [33].

Effets sur la santé

L'inhalation est la voie principale d'exposition au benzène : on estime que 90% de l'exposition en résulte. On évalue à 50% l'absorption du benzène par inhalation ; il est ensuite rapidement distribué dans le corps. Le benzène peut également être absorbé rapidement par voie digestive. La voie cutanée est une source secondaire d'exposition qui concerne surtout le milieu professionnel [31].

La cible du benzène est le système hématopoïétique : moelle osseuse, tissu lymphoïde, production de globules rouges, de globules blancs, de plaquettes... L'exposition au benzène peut entraîner des effets aigus et chroniques, cancérogènes ou non. Les propriétés cancérogènes du benzène sont connues depuis longtemps. Le CIRC le classe parmi les cancérogènes avérés pour l'homme (groupe 1) sur la base de leucémies observées dans des études épidémiologiques et animales depuis 1982.

Au niveau européen, le benzène est classé cancérogène de catégorie 1A « effets cancérogènes avérés pour l'homme » selon le règlement CLP et mutagène de catégorie 1B « effets mutagènes présumés pour l'homme » [34].

2.3. Le dioxyde de carbone CO₂

Présentation et sources

Le dioxyde de carbone (CO₂) est un constituant naturel de l'atmosphère où sa concentration varie de 0,03 à 0,06 % environ (vol/vol soit 300 à 600 ppm ou 0,2 à 0,4

mmHg). Sa concentration régulièrement croissante contribue à l'effet de serre [35] et à l'accélération du réchauffement climatique [36].

Le CO₂ est une substance endogène synthétisée par l'organisme via la respiration cellulaire. Cette substance est largement utilisée dans l'industrie, notamment dans la production agricole pour la conservation, le refroidissement, ainsi que pour certaines applications médicales. Il est par ailleurs un produit connu de combustion, putréfaction et fermentation.

A température ambiante et pression normale, le dioxyde de carbone (CO₂) est un gaz incolore, inodore, à saveur piquante. Le CO₂ est un composé ininflammable.

Dans les bâtiments, les émissions de dioxyde de carbone sont dues à la respiration des occupants. Les concentrations dans l'air intérieur sont habituellement entre 0,035 et 0,25 % (350 à 2500 ppm) selon l'occupation humaine et le renouvellement d'air. Les valeurs limites réglementaire ou normative de qualité du renouvellement d'air varient usuellement entre 0,1 et 0,15 % (1000 et 1500 ppm) pour les bâtiments scolaires, les bâtiments résidentiels et les bureaux, en France et au niveau international.

Effets sur la santé

Après une exposition aiguë, les premiers effets toxiques du CO₂ apparaissent très rapidement et sont principalement une acidose respiratoire (baisse du pH sanguin) et une altération des fonctions respiratoire, cardiaque et du système nerveux central. Ces effets sont réversibles après l'arrêt de l'exposition et, pour les plus faibles concentrations, constituent des mécanismes régulateurs décrits. Ils sont par ailleurs sensibles à de nombreux facteurs physiologiques : âge du sujet, état cardiovasculaire, état respiratoire, etc [37].

Pour une exposition chronique ou prolongée, considérant les concentrations les plus faibles auxquelles des effets sont observés [37]:

- à partir de 0,1% (1000 ppm) pour une exposition de quelques heures répétées sur une journée, un effet sur la performance psychomotrice (prise de décision, résolution de problèmes) est suspecté. Ce niveau est inférieur au niveau critique généralement considéré de 1% auquel l'acidose respiratoire apparaît ;

- à partir de 1%, on note une légère augmentation de la pression de CO₂ artérielle ainsi que de la pression partielle en oxygène en raison d'une hyperventilation. Une tolérance a été observée lors d'expositions prolongées, se manifestant par une amplification de l'efficacité respiratoire ;
- à 1-2%, la majorité des études rapporte des effets faibles à modérés : altération de la vision à 1% et maux de tête signalés les premiers jours d'exposition supérieure à 2%.

Les liens entre les polluants atmosphériques et différents paramètres tels que l'attention ou l'absentéisme des élèves ont été étudiés [38]. L'un des polluants les plus cités est le CO₂. Il en résulte que le passage d'une concentration de CO₂ de 1000 ppm à 2000 ppm était significativement lié à une diminution de 0,5 % des taux de présence annuelle.

D'après une étude multicentrique européenne dans les écoles, une augmentation de la fréquence de symptômes liés à l'asthme chez l'enfant peut être associée à des concentrations de CO₂ supérieures à 1000 ppm en moyenne sur une journée d'école [39]. D'autre étude ayant montré une baisse de ces symptômes associée à une baisse de 270 ppm de CO₂ suite à l'installation de nouveaux systèmes de ventilation [40].

Finalement, des corrélations entre les niveaux de dioxyde de carbone et les niveaux de formaldéhyde et de benzène ont été établies [37]. Lorsque le niveau de CO₂ est supérieur au seuil de 900 ppm, la probabilité de détecter les situations de dépassement de la valeur cible du formaldéhyde augmente de 12 % par rapport à l'ensemble des situations (gain diagnostique positif). A l'inverse lorsque le niveau de CO₂ est inférieur à 900 ppm, la probabilité de détecter les situations de respect de la valeur cible augmente de 23 % (gain diagnostique négatif). Pour le benzène, le gain par rapport à la prévalence initiale reste inférieur à 10 % dans l'ensemble des situations.

2.4. Conclusion

Le formaldéhyde et le benzène sont classés « cancérogènes certains » chez l'homme par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Comme la majorité des polluants intérieurs, l'appareil respiratoire est la voie privilégiée d'entrée pour ces deux polluants.

Chez les jeunes enfants, de faibles expositions au formaldéhyde, à long terme, ont été associées principalement à une augmentation du risque de développer des pathologies asthmatiques.

Certaines études établissent également un lien entre l'exposition au CO₂ et l'augmentation de la fréquence de symptômes liés à l'asthme chez l'enfant ainsi que la diminution de l'attention et la présence annuelle des élèves.

En effet, les impacts sur la santé d'une mauvaise QAI ne sont encore que partiellement connus et nécessitent des études supplémentaires notamment dans les établissements recevant des jeunes enfants. Il sera également intéressant d'étudier les effets sanitaires des mélanges complexes de polluants intérieurs, car en réel, les enfants sont exposés à un mélange de polluants au sein duquel les différents composés interagissent entre eux et forment par conséquent de polluants secondaire avec de différents réactions et effets de polluants primaires.

3. Surveillance de la QAI dans les crèches et les écoles de Nord - Pas de Calais

3.1. Contexte réglementaire

En France, la réglementation sur la qualité de l'air intérieur commence seulement à se mettre en place, notamment avec la loi Grenelle II (adoptée en mai 2010) portant engagement national pour l'environnement qui a acté deux engagements forts :

- rendre progressivement obligatoire la surveillance régulière de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public ;
- mettre en place un étiquetage de matériaux de construction et de décoration.

Egalement, « réduire l'exposition aux substances préoccupantes dans les bâtiments accueillant des enfants » est une des mesures phares du PNSE 2 (Plan National Santé Environnement) publié en 2009. Cet objectif a été repris dans le Plan Régional Santé Environnement 2 de Nord - Pas de Calais (PRSE2 2011-2014) en particulier dans la fiche action n°5 qui vise à « Prévenir les pollutions à l'intérieur des bâtiments recevant du public ».

En outre, les ministères de l'Environnement et de la Santé ont lancé en 2013 le Plan d'actions sur la qualité de l'air intérieur. Ce plan prévoit des actions à court, moyen et long termes afin d'améliorer la qualité de l'air dans les espaces clos, dont les écoles et les crèches. Ce plan est intégré dans le troisième Plan national santé environnement et sera décliné en région dans les plans régionaux santé environnement.

Le nouveau dispositif réglementaire 2018-2023 [41]

Les décrets 2015-1926 du 30 décembre 2015 et 2015-1000 du 17 août 2015, portant sur des exigences en matière de qualité de l'air intérieur, établissent des valeurs guides et imposent la mise en œuvre d'une démarche de prise en compte de la qualité de l'air intérieur dans certains ERP. Les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans et les écoles (maternelles et élémentaires) sont les premiers établissements concernés, ils devront être en conformité avec cette réglementation au 1^{er} janvier 2018.

La surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les crèches et établissements scolaires repose sur les principes suivants :

- d'une part, l'évaluation obligatoire des moyens d'aération de l'établissement tous les 7 ans ;
- et d'autre part, la mise en œuvre, au choix :
 - d'un plan d'actions réalisé à partir d'un bilan des pratiques observées dans l'établissement (cette évaluation est faite conformément au Guide pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillants des enfants) ;
 - d'une campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur, tous les 7 ans, par des organismes accrédités.

Les substances que doivent être mesurées sont :

- **Le formaldéhyde**, substance irritante pour le nez et les voies respiratoires, émise par certains matériaux de construction, mobilier, colles, peintures, produits d'entretien... ;
- **Le benzène**, substance cancérigène issue de la combustion (gaz d'échappement notamment) ;
- **Le dioxyde de carbone (CO₂)**, représentatif du niveau de confinement des locaux. Cependant des liens ont été mis en évidence entre une mauvaise ventilation, entraînant des taux de CO₂ élevés, et la diminution des capacités scolaires des enfants par exemple ;
- **Le tétrachloroéthylène** (ou perchloroéthylène) doit aussi être mesuré si l'établissement est à proximité immédiate d'une installation de nettoyage à sec.

Les valeurs de référence pour l'air intérieur

Le décret n° 2015-1926 du 30 décembre 2015 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public, définit des valeurs limites pour l'air intérieur pour le formaldéhyde, le benzène, le CO₂ et le tétrachloroéthylène [42].

Une valeur limite : elle désigne la valeur au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées et le préfet du lieu d'implantation de l'établissement informé.

Le tableau suivant présente ces valeurs limites :

TABLEAU 1 VALEURS LIMITES POUR L'AIR INTERIEUR

Substance	VALEUR POUR LAQUELLE DES INVESTIGATIONS complémentaires doivent être menées et pour laquelle le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé
Formaldéhyde	Concentration > 100 µg/ m3
Benzène	Concentration > 10 µg/ m3
Dioxyde de carbone	Indice de confinement = 5*
Tétrachloroéthylène	Concentration > 1 250 µg/ m3

*Un indice de confinement de 5 correspond à des pics de concentration en CO₂ élevés supérieurs à 4 000 ppm (partie par million) et à des valeurs moyennes pendant l'occupation supérieures à 2 000 ppm.

Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène, fixe les valeurs-guides pour ces deux polluants [43].

Une valeur-guide pour l'air intérieur VGAI : elle caractérise un niveau de concentration de polluants dans l'air à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné. Ce niveau est fixé, pour un espace clos donné, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine.

Le tableau suivant présente ces valeurs guides :

TABLEAU 2 VALEURS GUIDES POUR L'AIR INTERIEUR

Substance	Valeurs guides pour l'air intérieur
Formaldéhyde	30 µg/m ³ à compter du 1er janvier 2015 10 µg/m ³ à compter du 1er janvier 2023
Benzène	5 µg/ m ³ à compter du 1er janvier 2013 2 µg/ m ³ à compter du 1er janvier 2016

Pour les autres polluants, il faut se rapporter aux Valeurs Guides françaises de la qualité de l'Air Intérieur (VGAI) mises en place par l'ANSES en 2007. Ces valeurs ne sont pas contraignantes du point de vue réglementaire, elles ont un caractère indicatif et représentent des valeurs cibles à atteindre. Elles correspondent à un seuil au-dessous duquel la substance chimique ne présente supposément plus de nocivité pour la santé [44]. (Annexe 3)

A partir des VGAI de l'Anses et pour éclairer sur les niveaux de concentration, à partir desquels des actions sont à entreprendre, le HCSP (Haut conseil de la santé publique) a

publié des valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos dites « de gestion ». Elles prennent en compte les critères sanitaires, en les mettant en perspective avec les concentrations atteignables d'un point de vue technique. Le HCSP a publié ses recommandations pour le formaldéhyde (novembre 2009) [45], le benzène (juin2010) [31], le tétrachloroéthylène (juin2010) [46], le naphtalène (janvier 2012) [47] et le trichloroéthylène (juillet 2012) [48]. (Annexe 4)

Pour les concentrations en CO₂, le règlement sanitaire départemental type (RSDT) impose de ne pas dépasser la concentration de 1000 ppm, avec tolérance de 1300 ppm dans les locaux où il est interdit de fumer.

La teneur en CO₂ est représentative du niveau de confinement des bâtiments. Plus l'air est confiné, plus le niveau de CO₂ est élevé et moins bonne devrait être la qualité de l'air dans la pièce. Dans le cadre du programme de recherche de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) a proposé en 2007 un indice de confinement de l'air dans les écoles (ICONE- Indice de CONfinement d'air dans les Ecoles). Celui-ci est calculé à partir de la fréquence et de l'intensité des niveaux de CO₂ autour des valeurs seuils de 1000 et 1700 ppm (en période d'occupation normale de la salle par les enfants) [49]. Cet indice prend une valeur comprise entre 0 et 5, 0 correspondant à un confinement nul et 5 à un confinement extrême. L'indice de confinement ICONE fait partie des trois indicateurs retenus pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et lieux d'accueil de la petite enfance telle que définie dans le décret n° 2011- 1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public. L'indice ICONE peut également être calculé à partir de données issues de simulations numériques, permettant ainsi de tester rapidement la pertinence d'un grand nombre de situations de ventilation et d'en déduire les meilleures stratégies.

Le mode d'expression traduisant l'état du confinement en fonction de l'indice ICONE est présenté dans le tableau suivant.

TABLEAU 3 ÉTAT DU CONFINEMENT DE L'AIR INTERIEUR SUIVANT LA VALEUR DE L'INDICE ICONE

ICONE	État du confinement	Incertitude
0	Confinement nul	+ 0,2
1	Confinement faible	± 0,2
2	Confinement moyen	± 0,3
3	Confinement élevé	± 0,3
4	Confinement très élevé	± 0,3
5	Confinement extrême	± 0,3

3.2. Etudes dans les crèches et les écoles régionales

I. Dans le cadre de son Plan de Surveillance de la Qualité de l'Air (PSQA), ATMO N-PdC (ATMO Hauts-de-France depuis le 1^{er} janvier 2017) a réalisé, du 25 mars au 17 juin 2008, une étude à l'intérieur et aux abords de 9 écoles (maternelles et/ou primaires) et 1 crèche regroupant ainsi plus d'une vingtaine de salles de classe et lieux de vie. Cette campagne a été menée avec l'aide du Conseil Régional, de l'ADEME, de l'APPA et sous la tutelle des inspections académiques du Nord et du Pas de Calais.

Deux programmes de recherche ont participé à cette étude : l'un, mené par la Faculté de Pharmacie de Lille, concernant l'impact des polluants sur des organismes sentinelles et l'autre, par l'Ecole des Mines de Douai, associé au LEPTIAB, sur le suivi de paramètres physiques et la relation entre la ventilation et la qualité de l'air.

Les principales mesures obtenues sont la concentration en vingt COV, en neuf aldéhydes, en monoxyde de carbone, en dioxyde d'azote et la teneur de l'air en particules fines (PM10, PM 2,5 et PM1). Les paramètres de confort (dioxyde de carbone, température et humidité relative) ont aussi été surveillés afin d'évaluer la qualité du renouvellement de l'air et les conditions de température et d'humidité relative. Des questionnaires et des carnets hebdomadaires de budget espace-temps (ouvertures de fenêtres, effectifs présents, activités...) ont été complétés par les gestionnaires [33].

Le rapport publié en 2009 conclut sur la présence de pollution intérieure et recommande la mise en place de systèmes de ventilation mécanique et l'aération des locaux pendant les activités d'entretien.

En effet, les 9 aldéhydes ont été détectés sur l'ensemble des sites de mesure. Les trois aldéhydes retrouvés majoritairement sont le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et l'hexanal.

En ce qui concerne les concentrations de formaldéhyde, elles sont restées comprises entre 4 et 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une teneur moyenne globale de 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux de formaldéhyde mesurés sont bien plus élevés en air intérieur qu'en air extérieur. Les niveaux les plus élevés de formaldéhyde ont été observés à Maubeuge et particulièrement dans une salle de classe où les niveaux atteignent 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 6 établissements sur 10 présentent une forte disparité des teneurs de formaldéhyde. Seuls les établissements de Lens, de Cambrai, de Lille présentent une bonne homogénéité. On peut noter également qu'une valeur un peu plus importante de 29,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été observée dans une salle de classe de l'école de type HQE (Groupe scolaire Jean Mineur- Valenciennes), associée à des valeurs plus élevées en hexanal et en acétaldéhyde.

Egalement, presque tous les 20 COV recherchés ont été détectés sur l'ensemble des sites de mesure. Les COV retrouvés majoritairement ou en concentrations importantes étaient : l'alpha-pinène et le limonène, le 2-butoxyéthanol, le 1-méthoxy-2-propanol, le 1,2,4-triméthylbenzène, le n-décane, le n-undécane et le tétrachloroéthylène.

Pour le benzène, il a été détecté sur l'ensemble des écoles investiguées. Les concentrations sont restées comprises entre 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A l'école de Cambrai, les teneurs les plus importantes en benzène ont été retrouvées pour une salle donnée (2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Leur origine a été liée à la pollution automobile générée à l'extérieur, qui pénétrerait au sein du bâtiment.

Pour chaque établissement, les poussières en suspension prélevées ont présenté des concentrations maximales lors des activités de ménage, aux heures de récréations, de début et de fin de classe.

De plus, les résultats des mesures ont montré que la moitié des établissements n'offrent pas un bon taux de renouvellement d'air. Le taux moyen de CO_2 sur la semaine, en période d'occupation, est ainsi supérieur au seuil de 1 000 ppm. Le taux de dioxyde de carbone le plus élevé, en moyenne comme en valeur maximale, a été relevé dans l'école de Marquise (1577 ppm en moyenne). Seules les écoles de Seclin, Cambrai et Liétres ont des valeurs moyennes de l'ordre de 600 à 700 ppm. Les écoles de Lille et Saint-Pol sur Mer présentent des valeurs légèrement inférieures au seuil de 1 000 ppm.

II. Dans le cadre d'un travail collaboratif, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) a souhaité associer les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) à la campagne nationale de mesures dans les écoles et crèches. Cette campagne nationale d'expérimentation, inscrite dans les engagements du projet de loi « Grenelle 2 » et dans les priorités du 2ème Plan National Santé Environnement 2009-2013, a visé à mieux connaître les polluants auxquels les enfants peuvent être exposés en vue de mettre en œuvre des mesures de gestion appropriées. L'étude a concerné au total 300 écoles et crèches françaises entre 2009 et 2011.

ATMO N-PdC, en tant qu'Association Agréée de la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), a mis en œuvre la campagne pilote nationale de surveillance dans 15 établissements de la région soit 5 crèches, 5 écoles maternelles et 5 écoles primaires. Les mesures portant sur le taux ambiant en formaldéhyde, en benzène et sur le niveau de confinement des pièces ont commencé le 14 septembre 2009 et se sont terminées le 04 juin 2010 [50].

Les résultats des mesures ont mis en évidence une présence de formaldéhyde et de benzène dans l'ensemble des établissements.

En ce qui concerne le formaldéhyde, les concentrations moyennes sont restées comprises entre 10 et 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour l'ensemble de la région, la valeur moyenne était de 19.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 13 établissements sur 15 ont présenté une concentration en moyenne inférieure à la valeur repère de la qualité de l'air fixée par le Haut Conseil de Santé Publique (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2009 et 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2010). Au sein d'un même établissement, l'écart entre les valeurs peut être très variable de 1.5 à 28.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lié d'une part à la variabilité saisonnière et d'autre part à la variabilité spatiale. Les teneurs les plus élevées ont été pour plus de 90 % des établissements plus élevées en période estivale, en lien avec la saisonnalité du formaldéhyde.

Pour le benzène, les concentrations moyennes sont restées comprises entre 1.5 et 4.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur maximale s'élève à 12.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour l'ensemble de la région, la valeur moyenne est légèrement supérieure à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI 2016). 7 établissements sur 15 présentent une concentration en moyenne inférieure ou égale à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Au sein d'un même établissement, l'écart entre les valeurs peut être très variable de 0.3 à 10.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lié d'une part à la variabilité saisonnière et d'autre part à la variabilité spatiale. Les teneurs les plus élevées ont été pour 80 % des établissements plus élevées en période hivernale, en lien

avec la saisonnalité du benzène. Les concentrations supérieures pour la période estivale concernent 3 établissements avec une différence faible inférieure à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'ensemble des établissements ont présenté un confinement généralement élevé. La valeur médiane régionale s'établit à 3, correspondant à un confinement élevé. Un établissement relève un indice de confinement faible (ICONE égal à 1). 2 établissements relèvent au moins pour une salle de classe un indice de confinement très élevé (ICONE égal à 4). Aucun établissement ne présente de confinement extrême (ICONE égal à 5). Un écart entre les valeurs des pièces d'un même établissement est remarqué pour l'ensemble des sites. Cet écart s'explique par une différence dans l'aération et dans le taux d'occupation de chaque salle.

III. L'Association Santé Environnement France (ASEF) a réalisé de février à mars 2009, une mesure de la concentration en phtalates, benzène et formaldéhyde au sein de 9 crèches de France dont une à Villeneuve d'Ascq. La crèche « 1, 2, 3 soleil » était le seul établissement dit « écologique » parmi les 9 témoins et s'est révélée être exemplaire puisque les taux mesurés au sein de cet établissement étaient faibles. Cette crèche Haute Qualité Environnementale a en effet mis en œuvre des actions de prévention par l'utilisation de produits labélisés « ecolabel », de meubles en bois massif, de jouets en bois et d'une isolation en paille [51].

IV. L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) et SEPIA-Santé ont établi un programme d'étude anonyme sur le comportement à l'ouverture des fenêtres : cette étude a été menée par auto-questionnaire au cours de l'hiver 2010 auprès de 2000 écoles et 1000 crèches collectives de France dont des établissements d'enseignements et lieux d'accueil de la petite enfance du Nord - Pas de Calais [16].

Cette étude a fait un état des lieux des moyens de ventilation et des freins à l'aération au sein de 9 écoles maternelles, 2 écoles élémentaires, 18 écoles primaires (maternelles + élémentaires) et 6 crèches volontaires de la région, soit 35 ERP sur un total de 172 ERP régionaux contactés.

Il en ressort que la majorité des enseignants et des personnels pratique l'aération par ouverture des fenêtres (mais aussi des portes) en hiver du fait d'odeurs intérieures, de la température trop chaude et de sensations de confinement de l'air des salles. Le temps journalier médian d'ouverture est de 30 minutes avec ou sans systèmes de VMC (présents

dans près de la moitié des salles d'activités des crèches et 11 % des salles de classe). Cette aération est faite de façon occasionnelle et selon les besoins des enseignants dans les écoles et par contre de façon fréquente et systématique dans les crèches. Les freins à l'ouverture des fenêtres les plus cités dans les deux types d'établissements sont les courants d'air, l'absence du besoin d'aérer du fait de la « bonne » perception de la qualité de l'air intérieur et la température trop froide des salles.

Les principales propositions d'amélioration retenues par le personnel sont de disposer d'une alarme lumineuse permettant de visualiser le confinement de l'air des salles, de faire participer les enfants à l'aération dans les écoles et de modifier les ouvrants à la française en ouvrants oscillo-battants pour éviter les courants d'air.

V. Une campagne nationale dans les écoles maternelles et élémentaires a été lancée en juin 2013, coordonnée par le centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), opérateur de l'OQAI. Elle vise 600 classes de 300 écoles maternelles et élémentaires tirées au sort dont 19 écoles en Pas de Calais. Un large panel de polluants chimiques (aldéhydes, composés organiques volatils et semi-volatils, dioxyde d'azote, métaux), d'agents biologiques (allergènes d'animaux, bactéries, moisissures) et de paramètres physiques (particules en masse et en nombre) sont mesurés dans l'air et/ou les poussières au sol, en complément de paramètres de confinement et de confort.

Cette campagne permettra d'obtenir des données utiles à l'évaluation des risques sanitaires et ainsi d'orienter les futures politiques publiques pour améliorer la qualité de l'environnement dans ces lieux de vie et au besoin mieux les surveiller. La collecte des données est effectuée de 2013 à 2016. L'échantillon enquêté est considéré comme représentatif du parc d'écoles françaises métropolitaines continentales. Les résultats seront diffusés sur le site internet de l'OQAI [52].

VI. La mairie de Lille est une collectivité territoriale très active sur la QAI, dans le cadre de son Agenda 21 local. Elle a lancé un projet d'amélioration de la qualité de l'air intérieur dans les crèches grâce à l'implication d'élus (pilotage politique) et de plusieurs directions (pilotage technique) : petite enfance, achats, risques urbains et sanitaires, conditions de travail, maintenance des bâtiments, conduite d'opérations et direction de l'environnement. Dès décembre 2009, cet engagement a été concrétisé par des réunions et

conseils de crèches regroupant parents et décideurs pour présenter un plan d'actions applicables aux crèches futures et existantes et aux abords des crèches.

Depuis 2012, la Ville de Lille met en œuvre le projet SCOL-AIR. Son objectif principal est l'amélioration de la qualité de l'air intérieur des écoles de la ville dans le but de protéger la santé des enfants. Cette idée fut propulsée par le Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012. Cette action est renforcée par le Plan Régional Environnement 2 qui vise à «prévenir les pollutions à l'intérieur des ERP». Depuis juin 2013, le projet SCOL-AIR est inclus dans le Contrat Local de Santé de la Ville de Lille.

Deux axes sont déclinés :

- Produire un état des lieux de la qualité de l'air intérieur dans les écoles, pour adapter les recommandations de bonnes pratiques en réalisant des campagnes de mesures atmosphériques dans 84 écoles sur la Ville de Lille (43 groupes scolaires), 8 écoles sur Hellemmes et 18 sur Lomme. Les intervenants sur cet axe sont : ATMO Hauts-de-France, CETE (centres d'études techniques de l'Équipement) ainsi qu'un bureau d'étude sélectionné par la Ville. L'échéance du diagnostic de l'ensemble des écoles lilloises est fixée pour l'année 2018 ;
- Former les acteurs du secteur scolaire pour pérenniser des actions favorables à une bonne qualité de l'air via des sessions de formation des ATSEM , agents d'entretien et animateurs sur les bonnes pratiques d'entretien des locaux ou via des animations adaptées aux enfants. Les intervenants sont : ATMO Hauts-de-France, CETE et APPA.

En 2014, la première campagne de mesures SCOL-AIR a été lancée [53]. Elle a concerné 10 écoles pilotes (maternelles et élémentaires) soit 43 salles investiguées. Des prélèvements en intérieur et en extérieur pour 20 COV, 9 aldéhydes et le NO_2 ont été effectués. Les paramètres de confort (dioxyde de carbone, température et humidité relative) ont aussi été surveillés.

Les résultats des mesures révèlent des concentrations en NO_2 plus élevées à l'extérieur qu'à l'intérieur des établissements avec une corrélation entre le niveau de pollution extérieur/intérieur.

Les concentrations en COV étaient 2,5 fois plus en intérieur qu'en extérieur. Les substances majoritairement présentes sont : le limonène, l'alpha-pinène, le n-acétate-butyle, le toluène et le xylène. (Figure 1)

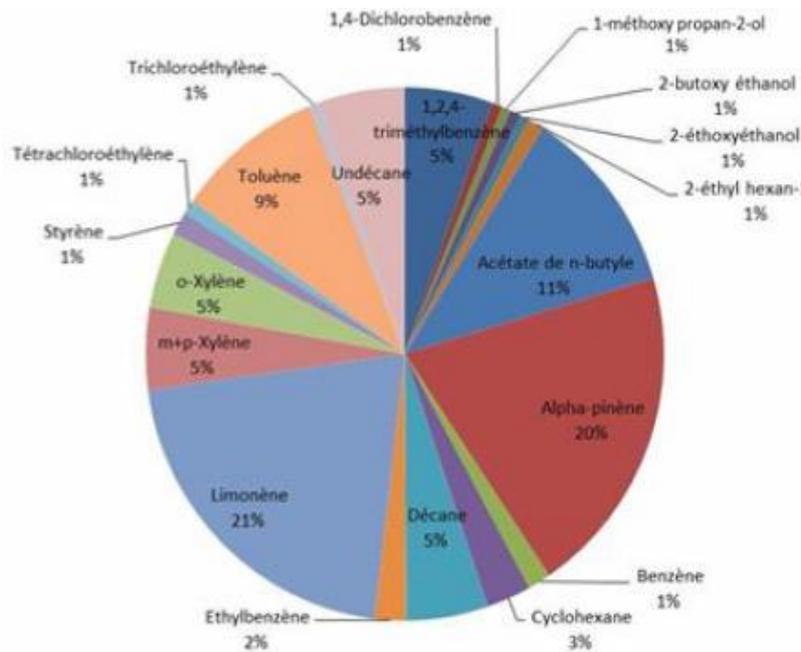


FIGURE 1 LES COV MAJORITAIRES – SCOL-AIR 2014

Pour le benzène, les concentrations respectent la VGAI 2016 de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Une corrélation avec le niveau de pollution extérieure a été établie. (Lorsque l'établissement est en zone impactée par la pollution extérieure, le niveau de benzène mesuré en intérieur est plus élevé).

En ce qui concerne les aldéhydes, les concentrations relevées sont plus élevées en été qu'en hiver. Les substances majoritaires sont : le formaldéhyde, l'hexaldéhyde et le butyraldéhyde. Parmi les dix écoles investiguées, trois ont montré des dépassements de la Valeur Guide 2015 ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pour le formaldéhyde dans au moins une salle et parfois plusieurs, une école a montré des concentrations en formaldéhyde comprises entre 20 et $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans au moins une salle et 6 écoles avaient des concentrations comprises entre 10 et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Egalement, quartes écoles maternelles sur cinq présentent un confinement élevé à très élevé dans les dortoirs. Les établissements avec IC de 4 et 5 sont en proportion plus élevés sur SCOL-AIR en comparaison à l'échelle nationale (campagne pilote écoles OQAI). Une corrélation entre la présence d'une ventilation et/ou les pratiques d'aération et l'indice de confinement a été établie. L'ouverture de fenêtres pendant 20 minutes abattent les concentrations en CO_2 de moitié. (Figure 2)



FIGURE 2 CONCENTRATION EN CO₂ – SCOL – AIR 2014

Ensuite, une deuxième campagne de mesures a été démarrée en 2015 [54]. Cette fois elle a visé 11 crèches, 8 centres multi accueil, 3 halte garderies et 10 écoles maternelles. Des mesures en benzène, formaldéhyde, NO₂ et CO₂ ont été effectuées à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments en période froide et en période chaude.

Les concentrations en NO₂ mesurées dans les écoles maternelles sont plus élevées à l'extérieur qu'à l'intérieur des établissements avec une corrélation entre le niveau de pollution extérieur/intérieur.

Les concentrations en formaldéhyde dans les écoles sont majoritairement en dessous la VGAI 2015 de 30 µg/m³, néanmoins toutes les écoles dépassent la VGAI 2023 de 10 µg/m³ (figure 3). Cependant, pour l'école Rachel Lempereur (quartier Lille Sud), des valeurs anormalement élevées ont été détectés cela a nécessité la mise en place d'une campagne de mesure pour identifier la ou les sources d'émissions. Les cubes de décoration, les plafonds, les murs et le sol ont été principalement mis en cause.

Formaldéhyde

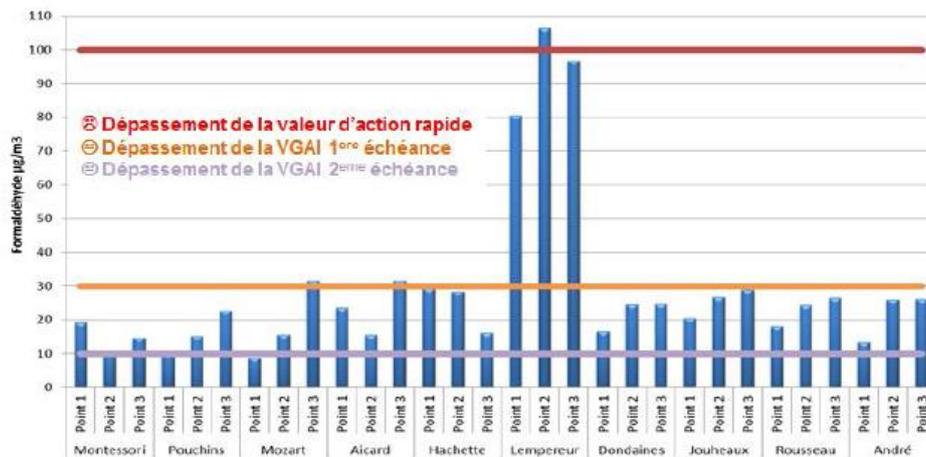


FIGURE 3 CONCENTRATIONS EN FORMALDEHYDE POUR LES 10 ECOLES MATERNELLES- SCOL-AIR 2015

Toutes les écoles maternelles respectent la VGAI 2015. Des niveaux de benzène proche de 1 µg/m³ ont été détectés en intérieur comme en extérieur. (Figure 4)

Benzène

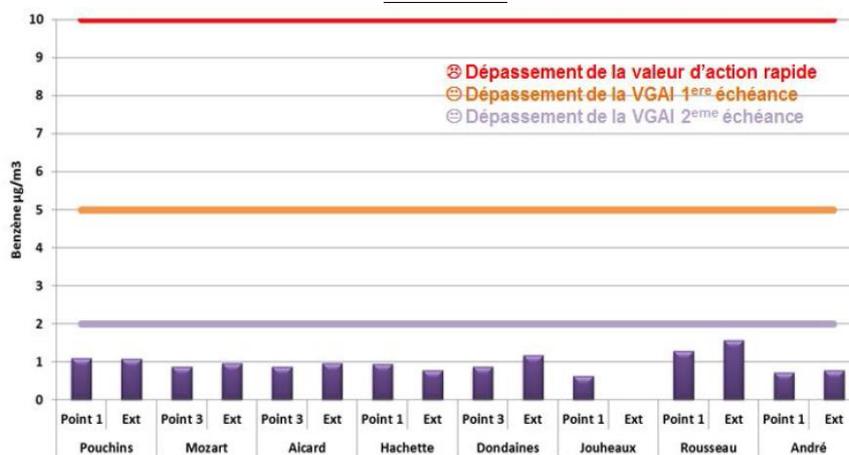


FIGURE 4 CONCENTRATIONS EN BENZENE-SCOL-AIR 2015

Les indices de confinement les plus élevés se retrouvent systématiquement dans les dortoirs (logique par rapport au type d'occupation de ces salles). Les écoles Jouheaux et Mozart montrent un niveau de confinement particulièrement élevé. (figure5)

Dioxyde de carbone – Indice de confinement

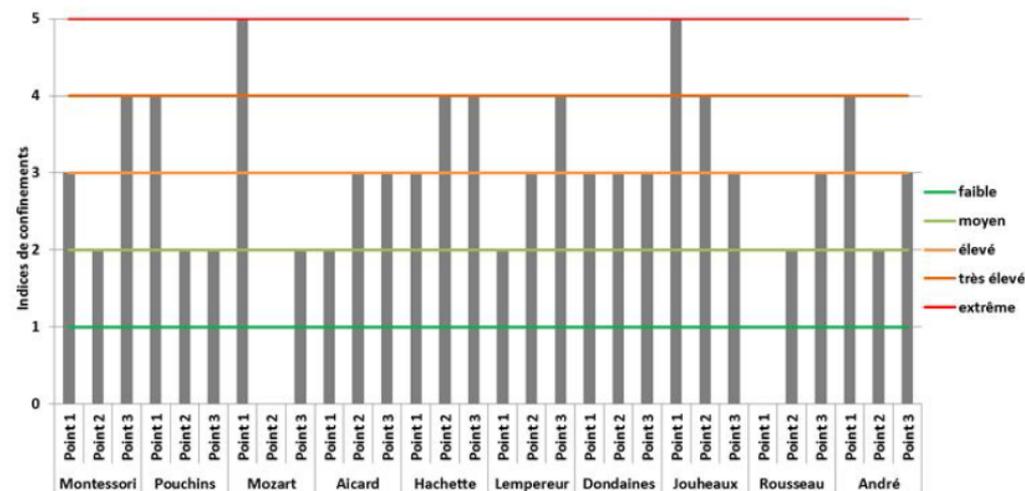


FIGURE 5 INDICE DE CONFINEMENT, SCOL-AIR2015

En 2016, 11 nouvelles écoles (7 maternelles et 4 élémentaires) ont été sélectionnées [55]. Les mesures en intérieur et en extérieur ont été effectuées également avec un diagnostic des moyens d'aération sur toutes les classes ou sur un échantillon.

Il en ressort que les concentrations formaldéhyde sont plus élevées en période chaude qu'en période froide. Les écoles ne présentent aucun cas de non-conformité au regard de la VGAI 2015, toutefois presque toutes les concentrations dépassent la VGAI 2023 (figure6).

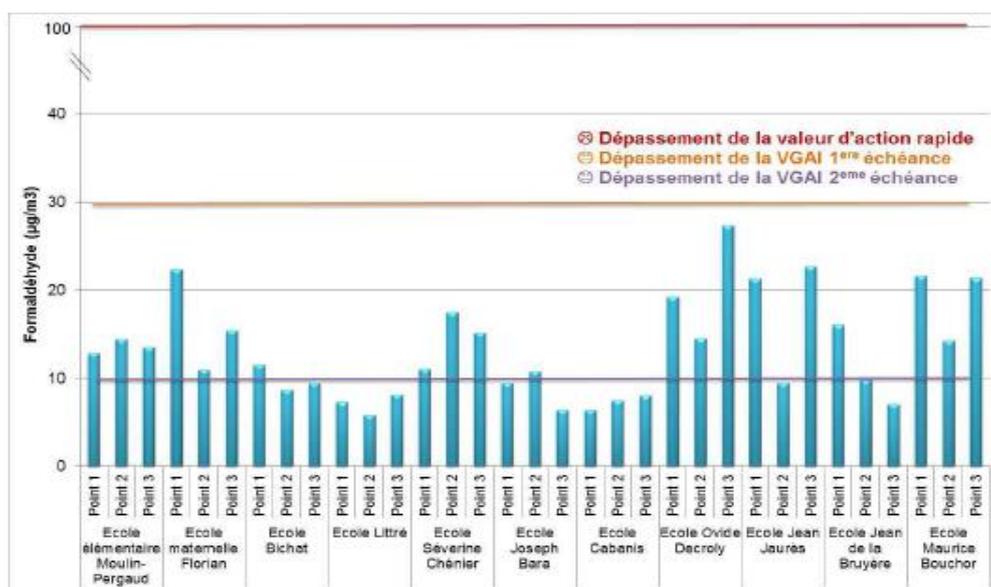


FIGURE 6 CONCENTRATIONS MOYENNES EN FORMALDEHYDE POUR LES 11 ECOLES DE SCOL-AIR 2016

Egalement pour le benzène, aucunes écoles ne dépassent pas la VGAI 2015. Des niveaux de benzène entre 1 et 2 µg/m³ ont été mesurés en intérieur comme en extérieur. Les concentrations sont plus élevées en période froide (Figure 7)

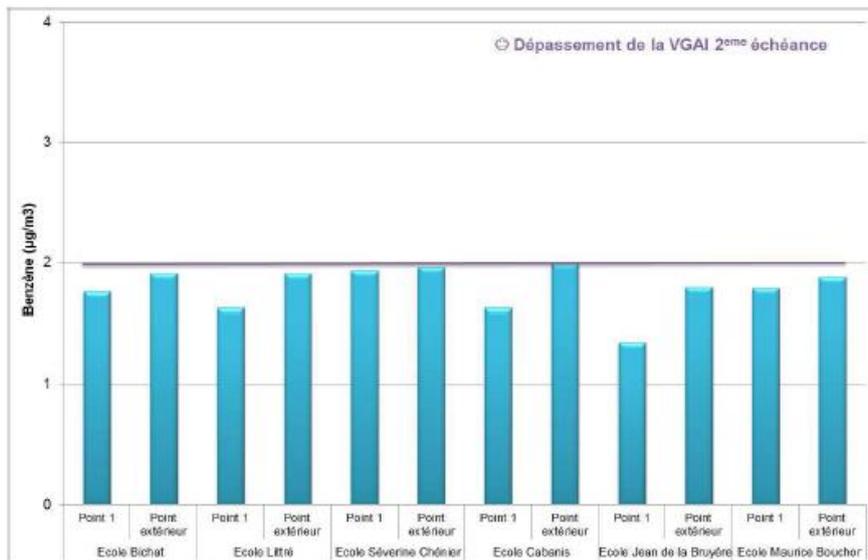


FIGURE 7 CONCENTRATIONS MOYENNES EN BENZENE-SCOL-AIR 2016

Plus de cinq écoles sur onze présentant des niveaux de confinement très élevés voir extrême dans les dortoirs ou les salles de classe. (Figure 8)

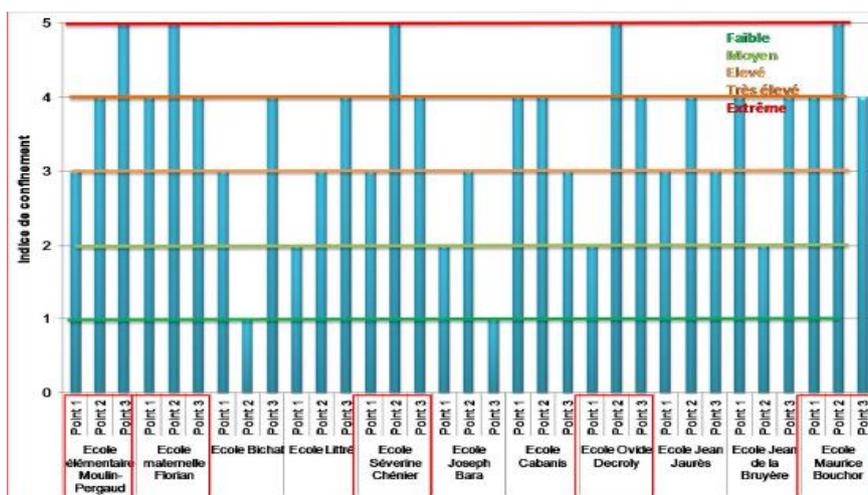


FIGURE 8 INDICE DE CONFINEMENT, CAMPAGNE HIVERNALE, SCOL-AIR 2016

VII. Le Programme National de Recherche sur les Perturbateurs Endocriniens (PNRPE) a financé des travaux de recherches sur la "contamination de l'air ambiant par les perturbateurs endocriniens en Ile-de-France et caractérisation d'effets toxiques associés". Ces travaux, pilotés par un laboratoire de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes rattaché à l'UMR METIS 7619 (Paris), avaient pour objectif de caractériser les niveaux de contamination de dix groupes de perturbateurs endocriniens (60 molécules) dans l'air extérieur et intérieur dans la phase particulaire et la phase gazeuse et de caractériser la toxicité de ces deux matrices. Ce projet a répondu aux objectifs fixés et a permis de définir des méthodologies de prélèvement en air intérieur et extérieur.

En partenariat avec l'UMR METIS (UPMC/CNRS/EPHE) de Paris et avec le soutien du Conseil Régional de Picardie, Atmo Picardie a réalisé du 29 janvier au 2 décembre 2015 un état des lieux de la contamination en PE dans l'air sur 7 sites de mesures, situés dans des milieux extérieurs et intérieurs de la région d'Amiens.

Dans la continuité de cette étude, et avec le soutien financier du Conseil Régional, Atmo Hauts-de-France a mené une seconde campagne de mesures du 9 mai 2016 au 3 mars 2017, sur les départements du Nord et du Pas-de-Calais. Deux sites de mesures intérieurs dont une école maternelle située à Marly et trois extérieurs, sur les communes de Lille et de Marly, ainsi qu'un site de référence en milieu rural à Campagne-lès-Boullonnais ont ainsi été étudiés, à chaque saison sur des périodes de 6 semaines.

71 échantillons ont été prélevés et 8 familles de molécules ont été étudiées : Plastifiants (7 phtalates et bisphénol A), Muscs synthétiques (galaxolide© et tonalide©), Tensio-actifs (6 alkylphénols), Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (16 HAP), Pesticides (DEET, cyperméthrine, deltaméthrine et lindane), Conservateurs (4 parabènes et triclosan), Organochlorés (19 PCB) et chlorobenzènes (HCB et PeCB), Retardateurs de flamme (8 PBDE, HBCD et TBBPA) [56].

Les résultats des mesures dans l'école maternelle montrent que les phtalates sont les contaminants les plus abondants suivis du galaxolide©, du tonalide©, puis des HAP et alkylphénols. En comparaison avec l'autre site intérieur « Bureaux » le site « Ecole » présente plus de HAP, de tonalide©, d'alkylphénols éthoxylates, de PCB indicateurs et de lindane. (figure9)

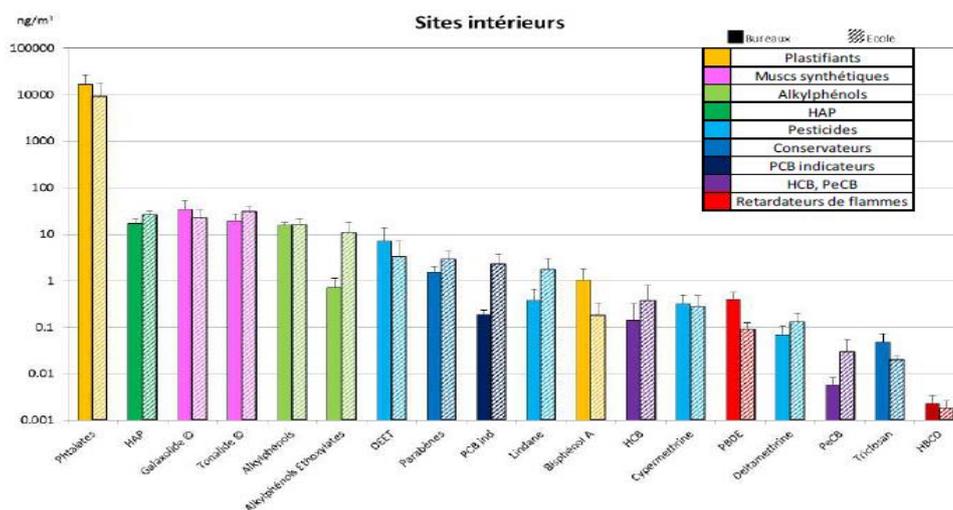


FIGURE 9 HIERARCHISATION DES CONCENTRATIONS EN CONTAMINANTS PAR FAMILLE ET PAR ACTIVITE – SITES INTERIEUR

Egalement, lorsque l'on compare la crèche de Picardie (site « Petite Enfance ») avec l'école maternelle du Nord, les différences sont très marquées pour plusieurs composés sur le site « Ecole » : le lindane et l'HCB (respectivement 860 fois et 24 fois plus présents), le PeCB (20 fois plus) et les PCB indicateurs, cependant dans des concentrations infimes. Les phtalates, les alkylphénols éthoxylates, les HAP et le tonalide© sont également relativement plus abondants. Néanmoins, parmi les composés majoritaires, le site « Ecole » présente une concentration plus faible en galaxolide© et en alkylphénols. Il est également moins exposé que le site « Petite Enfance » aux insecticides (DEET, cyperméthrine et deltaméthrine), aux conservateurs (parabènes et triclosan), ainsi qu'au bisphénol A. (figure 10)

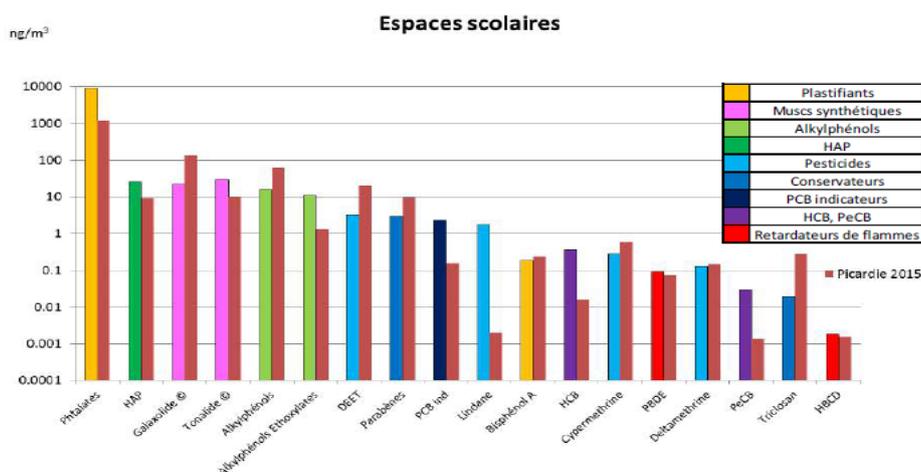


FIGURE 10 COMPARAISON DES SITES SCOLAIRES - SITES INTERIEURS EN HAUTS-DE-FRANCE (2016/2015)

Pour le site « Ecole », en comparaison avec le site extérieur « Industriel », les écarts de concentrations de ces molécules sont moins marqués qu'entre le site « Bureaux » et le site « Urbain ». Pour les phtalates et les parabènes, les concentrations intérieures sont de l'ordre de 5 à 35 fois supérieures à celles relevées en extérieur. Ces proportions varient de 35 à 45 fois pour les muscs synthétiques (tonalide© et galaxolide©) et pour les 4 principaux HAP (phénanthrène, fluoranthène, acénaphène et acénaphylène), les concentrations intérieures sont 2 à 3 fois plus importantes. Pour les autres composés, ils sont globalement plus présents en air intérieur ou dans des niveaux assez proches de ceux relevés dans l'air extérieur.

Des différences saisonnières ont été également observées pour plusieurs composés : les parabènes et PCB qui présentent des concentrations corrélées avec l'augmentation des températures, le DEET (produit répulsif contre les insectes) qui dépend d'usages saisonniers et les concentrations en HAP qui sont plus élevées en automne et en hiver, en lien avec le chauffage résidentiel et tertiaire et le trafic routier.

3.3. Conclusion

En 2018, les crèches et les écoles (maternelles et élémentaires) devront être en conformité avec les nouvelles réglementations relatives aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans ces établissements.

Les recherches bibliographiques nous ont permis de recenser certain nombre de crèches ou d'écoles régionales qui font l'objet d'une surveillance de la qualité de l'air intérieur.

En effet, différents acteurs tels que l'OQAI, ATMO Hauts-de-France, APPA, faculté de pharmacie, ADEME et la ville de Lille ont participé à la réalisation de plusieurs études sur la QAI dans ces établissements. Ces études sont le plus souvent limitées à quelques indicateurs de pollution tels que les COV et le formaldéhyde, le benzène, le NO₂ ou le CO₂.

L'ensemble des études relève que le formaldéhyde est le composé majeur des aldéhydes mesurés dans l'air intérieur des crèches et des écoles régionales. Les concentrations en formaldéhyde étaient plus élevées à l'intérieur des salles qu'à l'extérieur. Plusieurs établissements ont montré des dépassements de la Valeur Guide 2015 (30 µg/m³) pour le formaldéhyde. Toutefois, presque tous les établissements étudiés montrent des valeurs dépassant la VGAI 2023 fixée à 10 µg/m³.

La VGAI pour le benzène ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été respectée dans la majorité des établissements régionaux. Les concentrations étaient plus élevées en extérieur qu'en intérieur.

Nous avons pu constater également que la majorité des crèches et écoles présentent des niveaux de confinement élevés. Les indices de confinement les plus élevés ont été retrouvés dans les dortoirs ou dans les salles de classe. Une corrélation entre la présence d'une ventilation et/ou les pratiques d'aération et l'indice de confinement a été établie.

Pour ces polluants, des différences de concentrations ont pu être mises en évidence :

- Entre établissements, liées aux émissions des bâtiments, aux activités, à la ventilation, ...
- Entre les pièces d'un même établissement, liées aux activités des occupants et aux habitudes d'aération,
- Entre les 2 périodes de l'année, liées à la saisonnalité des polluants.

L'étude sur les PE dans l'école maternelle du Nord a montré que les phtalates sont les substances les plus abondantes. Elles sont suivies des muscs synthétiques, des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et des alkylphénols.

En perspective, il serait utile de mieux identifier les principales sources d'émissions ponctuelles et/ou saisonnières de composés majoritaires. Il sera également intéressant que les études à venir prennent en compte un panel de polluants de l'air intérieur plus large et un nombre d'établissements plus représentatif.

4. Guides et perspectives

4.1. Guides françaises

4.1.1. Guides de la QAI dans les écoles et les crèches

Guide pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants 2016 [57]

Ce guide est un outil élaboré avec l'appui de l'INERIS, qui a pour but de fournir une aide opérationnelle aux différentes catégories d'intervenants dans les établissements qui accueillent des enfants afin d'engager une démarche pro-active et coordonnée d'amélioration de la qualité de l'air intérieur (QAI). Son utilisation vise à identifier rapidement des actions vertueuses sur la qualité de l'air intérieur via des grilles d'auto-bilan des pratiques observées et d'identification préliminaire des sources potentielles présentes dans ou autour de l'établissement.



Il s'appuie sur les connaissances rassemblées dans des documents de référence sur l'évaluation, la gestion et l'amélioration de la qualité de l'air ainsi que le retour d'expérience de la campagne pilote de surveillance de la QAI dans les écoles et les crèches (2009-2011). Il s'organise autour de quatre grilles d'autodiagnostic, dédiées à certaines catégories d'intervenants dans l'établissement :

- Équipe de gestion de l'établissement (direction, mairie ...)
- Services techniques en charge de la maintenance de l'établissement
- Responsable des activités dans la pièce occupée par les enfants (enseignant, puéricultrice ...)
- Personnel d'entretien des locaux

Chacune de ces grilles est organisée selon différentes thématiques afin de couvrir différentes sources ou pratiques qui peuvent dégrader la QAI.

Elles permettent d'identifier des bonnes pratiques à mettre en œuvre ou des points de vigilance à avoir, ainsi que des supports documentaires permettant d'aller plus loin dans le diagnostic.

En complément de ces grilles, deux fiches informatives sont jointes :

- Une fiche informative sur les outils métrologiques disponibles si des mesures devraient être réalisées ;
- Une fiche informative sur les bonnes pratiques à adopter lors de l'achat de produits d'entretien.

Guide d'application pour la surveillance du formaldéhyde et du benzène dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs
: Stratégie d'échantillonnage et positionnement des résultats [58]

Le Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) a été missionné, en 2008, pour élaborer des protocoles de mesure pour différentes substances pouvant faire l'objet d'une surveillance. Ces protocoles visaient à préconiser, pour chacune d'entre elles, des méthodes de prélèvement et d'analyse ainsi que des stratégies d'échantillonnage permettant de renseigner des niveaux globaux de concentrations dans les lieux concernés. Ainsi, en 2008, des protocoles ont été élaborés par le LCSQA pour la surveillance du formaldéhyde et du benzène. Dans un premier temps, ces travaux ont été consacrés aux lieux scolaires et d'accueil de la petite enfance.



La campagne nationale 2009-2011 a permis de renseigner sur un plan national les niveaux de concentrations rencontrés dans les écoles et les crèches, elle a également été l'occasion de tester en conditions réelles les protocoles élaborés en 2008 et d'optimiser, via le retour d'expérience réalisé, la méthodologie et les modalités à mettre en œuvre dans la perspective d'une surveillance à caractère réglementaire.

C'est sur cette base que ce guide a été établi, afin de fournir aux opérateurs de la surveillance un référentiel pour le formaldéhyde et le benzène concernant la stratégie d'échantillonnage ainsi que le positionnement des résultats obtenus.

Guide méthodologique relatif à la conduite de mesures de second niveau en cas de dépassements des valeurs-limites. Formaldéhyde, Benzène et Perchloroéthylène 2015 : Accompagnement de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs [59]

Ce guide a pour objectif de fournir des éléments utiles à la conduite de mesures de second niveau en cas de dépassement des valeurs-limites, notamment en termes de recherche de sources des substances incriminées. Il se veut à la fois une aide pour le propriétaire/exploitant de l'établissement potentiellement concerné, mais également un appui méthodologique à l'attention des organismes techniques susceptibles d'être impliqués.



Ces éléments s'appuient sur le retour d'expérience de la gestion des cas de dépassement de la campagne pilote de surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et crèches (2009-2011), diligentée et financée par le ministère chargé de l'environnement, en lien avec les ministères chargés de la santé et de l'éducation nationale.

Les éléments méthodologiques proposés dans ce guide sont déclinés en 2 parties distinctes dans la suite du document afin de tenir compte des spécificités de chaque approche (#1 ou #2) :

- PARTIE ❶ : mesures de second niveau dans le contexte de l'approche #1 - surveillance de la QAI représentative de l'ensemble de l'établissement conformément au LAB-REF 30 ;
- PARTIE ❷ : mesures de second niveau dans le contexte de l'approche #2 - mise en œuvre du Guide Pratique pour une meilleure QAI dans les lieux accueillant des enfants.

La mallette écol'air : Les outils pour une bonne gestion de la qualité de l'air dans les écoles 2011 [60]

Elle est destinée aux services techniques des collectivités, des bureaux d'études (pour un diagnostic simplifié), aux services « achats » des collectivités, aux personnels d'établissement, notamment en charge de l'entretien, aux directeurs, aux enseignants afin qu'ils puissent prendre les décisions adéquates pour améliorer la qualité de l'air intérieur dans leurs écoles.



Ecol'air, édité par l'ADEME et développé en collaboration avec ATMO France – AIRNORMAND et ATMO PACA (Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air) offre, à travers une série de guides et de fiches pratiques, des solutions qui permettent d'améliorer la qualité de l'air intérieur dans les établissements scolaires et de limiter les risques sanitaires.

Concrètement, il s'agit d'une pochette « Ecol'air — Un établissement qui respire, c'est bon pour l'avenir les outils pour une bonne gestion de la qualité de l'air dans les écoles » qui contient :

- un guide de diagnostic simplifié des installations de ventilation dans les écoles ;
- un guide d'achat et d'utilisation des produits d'entretien pour une meilleure qualité de l'air ;
- un cahier de recommandations pour la prise en compte de la qualité de l'air intérieur dans les opérations de construction et de réhabilitation des écoles ;
- un poster écol'air – Tous concernés par une meilleure qualité de l'air intérieur !!! ;
- quatre fiches pratiques.

4.1.2. Guides de la QAI dans les ERP

Ces guides ne sont pas spécifiques des écoles ou des crèches. Toutefois, les responsables de ces établissements pourront sans doute s'inspirer, pour la gestion de la QAI dans leurs établissements, des recommandations techniques et scientifiques de ces guides.

Guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public 2010 [61]

La Direction générale de la santé (DGS) a réuni en 2008 et 2009 un groupe de travail rassemblant des scientifiques et des acteurs de terrain, en vue d'établir des lignes de conduite à destination des responsables d'établissement. Ce groupe a travaillé en lien étroit avec le groupe de travail sur les syndromes collectifs inexplicables et a produit ce "Guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public".



Ce guide est destiné d'une part, aux responsables d'ERP (partie A) et, d'autre part, aux personnes chargées de la QAI au sein des établissements (parties A et B).

Sa lecture ne nécessite pas une culture scientifique étendue : elle incite cependant le lecteur à se construire un niveau de connaissance minimum nécessaire à une bonne gestion de la QAI.

Ce guide sera également utile à tous les autres acteurs dits "du premier cercle", notamment aux experts impliqués dans la gestion de terrain, comme les opérateurs de la surveillance et de repérage.

Les acteurs locaux dits du "second cercle" (par exemple : préfet, ARS, parents/professeurs, etc.) peuvent s'en inspirer dans le cadre des actions de sensibilisation à la QAI et d'appui technique aux exploitants locaux lors de la préparation de campagnes de mesure et/ou de gestion des résultats.

Il comporte deux parties :

- **la partie A** : présente les différentes étapes nécessaires à la gestion de la QAI au sein d'un ERP sans détailler les spécifications techniques ;

- **la partie B** : répond aux besoins techniques et opérationnels nécessaires à la gestion de la QAI au sein de l'établissement. Elle s'adresse plus particulièrement au référent QAI et à l'équipe QAI.

Guide de diagnostic et de prise en charge des syndromes collectifs inexplicables **2010 [62]**

Ce guide, publié par la direction générale de la santé (DGS) et l'Institut de veille sanitaire (InVS), vise à apporter une aide à l'investigation et à la gestion technique de tous les phénomènes épidémiques non infectieux survenant dans des collectivités pour lesquels une origine environnementale est suspectée. Il propose les principes d'action pour guider l'évaluation et la gestion de ce type de situation, permettant d'éviter quelques pièges et d'apporter des solutions. La nécessité d'un travail interdisciplinaire a notamment été identifiée pour mieux appréhender les incertitudes présentes.



Les cibles du guide sont entendues comme les personnes amenées à mettre en œuvre le contenu du guide. Ce sont :

- les Cellules de l'InVS en région (Cire) ;
- les Agences régionales de santé (ARS) ;
- les laboratoires d'expertise environnementale ;
- les services déconcentrés des ministères chargés du Travail, de l'Écologie et de l'Éducation nationale ;
- les services communaux d'hygiène et de santé ;
- les centres antipoison et de toxicovigilance.

Guide de la pollution de l'air intérieur : Tous les bons gestes pour un air intérieur plus sain 2009 [63]

Le ministère en charge de la santé et l'Inpes (Institut national de prévention et d'éducation pour la santé) ont élaboré, avec la collaboration du ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, une plaquette d'information, à destination du grand public, sur la pollution de l'air intérieur.



Elle contient trois parties essentielles :

- D'où vient la pollution de l'air intérieur ?
- Que faire pour réduire la pollution de l'air intérieur ?
- Femmes enceintes et nourrissons

4.2. Perspectives pour une meilleure qualité de l'air à l'intérieur des crèches et des écoles en N-PdC

Des progrès notables ont été réalisés, ces dernières années, sur l'amélioration de la qualité de l'air à l'intérieur des établissements recevant de jeunes enfants en France. Aujourd'hui la France est parmi les pays qui font de la qualité de l'air intérieur une préoccupation forte. Nous disposons actuellement de différentes réglementations, valeurs de références, guides de gestion ou de prévention et de plusieurs études nationales ou régionales sur la QAI. Toutefois, beaucoup reste à faire afin d'en garantir une meilleure qualité d'air pour nos petits.

Dans la partie suivante nous allons proposer quelques pistes d'amélioration ou d'action à mener dans les crèches et les écoles régionales.

4.2.1. Renforcer la réglementation

Comme mise en évidence dans la partie 3.1, la loi établit des valeurs guides et impose la mise en œuvre d'une démarche de prise en compte de la qualité de l'air intérieur dans les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans et les écoles. Toutefois, il n'existe aujourd'hui de valeurs réglementaires, exprimées en niveau de

concentration dans l'air intérieur, que pour deux substances (le formaldéhyde et le benzène), il est donc nécessaire d'améliorer la connaissance de différents polluants de l'air intérieur en conduisant des études sur les établissements d'accueil de la petite enfance, et aussi, de remettre en question - en permanence - les valeurs guides établies (car l'exposition longue aux polluants intérieurs -même à des traces- peut impacter la santé).

Egalement, selon la réglementation, les fabricants doivent afficher les niveaux d'émission en polluants volatils de tous les produits de construction et de décoration. Les produits concernés par cette réglementation sont les produits de construction ou de revêtements de parois amenés à être utilisés à l'intérieur des locaux, ainsi que les produits utilisés pour leur incorporation ou leur application (par exemple de cloisons, revêtements de sols, isolants, peintures, vernis, colles, adhésifs, etc).

Pour autant, il n'y a pas de label en France qui garantisse la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment. C'est un champ de réflexion ouvert, et aujourd'hui la recherche scientifique est suffisamment avancée pour identifier des indicateurs de qualité de l'air intérieur, qui puissent être prédits à la construction et ensuite validés une fois le bâtiment réalisé. C'est donc une perspective réaliste car tout le monde a intérêt à intégrer la qualité de l'air dans l'analyse de l'impact environnemental d'un bâtiment.

4.2.2. Mener une campagne régionale à grande échelle

Comme mise en évidence dans la partie 3.2, les crèches et les écoles régionales ayant participées à des campagnes de mesure de la qualité de l'air intérieur sont très limitées. Aucune étude n'a pour l'instant permis d'avoir une vision globale de la situation représentative de ces établissements. De plus, les études sont le plus souvent limitées à quelques indicateurs de pollution comme les COV et les aldéhydes.

Afin de mieux connaître les niveaux d'exposition aux polluants intérieurs des jeunes enfants, une campagne régionale à grande échelle pourra être menée. Les données sur les polluants pourront alors être interprétées et extrapolées tout en réduisant les biais.

Au regard des études régionales antérieurs, il sera intéressant de mesurer un certain nombre de polluants en région comme :

- les particules fines : PM2.5 et PM10 ;
- les allergènes : chats, chien, acariens ;

- les moisissures ;
- les charges bactériennes et fongiques ;
- les retardateurs de flamme.

En plus de ces polluants, les nuisances sonores et la pollution électromagnétique pourront être mesurées également dans les crèches et les écoles maternelles régionales.

4.2.3. Suivre l'exemple du projet SCOL-AIR de la ville de Lille

Comme mise en évidence dans la partie 3.2, la ville de Lille est une collectivité territoriale très active sur la QAI notamment dans les établissements d'accueil de la petite enfance. Depuis plusieurs années elle met en œuvre le projet SCOL-AIR. Son objectif principal est l'amélioration de la qualité de l'air intérieur des écoles de la ville dans le but de protéger la santé des enfants. L'échéance du diagnostic de l'ensemble des écoles lilloises est fixée pour l'année 2018.

Malheureusement, une telle démarche n'existe pas dans les autres villes de la région Nord - Pas de Calais. L'application d'une démarche similaire dans toutes villes régionales permettra de produire un état des lieux de la qualité de l'air intérieur dans les crèches et les écoles régionales et d'adapter au mieux les recommandations de bonnes pratiques pour l'amélioration de la qualité de l'air dans ces établissements.

4.2.4. S'engager dans une démarche Haute Qualité Environnementale

Certains établissements sont engagés dans une démarche visant à garantir, au-delà même de la réglementation, un espace le plus sain possible aux enfants qu'ils accueillent. La validation de leurs objectifs est souvent officiellement attestée par un label décerné par un organisme certificateur.

Cette démarche de développement durable s'applique tant lors des travaux de construction et d'aménagement de la crèche que dans son fonctionnement quotidien.

En effet, ce concept a été lancé en 2005 par Crèches 1, 2, 3 Soleil. Ce réseau de crèches d'entreprise compte déjà quinze structures d'accueil de ce type dans le Nord - Pas de Calais [64]. Elles ont été les premières à ouvrir dans des bâtiments labellisés HQE (Haute

qualité environnementale) avec triple vitrage, panneaux solaires... Et lorsqu'il n'est pas possible de construire la nouvelle crèche de A à Z, 1, 2, 3 Soleil s'emploie à rénover les bâtiments existants selon le même objectif HQE.

Cette démarche écologique implique un certain nombre de mesures en amont :

- Au niveau de l'équipement et de la structure même du bâtiment avec des revêtements de sol en linoléum naturel, des peintures murales écologiques sans solvant, des meubles en bois brut non traité et sans solvant, une VMC double-flux qui recycle l'air en continu. Un entretien mensuel des équipements est réalisé. Il est accompagné d'une feuille de suivi du protocole à respecter.
- L'ensemble du linge de maison et de la literie sont en coton bio.
- La plupart des jouets mis à disposition des enfants sont en bois, les poupées en tissus, les livres sans colle, les crayons en bois, enfin les peluches sont lavées dès réception.

Les pratiques quotidiennes poursuivent les démarches initiées en amont. Aussi, l'équipe de la crèche bénéficie d'une formation sur les valeurs écologiques de l'entreprise et sur les bonnes pratiques à suivre comme le tri des déchets, l'utilisation de certains types de produits ménagers, l'aération, etc. Au niveau de l'alimentation, la crèche fait appel à un fournisseur bio pour 20% des produits fournis et privilégie les produits frais pour les 80% restants, il n'y a pas d'utilisation de micro-ondes, que des fours à vapeur. Il est également interdit de pénétrer dans les salles en présence d'enfants avec un téléphone portable allumé afin de diminuer l'exposition aux ondes électromagnétiques.

Comme mise en évidence dans la partie 3.2, la crèche HQE « 1, 2, 3 soleil » à Villeneuve d'Ascq a montré de faibles concentrations en pollution intérieure et s'est révélée être exemplaire. L'adoption de la démarche HQE par les crèches et les écoles régionales va vraiment permettre d'améliorer la qualité de l'air dans ces établissements.

4.2.5. S'équiper des systèmes performants énergétiquement

L'installation d'un système de ventilation adapté aux locaux avec un débit de renouvellement d'air suffisant a approuvé son efficacité en réduisant les substances polluantes dans l'air intérieur.

Le renouvellement d'air comporte plusieurs contraintes pour les établissements d'accueil d'enfants. Une de ceux-ci est l'énorme dépense énergétique due au chauffage de l'air à l'extérieur. L'intérêt de s'équiper avec des centrales de traitement d'air dernière génération ou avec des systèmes qui font d'économie sur le chauffage est donc capitale.

Dans la région du Nord, il y a par exemple la société Terraotherm qui a inventé un échangeur air-eau révolutionnaire Terraao. Cela permet de récupérer l'énergie (à la fois la chaleur sensible et aussi la chaleur latente) stocké dans l'air puis restituer cette énergie récupérée en forme d'eau chaude. Cette eau chaude peut être utilisée en chauffage de l'air extérieur ou produire de l'eau chaude sanitaire.

Selon les documents publiés par Terraotherm, l'application de leur système dans une école permettra de renouveler l'air intérieur en permanence tout en recyclant l'énergie dépensée au départ et l'humidité produite par les enfants pour chauffer les locaux ou les classes.

En effet, le système Terraotherm va récupérer l'énergie stockée dans l'air vicié qui contient les polluants, l'humidité et la chaleur, et il va utiliser cette énergie pour produire de l'eau chaude. Cette eau chaude va réchauffer l'air extérieur froid avant l'envoyer vers les classes. L'économie d'énergie selon Terraotherm peut atteindre 70 % tout en permettant de renouveler l'air intérieur et en faisant d'économie sur la facture énergétique.

Tel système permet sans doute d'améliorer la qualité d'air intérieur tout en proposant une dépense énergétique tout à fait raisonnable.

4.2.6. Sensibiliser / Communiquer

La sensibilisation et l'information du personnel enseignant, d'encadrement et d'entretien à la problématique de l'air intérieur est essentielle pour qu'ils puissent mieux agir dans leurs domaines respectifs.

Egalement, la mise en œuvre d'une stratégie de communication auprès des établissements scolaires dans la région N-PdC sur le thème de la qualité de l'air intérieur permettra de partager les connaissances et de développer de supports de communication.

4.2.7. Privilégier les produits d'entretien naturels

Le nettoyage quotidien trop fréquent des salles dans les crèches et les écoles participe à la dégradation de la qualité de l'air intérieur en émettant de différentes substances toxiques.

Le remplacement de ces produits (complètement ou partiellement) par des produits issus de sources naturelles va diminuer le nombre de substances polluantes émises dans l'air, les risques de mélanges dangereux, et le nombre de produits stockés (produisant des émissions diffuses si l'étanchéité du contenant est imparfaite).

La ville de Lille a récemment effectué une expérimentation de produits naturels pour l'entretien d'une école maternelle à Fives. Les participants ont jugé dans l'ensemble que le changement de pratique est facile à réaliser. Les produits naturels utilisés ont été jugé relativement efficace malgré certains points à améliorer.

4.3. Conclusion

Les guides francises de la qualité de l'air intérieur sont de plus en plus nombreux. Ces guides sont élaborés par l'intermédiaires soit des ministères concernés, soit des associations impliquées dans ce domaine. Ils traitent de la qualité de l'air intérieur dans sa globalité ou sont spécifiques et se concentrent sur un nombre de polluants en particulier. Ils vont sans doute faciliter le déploiement d'actions d'amélioration de la qualité de l'air par les gestionnaires d'établissements et les collectivités.

En vue d'améliorer la qualité de l'air à l'intérieur des écoles et des crèches de la région Nord – Pas de Calais, des mesures à l'échelle régionale ou l'échelle de l'établissement peuvent être mis en place. Dans un premiers temps, une campagne de mesures de la qualité de l'air l'intérieur à grande échelle pourrait être mené dans ces établissements afin de mieux connaître les niveaux d'exposition aux polluants intérieurs. Au niveau des établissements, l'engagement dans une démarche écologique va garantir, au-delà même de la réglementation, des espaces plus sains aux enfants qu'ils accueillent. Egalement, l'amélioration de la QAI aujourd'hui devrait passer par l'innovation afin de mieux répondre aux différents enjeux de la QAI.

CONCLUSION

Ce mémoire s'est articulé autour de la problématique de la qualité de l'air à l'intérieur des crèches et des écoles de la région Nord – Pas de Calais. L'objectif visé par ce travail était de mieux connaître la qualité de l'air à l'intérieur des crèches et des écoles régionales, les déterminants de celle-ci et les moyens pour la préserver ou l'améliorer.

Les enfants, dont l'organisme est en pleine croissance, sont plus sensibles à la pollution de l'air que l'adulte et les effets sanitaires engendrés chez eux sont prononcés. A la crèche ou à l'école, les enfants sont exposés à des concentrations élevées en polluants intérieurs en raison de la densité d'occupation élevée, le mobilier important, le système de ventilation inexistant ou mal entretenu, et l'utilisation, parfois en quantité élevée, de produits particuliers (feutres, craies, colles..) et de produits d'entretien.

Ces polluants intérieurs sont néfastes pour la santé des enfants mais aussi pour leur concentration et leurs performances scolaires.

L'analyse des études portant sur la qualité de l'air intérieur dans les crèches et les écoles régionales a permis de dégager la présence du formaldéhyde dans l'ensemble des établissements en concentrations supérieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Certains établissements ont montré des valeurs très élevées en formaldéhyde ce qui a nécessité une recherche supplémentaire de sources intérieures. Le benzène a été détecté également dans les établissements régionaux. Les concentrations étaient la plus part de temps inférieures à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La majorité des crèches et écoles ont présenté des niveaux de confinement élevés et des taux de ventilation/aération faibles. Parmi les perturbateurs endocriniens étudiés dans l'école maternelle du Nord, les phtalates étaient les substances les plus abondantes.

Afin de maintenir un environnement sain indispensable pour l'apprentissage des enfants et accompagner les crèches et les écoles dans la mise en œuvre du nouveau dispositif de la QAI dans ces établissements, des guides françaises de la qualité de l'air intérieur ont été élaborés récemment. Ils s'adressent à tous les acteurs impliqués dans la vie de l'école/la crèche.

Des axes d'amélioration de la qualité de l'air intérieur peuvent être envisagés et des recommandations pourraient être faites afin de limiter les niveaux de polluants à l'intérieur des crèches et des écoles régionales :

- ✓ Entretien et vérifier régulièrement les systèmes de ventilation,

- ✓ Aérer régulièrement les pièces,
- ✓ Préférer des matériaux et du mobilier en bois naturel non traité et peu émissifs,
- ✓ Stocker les produits d'entretien et de bricolage dans un local ventilé et dans l'idéal non attenant au bâtiment,
- ✓ Respecter les consignes d'utilisation et privilégier l'achat de produits d'entretien faiblement émissifs tels que les produits naturels, biologiques, ou porteurs de la marque NF environnement ou de l'écolabel européen
- ✓ Limiter l'usage de produits chimiques (pesticides, COV ou autre) à l'intérieur des locaux,
- ✓ Limiter l'usage de parfums d'ambiance (surtout aérosols) qui diffusent largement dans l'air ambiant des composés irritants pour les voies respiratoires et aérer pendant l'utilisation,
- ✓ Aérer les locaux pendant ou après la réalisation d'activités manuelles et pendant et après les activités de nettoyage d'un bâtiment.

Références

1. Pierre KOPP and al, *Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur-Rapport d'étude*. Anses,OQAI,CSTB,, 2014.
2. Observatoire de la qualité de l'air intérieur. *Polluants prioritaires - Classification des polluants pour les écoles et les bureaux*. Available from: <http://www.oqai.fr/ObsAirInt.aspx?idarchitecture=182&item=183&indice=0>.
3. Nadège Thomas and al, *DIAGNOSTIC TERRITORIALISÉ DES HAUTS-DE-FRANCE-TERRITOIRES DE PROXIMITÉ*. Observatoire Régional de la Santé, 2017.
4. Observatoire national de la petite enfance, *L'acueil du jeune enfant en 2014-Données statistiques*. 2015.
5. Ministère de l'éducation nationale. *Les dispositifs passerelles : de la famille et du lieu de garde à l'école maternelle*. Available from: <http://www.education.gouv.fr/cid1963/les-dispositifs-passerelles-de-la-famille-et-du-lieu-de-garde-a-l-ecole-maternelle.html&xtmc=cregraveche&xtnp=1&xtcr=4>.
6. Ministère de l'éducation nationale, *REPÈRES & RÉFÉRENCES STATISTIQUES SUR LES ENSEIGNEMENTS, LA FORMATION ET LA RECHERCHE*. 2016.
7. EPA. *Children Are Not Little Adults!* ; Available from: <https://www.epa.gov/children/children-are-not-little-adults>.
8. William Dab, *Santé et environnement – Que sais-je ?* Presses Universitaires de France, 2012.
9. APPA. *La qualité de l'air intérieur des crèches : comprendre et agir*. 2012; Available from: <http://www.appa.asso.fr/docs/1/Fichier/39-121022055845.pdf>.
10. Grandjean Philippe, *Cerveaux en danger*. Buchet Chastel, 2016.
11. Organisation mondiale de la santé (OMS), *CHILDREN ARE NOT LITTLE ADULTS – Children's Health and the Environment – WHO Training Package for the Health Sector (Les enfants ne sont pas de petits adultes – santé des enfants et environnement – Supports de formation de l'OMS pour le secteur de la santé)*. 2008.
12. MANDIN, C., *Qualité de l'air dans les écoles : émergence d'une priorité de santé publique*. Air pur, 2005. **69**: p. 18-21.
13. Daneault S, Beausoleil M, and Messin K, *Air quality during the winter in Quebec day-carecenters*. American Journal of Public Health, 1992. **82**: p. 432-434.
14. Tranter DC, *Indoor allergens in settled school dust: a review of finding and significant factors*. Clin Exp Allergy, 2005. **35**: p. 126-36.

15. Yang, W., et al., *Indoor air quality investigation according to age of the school buildings in Korea*. Journal of Environmental Management, 2009. **90**(1): p. 348-354.
16. Guillam MT, et al., *Étude descriptive nationale sur les écoles et les crèches et leurs pratiques d'aération*. Rapport ESE-SB/2011-113, 2011.
17. Karine LE MEHAUTE-REY, *Mesures de la qualité de l'air dans 3 établissements accueillant des enfants en bas- âge, crèches et école maternelle neuves ou rénovées. Rapport d'étude 2014*. Février 2015, Air Breizh.
18. Déoux Suzanne, *Bâtir pour la santé des enfants*. 2010.
19. Bakó-Biró, Z., et al., *Ventilation rates in schools and pupils' performance*. Building and Environment, 2012. **48**: p. 215-223.
20. *Qualité de l'air intérieur au sein des crèches municipales-Repères d'aide à la gestion*. Direction Santé Publique - Handicap Service Santé Environnement de la ville de Rennes, 2014.
21. Ministère de la transition écologique et solidaire, *Étiquetage des produits d'ameublement sur leurs émissions en polluants volatils*. 2017.
22. Anses, *Substituts de phtalates dans les jouets : pas de risque mis en évidence pour la santé des enfants de moins de trois ans*. 2016.
23. WECF, *Guide WECF Jouets – Protéger les enfants en évitant les substances toxiques*. 2009.
24. Mélanie NICOLAS, Laura CHIAPPINI, and B. D'ANNA, *Activités domestiques et qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires-Rapport final*. Avril 2013.
25. Pascaline CLAIR, *LE FORMALDEHYDE, UN POISON DOMESTIQUE ?* . 2007(ASPA-07082301-ID).
26. N. Bonnard, et al., *Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES-Aldéhyde formique et solutions aqueuses Fiche toxicologique n°7*. INRS, 2011.
27. INERIS, *Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances dangereuses destinées à l'évaluation des risques, FORMALDEHYDE*. 2005.
28. Journal officiel de l'Union européenne *RÈGLEMENT (UE) No 605/2014 DE LA COMMISSION du 5 juin 2014 modifiant, aux fins d'ajouts de mentions de danger et de conseils de prudence en langue croate et aux fins de son adaptation au progrès scientifique et technique, le règlement (CE) no 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges* 2014.

29. Rumchev, K.B., et al., *Domestic exposure to formaldehyde significantly increases the risk of asthma in young children*. Eur Respir J, 2002. **20**(2): p. 403-8.
30. Chloé Greillet, et al., *Estimation de l'impact sanitaire associé à l'exposition au formaldéhyde dans les environnements intérieurs-Impact sanitaire du formaldéhyde dans les environnements intérieurs*. John Libbey-Environnement, Risques & Santé, 2016. **15**(1).
31. HCSP, *Valeurs repères d'aide à la gestion pour le benzène dans l'air des espaces clos*. 2010.
32. CITEPA, *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – Séries sectorielles et analyses étendues, Rapport d'inventaire national SECTEN*. 2017.
33. Isabelle COQUELLE and Peggy DESMETTRES, *Rapport final sur la qualité de l'air à l'intérieur et aux abords de 10 écoles et lieux d'accueil de la petite enfance du Nord-Pas de Calais du 25 Mars au 17 Juin 2008*. Avril 2009(N°01-2009-SE): p. 51.
34. Substitution-cmr, *Fiches CMR-Le benzène*. 2015.
35. Bertoni G, Ciuchini C, and Tappa R, *Measurement of long-term average carbon dioxide concentrations using passive diffusion sampling*. Atmos. Environ., 2004. **38**: p. 1625-1630.
36. Cox PM, Betts RA, and al, *Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model* Nature 408, 2000: p. 184-187.
37. Anses, *Concentrations de CO2 dans l'air intérieur et effets sur la santé Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective*. 2013.
38. Mendell MJ and Heath GA, *Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature*. Indoor Air, 2005. **15**: p. 27-52.
39. Simoni M, Annesi-Maesano I, and al, *dry cough, rhinitis and nasal patency in children*. European Respiratory Journal, 2010. **35**: p. 742-749.
40. Smedje G and Norbäck D, *New ventilation systems at select schools in Sweden – effects on asthma and exposure*. Archives of Environmental Health, 2000. **55**: p. 18-25.
41. Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie, *La surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les lieux accueillant des enfants – Le rôle des collectivités locales et des gestionnaires des structures privés. Ministères des affaires sociales et de la santé- Le nouveau dispositif réglementaire 2018-2023*.
42. Legifrance. *Décret n° 2015-1926 du 30 décembre 2015 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des*

polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public 2016; Available from: <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000031741934&categorieLien=id>.

43. Legifrance. *Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 définit des valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène*. 2011; Available from: <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024909119&categorieLien=id>.
44. Anses, *Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAi)*. 2016.
45. HCSP, *Valeurs repères d'aide à la gestion pour le formaldéhyde dans l'air des espaces clos*. 2009.
46. HCSP, *Valeurs repères d'aide à la gestion pour le tétrachloroéthylène dans l'air des espaces clos*. 2010.
47. HCSP, *Valeurs repères d'aide à la gestion pour le naphtalène dans l'air des espaces clos*. 2012.
48. HCSP, *Valeurs repères d'aide à la gestion pour le trichloroéthylène dans l'air des espaces clos*. 2012.
49. Ribéron J, et al., *Impact of airing behaviour on air stuffiness in schools and daycare centres: development of a specific tool for ventilation management. 12th International conference on indoor air quality and climate*. Indoor Air'2011, Austin (USA), 2011.
50. Isabelle COQUELLE, *Campagne nationale de mesures dans les écoles et crèches Etude à l'intérieur et aux abords de 15 écoles et crèches en Nord/Pas-de-Calais du 14/09/09 au 11/06/10*. Février 2011 (Rapport d'étude N° 05/2010/IC): p. 28 pages.
51. Audeline HOGUET and Gaëlle CHATEAU, *QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR DANS LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC : QUELLES ACTIONS EN NORD – PAS DE CALAIS ?* Air pur, 2011 (N°80).
52. Mickaël Derbez and Claire Dassonville, *Campagne nationale de l'OQAI dans les écoles (2013-2016) : enjeux et résultats attendus*. 2013.
53. Service des Risques Urbains et Sanitaires de la Ville de Lille, *Projet Scol-Air 3ème Comité de Pilotage*. 12 Janvier 2015.
54. Service des Risques Urbains et Sanitaires de la Ville de Lille, *Projet Scol-Air 4ème Comité de Pilotage*. 19 mai 2016.
55. Service des Risques Urbains et Sanitaires de la Ville de Lille, *Projet Scol-Air 5ème Comité de Pilotage*. 4 avril 2017.

56. Peggy Desmettres and Elodie Moreau-Guigon, *Perturbateurs endocriniens - Surveillance dans l'air des départements du Nord et du Pas-de-Calais 2016 - 2017*. 2017, Hauts-de-France.
57. INERIS. *Guide pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants*. 2016; Available from: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Guide-complet-QAI-web.pdf>.
58. Caroline Marchand. *Guide d'application pour la surveillance du formaldéhyde et du benzène dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs : STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE ET POSITIONNEMENT DES RESULTATS*. Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air 2012; Available from: <https://www.lcsqa.org/rapport/2012/ineris/guide-application-surveillance-formaldehyde-benzene-etablissements-enseignement>.
59. Caroline MARCHAND and Heidi CARRILHO. *Accompagnement de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs : GUIDE METHODOLOGIQUE RELATIF A LA CONDUITE DE MESURES DE SECOND NIVEAU EN CAS DE DEPASSEMENTS DES VALEURS-LIMITES FORMALDEHYDE, BENZENE ET PERCHLOROETHYLENE*. 2015; Available from: <http://www.ineris.fr/centredoc/drc-15-152439-07695a-guide-m%C3%A9thodologique-1464356257.pdf>.
60. ADEME. *La mallette éco'air : Les outils pour une bonne gestion de la qualité de l'air dans les écoles* 2011; Available from: <http://presse.ademe.fr/2012/06/ecolair-qualite-de-lair-dans-les-ecoles.html>.
61. La direction générale de la santé (DGS) and l'Institut de veille sanitaire (InVS). *Guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public- Guide pratique*. 2010; Available from: <http://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/guid0910.pdf>.
62. La direction générale de la santé (DGS) and l'Institut de veille sanitaire (InVS). *Guide de diagnostic et de prise en charge des syndromes collectifs inexplicables*. 2010; Available from: http://invs.santepubliquefrance.fr/publications/2010/syndromes_collectifs_inexpliques/Guide_InVS.pdf.
63. Inpes. *Guide de la pollution de l'air intérieur : Tous les bons gestes pour un air intérieur plus sain* 2009; Available from: http://www.cohesion-territoires.gouv.fr/publication/guide-de-la-pollution-de-l-air-interieur_2360.

64. *Site web-Crèches d'entreprises Babilou*. Consulté le 25/08/2017; Available from: <https://www.babilou.fr/familles/liste-des-creches.html>.

Table des illustrations

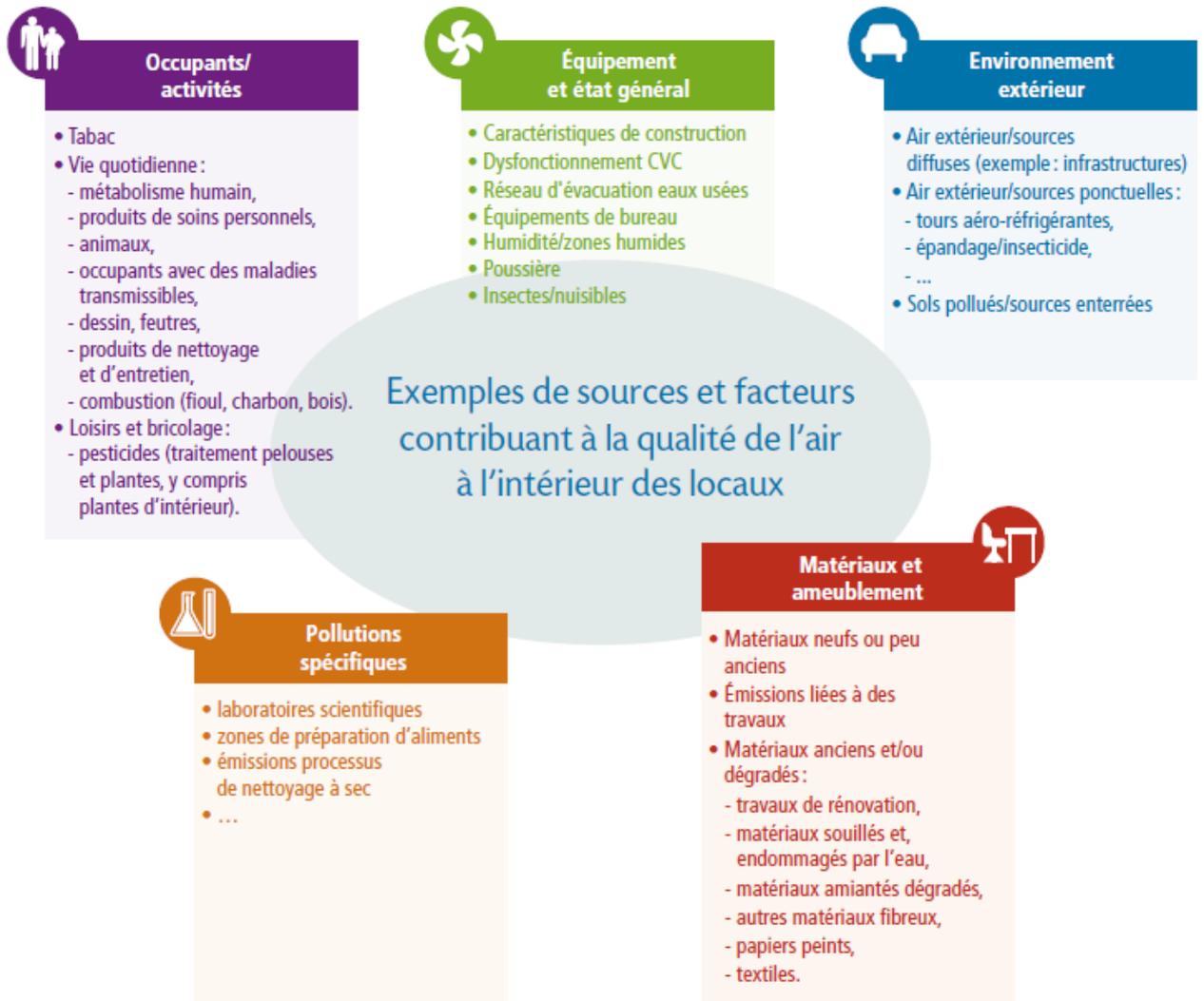
Figure 1 Les COV majoritaires – Scol-air 2014	32
Figure 2 Concentration en CO ₂ – scol – air 2014	33
Figure 3 Concentrations en formaldéhyde pour les 10 écoles maternelles- SCOL- AIR 2015.....	34
Figure 4 Concentrations en benzène-scol-air 2015.....	34
Figure 5 Indice de confinement, scol-air2015.....	35
Figure 6 CONCENTRATIONS moyennes EN FORMALDEHYDE POUR LES 11 ECOLEES de SCOL-AIR 2016	35
Figure 7 Concentrations moyennes en benzène-scol-air 2016	36
Figure 8 Indice de confinement, campagne hivernale, scol-air 2016.....	36
Figure 9 Hiérarchisation des concentrations en contaminants par famille et par activité – sites intérieur	38
Figure 10 Comparaison des sites scolaires - sites intérieurs en Hauts-de-France (2016/2015)	38

Tableaux

Tableau 1 Valeurs limites pour l'air intérieur.....	24
Tableau 2 Valeurs guides pour l'air intérieur	24
Tableau 3 État du confinement de l'air intérieur suivant la valeur de l'indice ICONE	26

Annexes

Annexe 1 : Exemples de sources et facteurs contribuant à la qualité de l'air à l'intérieur des locaux



Article 64 - Ventilation mécanique ou naturelle par conduits

64.1. Locaux à pollution non spécifique

Dans les locaux à pollution non spécifique, le débit normal d'air neuf à introduire est fixé dans le tableau ci-contre en tenant compte des interdictions de fumer. Ce débit est exprimé en m³ par heure et par occupation normale.

DESTINATION DES LOCAUX	Débit minimal d'air neuf en m ³ /h et par occupant (air à 1,2 kg/m ²)	
	Locaux avec interdiction de fumer	Locaux sans interdiction de fumer
Locaux d'enseignements :		
- Classes, salles d'études, laboratoires (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique) :		
o Maternelles, primaires et secondaires du 1 ^{er} cycle	15	-
o Secondaires du 2 ^{ème} cycle et universitaire	18	25
Ateliers	18	25
Locaux d'hébergement :		
- Chambres collectives (plus de 3 personnes), dortoirs, cellules, salles de repos... (pour les chambres de moins de 3 personnes le débit minimal à prévoir est de 30 m ³ /h par local)	18	25
Bureaux et locaux assimilés :		
- Tels que locaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de poste, banques	18	25
Locaux de réunions :		
- Tels que salles de réunions, de spectacles, de culte, de clubs, foyers	18	30
Locaux de vente :		
- Tels que boutiques, supermarchés	22	30
Locaux de restauration :		
- Cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger	22	30
Locaux à usage sportif		
- Par sportif :		
o Dans une piscine	22	-
o Dans les autres locaux	25	30
- Par spectateur	18	30

Annexe 3 : Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAI) par l'ANSES

Substances	VGAI proposées	Année de parution
Formaldéhyde	VGAI court terme : pour une exposition de 2 heures	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	10 $\mu\text{g.m}^{-3}$
Monoxyde de carbone (CO)	VGAI court terme	
	- Pour une exposition de 8 heures	10 mg.m^{-3}
	- Pour une exposition de 1 heure	30 mg.m^{-3}
	- Pour une exposition de 30 minutes	60 mg.m^{-3}
	- Pour une exposition de 15 minutes	100 mg.m^{-3}
Benzène	VGAI court terme : pour une exposition de 1 à 14 jours	30 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI intermédiaire : pour une exposition de 14 jours à 1 an	20 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	10 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI long terme : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de 10^{-6}	0,2 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI long terme : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de 10^{-5}	2 $\mu\text{g.m}^{-3}$
Naphtalène	VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	10 $\mu\text{g.m}^{-3}$
Trichloroéthylène	VGAI intermédiaire : pour une exposition de 14 jours à 1 an	800 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI long terme : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de 10^{-6}	2 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI long terme : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de 10^{-5}	20 $\mu\text{g.m}^{-3}$
Tétrachloroéthylène	VGAI court terme : pour une exposition de 1 à 14 jours	1380 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	250 $\mu\text{g.m}^{-3}$
Particules* (PM _{2.5} et PM ₁₀)	pas de VGAI proposées	/
Acide cyanhydrique (HCN)	pas de VGAI court terme proposées	/
Dioxyde d'azote (NO ₂)	VGAI court terme : pour une exposition de 1 heure	200 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	20 $\mu\text{g.m}^{-3}$
Acroléine	VGAI court terme : pour une exposition de 1 heure	6,9 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	0,8 $\mu\text{g.m}^{-3}$
Acétaldéhyde	VGAI court terme : pour une exposition de 1 heure	3 000 $\mu\text{g.m}^{-3}$
	VGAI long terme : pour une exposition > 1 an	160 $\mu\text{g.m}^{-3}$

*Pour les particules présentes dans l'air intérieur, l'Anses ne propose pas de VGAI pour des expositions aiguës et chroniques mais elle recommande la mise en œuvre, par les politiques publiques, des valeurs guides de l'OMS pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur :

- Sur 24 heures : 25 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM_{2.5} et 50 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM₁₀
- Sur le long terme : 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM_{2.5} et 20 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les PM₁₀

Annexe 4 : valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos

Valeurs guides sanitaires (VGAI) et valeurs de gestion de la QAI

		France		International	
		ANSES	HCSF	Europe/Index	OMS
Formaldéhyde	Court terme	50 µg/m ³ (2 heures)		30 µg/m ³ (30 minutes)	100 µg/m ³ (30 minutes)
	Long terme	10 µg/m ³	Valeur d'action rapide : 100 µg/m ³ Valeur d'information et de recommandations : 50 µg/m ³ Valeur repère : 30 µg/m ³ Valeur cible : 10 µg/m ³	-	100 µg/m ³
Monoxyde de carbone (CO)	24 heures	-	-	-	7 mg/m ³
	8 heures	10 mg/m ³	-	10 mg/m ³	10 mg/m ³
	1 heure	30 mg/m ³	-	30 mg/m ³	35 mg/m ³
	30 minutes	60 mg/m ³	-	-	-
	15 minutes	100 mg/m ³	-	-	100 mg/m ³
Benzène	Court terme	30 µg/m ³ (1-14 jours)			-
	Long terme – effets à seuil	10 µg/m ³			-
	Long terme – effets sans seuil	2 µg/m ³ pour une exposition la vie entière correspondant à un niveau de risque de 10 ⁻⁵ (a)	Valeur d'action rapide : 10 µg/m ³ Valeur repère : 5 µg/m ³ Valeur cible : 2 µg/m ³	Concentration aussi faible que possible	1,7 µg/m ³ pour une exposition la vie entière correspondant à un niveau de risque de 10 ⁻⁵ (a)
Naphtalène	Court terme	-	-	-	-
	Long terme	10 µg/m ³	Valeur d'action rapide : 50 µg/m ³ Valeur repère : 10 µg/m ³	10 µg/m ³	10 µg/m ³
Trichloroéthylène	Court terme	-	-	-	-
	Long terme – effets sans seuil	20 µg/m ³ pour une exposition la vie entière correspondant à un niveau de risque de 10 ⁻⁵ (b)	Valeur d'action rapide : 10 µg/m ³ Valeur repère : 2 µg/m ³	-	23 µg/m ³ pour une exposition la vie entière correspondant à un niveau de risque de 10 ⁻⁵ (b)

		France		International	
		ANSES	HCSP	Europe/Index	OMS
Tétrachloroéthylène	Court terme	1 380 µg/m ³ (1-14 jours)		-	-
	Long terme	250 µg/m ³	Valeur d'action rapide : 1 250 µg/m ³ Valeur repère : 250 µg/m ³	-	250 µg/m ³
Dioxyde d'azote	Court terme	-	-	200 µg/m ³ (1 heure)	200 µg/m ³ (1 heure)
	Long terme	-	-	40 µg/m ³	40 µg/m ³
Benzo(a)pyrène (marqueur du mélange de HAP)	Court terme	-	-	-	-
	Long terme	-	-	-	0,12 ng/m ³ pour une exposition la vie entière correspondant à un niveau de risque de 10 ⁻⁵ (c)
Acétaldéhyde	Court terme	-	-	200 µg/m ³ (d)	-
	Long terme	-	-	200 µg/m ³	-
Xylènes	Court terme	-	-	20 mg/m ³ (d)	-
	Long terme	-	-	200 µg/m ³	-
Toluène	Court terme	-	-	15 mg/m ³ (d)	-
	Long terme	-	-	300 µg/m ³	-
Styrène	Court terme	-	-	2 000 µg/m ³ (d)	-
	Long terme	-	-	250 µg/m ³	-
Ammoniac	Court terme	-	-	100 µg/m ³ (d)	-
	Long terme	-	-	70 µg/m ³	-
Particules PM _{2,5}	24 heures	(e)	-	-	25 µg/m ³
	Long terme	(e)	-	-	10 µg/m ³
Particules PM ₁₀	24 heures	(e)	-	-	50 µg/m ³
	Long terme	(e)	-	-	20 µg/m ³

ANSES : Agence nationale de la sécurité sanitaire en charge de l'alimentation, de l'environnement et du travail

HCSP : Haut Conseil de la santé publique

OMS : Organisation mondiale de la santé

(a) L'ANSES et l'OMS proposent également des valeurs respectivement égales à 0,2 et 0,17 µg/m³ pour une exposition la vie entière correspondant à un niveau de risque de 10⁻⁶.

(b) L'ANSES et l'OMS proposent également des valeurs respectivement égales à 2 et 2,3 µg/m³ pour une exposition la vie entière correspondant à un niveau de risque de 10⁻⁶.

(c) L'OMS propose également une valeur égale à 0,012 ng/m³ pour une exposition la vie entière correspondant à un niveau de risque de 10⁻⁶.

(d) durée associée à la VGAI non précisée

(e) L'ANSES recommande l'utilisation des valeurs proposées par l'OMS.

