



**HAL**  
open science

# Le formaldéhyde, polluant environnemental possible de l'atmosphère des bureaux de travail : évaluation des connaissances et des pratiques professionnelles des médecins du travail français sur cet irritant et cancérogène ubiquitaire de notre air intérieur

Julie Lemaire

## ► To cite this version:

Julie Lemaire. Le formaldéhyde, polluant environnemental possible de l'atmosphère des bureaux de travail : évaluation des connaissances et des pratiques professionnelles des médecins du travail français sur cet irritant et cancérogène ubiquitaire de notre air intérieur. Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01400031

**HAL Id: dumas-01400031**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01400031>**

Submitted on 21 Nov 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTE DE MEDECINE

**Thèse d'exercice de Médecine**

Pour obtention du grade de Docteur en médecine

Spécialité Médecine du travail (diplôme d'état)

**Le formaldéhyde, polluant environnemental possible de  
l'atmosphère des bureaux de travail. Evaluation des connaissances  
et des pratiques professionnelles des médecins du travail français  
sur cet irritant et cancérogène ubiquitaire de notre air intérieur.**

Présentée et soutenue publiquement par

Mme Julie LEMAIRE

Née le 14/04/1988 à Arras

Le 26 Septembre 2016

Jury de thèse

Monsieur le Professeur Christian PRADIER	Président du jury
Monsieur le Professeur Michel BENOIT	Assesseur
Monsieur le Professeur Charles-Hugo MARQUETTE	Assesseur
Madame le Docteur Carine REBOUILLAT-SAVY	Assesseur
Monsieur le Docteur Christian EXPERT	Directeur de thèse



UNIVERSITE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTE DE MEDECINE

**Thèse d'exercice de Médecine**

Pour obtention du grade de Docteur en médecine

Spécialité Médecine du travail (diplôme d'état)

**Le formaldéhyde, polluant environnemental possible de  
l'atmosphère des bureaux de travail. Evaluation des connaissances  
et des pratiques professionnelles des médecins du travail français  
sur cet irritant et cancérogène ubiquitaire de notre air intérieur.**

Présentée et soutenue publiquement par

Mme Julie LEMAIRE

Née le 14/04/1988 à Arras

Le 26 Septembre 2016

Jury de thèse

Monsieur le Professeur Christian PRADIER	Président du jury
Monsieur le Professeur Michel BENOIT	Assesseur
Monsieur le Professeur Charles-Hugo MARQUETTE	Assesseur
Madame le Docteur Carine REBOUILLAT-SAVY	Assesseur
Monsieur le Docteur Christian EXPERT	Directeur de thèse



UNIVERSITÉ NICE-SOPHIA ANTIPOLIS

**FACULTÉ DE MÉDECINE**

---

Liste des professeurs au 1<sup>er</sup> septembre 2015 à la Faculté de Médecine de Nice

**Doyen**

M. BAQUÉ Patrick

**Vice-Doyen**

M. BOILEAU Pascal

**Assesseurs**

M. ESNAULT Vincent  
M. CARLES Michel  
Mme BREUIL Véronique  
M. MARTY Pierre

**Conservateur de la bibliothèque**

Mme DE LEMOS Annelise

**Directrice administrative des services**

Mme CALLEA Isabelle

**Doyen Honoraires**

M. AYRAUD Noël  
M. RAMPAL Patrick  
M. BENCHIMOL Daniel

**Professeurs Honoraires**

M. BALAS Daniel  
M. BATT Michel  
M. BLAIVE Bruno  
M. BOQUET Patrice  
M. BOURGEON André  
M. BOUTTÉ Patrick  
M. BRUNETON Jean-Noël  
Mme BUSSIERE Françoise  
M. CAMOUS Jean-Pierre  
M. CHATEL Marcel  
M. COUSSEMENT Alain  
M. DAR COURT Guy  
M. DELLAMONICA Pierre  
M. DELMONT Jean  
M. DEMARD François  
M. DOLISI Claude  
M. FRANCO Alain  
M. FREYCHET Pierre  
M. GÉRARD Jean-Pierre  
M. GILLET Jean-Yves  
M. GRELLIER Patrick  
M. HAR TER Michel  
M. INGLES AKIS Jean-André

M. LALANNE Claude-Michel  
M. LAMBERT Jean-Claude  
M. LAZDUNSKI Michel  
M. LEFEBVRE Jean-Claude  
M. LE BAS Pierre  
M. LE FICHOUX Yves  
Mme LEBRETON Elisabeth  
M. LOUBIERE Robert  
M. MARIANI Roger  
M. MASSEYEFF René  
M. MATTEI Mathieu  
M. MOUIEL Jean  
Mme MYQUEL Martine  
M. OLLIER Amédée  
M. ORTONNE Jean-Paul  
M. SAUTRON Jean Baptiste  
M. SCHNEIDER Maurice  
M. SERRES Jean-Jacques  
M. TOUBOL Jacques  
M. TRAN Dinh Khiem  
M VAN OBBERGHEN Emmanuel  
M. ZIEGLER Gérard

**M.C.A. Honoraire**

Mlle ALLINE Madeleine

**M.C.U. Honoraires**

M. ARNOLD Jacques  
 M. BASTERIS Bernard  
 Mlle CHICHMANIAN Rose-Marie  
 Mme DONZEAU Michèle  
 M. EMILIOZZI Roméo  
 M. FRANKEN Philippe  
 M. GASTAUD Marcel  
 M. GIRARD-PIPAU Fernand  
 M. GIUDICELLI Jean  
 M. MAGNÉ Jacques  
 Mme MEMRAN Nadine  
 M. MENGUAL Raymond  
 M. POIRÉE Jean-Claude  
 Mme ROURE Marie-Claire

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

M.	AMIEL Jean	Urologie (52.04)
M.	BENCHIMOL Daniel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BOILEAU Pascal	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	DARCOURT Jacques	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
M.	DESNUELLE Claude	Biologie Cellulaire (44.03)
Mme	EULLER-ZIEGLER Liana	Rhumatologie (50.01)
M.	FENICHEL Patrick	Biologie du Développement et de la Reproduction (54.05)
M.	FUZIBET Jean-Gabriel	Médecine Interne (53.01)
M.	GASTAUD Pierre	Ophthalmologie (55.02)
M.	GILSON Éric	Biologie Cellulaire (44.03)
M.	GRIMAUD Dominique	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	HASSEN KHODJA Reda	Chirurgie Vasculaire (51.04)
M.	HÉBUTERNE Xavier	Nutrition (44.04)
M.	HOFMAN Paul	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	LACOUR Jean-Philippe	Dermato-Vénérologie (50.03)
M.	MARTY Pierre	Parasitologie et Mycologie (45.02)
M.	MICHIELS Jean-François	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	MOUROUX Jérôme	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	PAQUIS Philippe	Neurochirurgie (49.02)
M.	PRINGUEY Dominique	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	QUATREHOMME Gérald	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	ROBERT Philippe	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	SANTINI Joseph	O.R.L. (55.01)
M.	THYSS Antoine	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)

**PROFESSEURS PREMIERE CLASSE**

Mme	ASKENAZY-GITTARD Florence	Pédopsychiatrie (49.04)
M.	BAQUÉ Patrick	Anatomie - Chirurgie Générale (42.01)
M.	BÉRARD Étienne	Pédiatrie (54.01)
M.	BERNARDIN Gilles	Réanimation Médicale (48.02)
M.	BONGAIN André	Gynécologie-Obstétrique (54.03)
M.	CASTILLO Laurent	O.R.L. (55.01)
Mme	CRENESSE Dominique	Physiologie (44.02)
M.	DE PERETTI Fernand	Anatomie-Chirurgie Orthopédique (42.01)
M.	DRICI Milou-Daniel	Pharmacologie Clinique (48.03)
M.	ESNAULT Vincent	Néphrologie (52-03)
M.	FERRARI Émile	Cardiologie (51.02)
M.	FERRERO Jean-Marc	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	GIBELIN Pierre	Cardiologie (51.02)
M.	GUGENHEIM Jean	Chirurgie Digestive (52.02)
Mme	ICHAÏ Carole	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	LONJON Michel	Neurochirurgie (49.02)
M.	MARQUETTE Charles-Hugo	Pneumologie (51.01)
M.	MOUNIER Nicolas	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	PADOVANI Bernard	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
Mme	PAQUIS Véronique	Génétique (47.04)
M.	PRADIER Christian	Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention (46.01)
M.	RAUCOULES-AIMÉ Marc	Anesthésie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
Mme	RAYNAUD Dominique	Hématologie (47.01)
M.	ROSENTHAL Éric	Médecine Interne (53.01)
M.	SCHNEIDER Stéphane	Nutrition (44.04)
M.	STACCINI Pascal	Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
M.	THOMAS Pierre	Neurologie (49.01)
M.	TRAN Albert	Hépatogastro-entérologie (52.01)

**PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE**

M.	ALBERTINI Marc	Pédiatrie (54.01)
Mme	BAILLIF Stéphanie	Ophthalmologie (55.02)
M.	BAHADORAN Philippe	Cytologie et Histologie (42.02)
M.	BARRANGER Emmanuel	Gynécologie Obstétrique (54.03)
M.	BENIZRI Emmanuel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BENOIT Michel	Psychiatrie (49.03)
Mme	BLANC-PEDEUTOUR Florence	Cancérologie - Génétique (47.02)
M.	BREAUD Jean	Chirurgie Infantile (54-02)
Mlle	BREUIL Véronique	Rhumatologie (50.01)
M.	CANIVET Bertrand	Médecine Interne (53.01)
M.	CARLES Michel	Anesthésiologie Réanimation (48.01)
M.	CASSUTO Jill-Patrice	Hématologie et Transfusion (47.01)
M.	CHEVALLIER Patrick	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
Mme	CHINETTI Giulia	Biochimie-Biologie Moléculaire (44.01)
M.	DELOTTE Jérôme	Gynécologie-obstétrique (54.03)
M.	DUMONTIER Christian	Chirurgie plastique
M.	FONTAINE Denys	Neurochirurgie (49.02)
M.	FOURNIER Jean-Paul	Thérapeutique (48-04)
M.	FREDENRICH Alexandre	Endocrinologie, Diabète et Maladies métaboliques (54.04)
Mlle	GIORDANENGO Valérie	Bactériologie-Virologie (45.01)
M.	GUÉRIN Olivier	Gériatrie (48.04)
M.	HANNOUN-LEVI Jean-Michel	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)

**PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE (suite)**

M.	IANNELLI Antonio	Chirurgie Digestive (52.02)
M.	JEAN BAPTISTE Elixène	Chirurgie vasculaire (51.04)
M.	JOURDAN Jacques	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	LEVRAUT Jacques	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	PASSERON Thierry	Dermato-Vénérologie (50-03)
M.	PICHE Thierry	Gastro-entérologie (52.01)
M.	ROGER Pierre-Marie	Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
M.	ROHRLICH Pierre	Pédiatrie (54.01)
M.	RUIMY Raymond	Bactériologie-virologie (45.01)
Mme	SACCONI Sabrina	Neurologie (49.01)
M.	SADOUL Jean-Louis	Endocrinologie, Diabète et Maladies métaboliques (54.04)
M.	TROJANI Christophe	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	VENISSAC Nicolas	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)

**PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS**

M.	HOFLIGER Philippe	Médecine Générale
----	-------------------	-------------------

**PROFESSEURS AGRÉGÉS**

Mme	LANDI Rebecca	Anglais
Mme	ROSE Patricia	Anglais

**MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

Mme	ALUNNI Véronique	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	AMBROSETTI Damien	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	BANNWARTH Sylvie	Génétique (47.04)
M.	BENOLIEL José	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
Mme	BERNARD-POMIER Ghislaine	Immunologie (47.03)
Mme	BUREL-VANDENBOS Fanny	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	DOGLIO Alain	Bactériologie-Virologie (45.01)
M.	DOYEN Jérôme	Radiothérapie (47.02)
M.	FAVRE Guillaume	Néphrologie (52.03)
M.	FOSSE Thierry	Bactériologie-Virologie-Hygiène (45.01)
M.	GARRAFFO Rodolphe	Pharmacologie Fondamentale (48.03)
Mme	GIOVANNINI-CHAMI Lisa	Pédiatrie (54.01)
Mme	HINAULT Charlotte	Biochimie et biologie moléculaire (44.01)
Mme	LEGROS Laurence	Hématologie et Transfusion (47.01)
Mme	MAGNIÉ Marie-Noëlle	Physiologie (44.02)
Mme	MOCERI Pamela	Cardiologie (51.02)
Mme	MUSSO-LASSALLE Sandra	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	NAÏMI Mourad	Biochimie et Biologie moléculaire (44.01)
M.	PHILIP Patrick	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	POMARES Christelle	Parasitologie et mycologie (45.02)
M.	ROUX Christian	Rhumatologie (50.01)
M.	TESTA Jean	Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention (46.01)
M.	TOULON Pierre	Hématologie et Transfusion (47.01)

**PROFESSEURS ASSOCIÉS**

M.	COYNE John	Anatomie et Cytologie (42.03)
M.	GARDON Gilles	Médecine Générale
Mme	PACZESNY Sophie	Hématologie (47.01)
Mme	POURRAT Isabelle	Médecine Générale

**MAITRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS**

M.	BALDIN Jean-Luc	Médecine Générale
M.	DARMON David	Médecine Générale
Mme	MONNIER Brigitte	Médecine Générale
M.	PAPA Michel	Médecine Générale

**PROFESSEURS CONVENTIONNÉS DE L'UNIVERSITÉ**

M.	BERTRAND François	Médecine Interne
M.	BROCKER Patrice	Médecine Interne Option Gériatrie
M.	CHEVALLIER Daniel	Urologie
Mme	FOURNIER-MEHOUAS Manuella	Médecine Physique et Réadaptation
M.	JAMBOU Patrick	Coordination prélèvements d'organes
M.	QUARANTA Jean-François	Santé Publique

## REMERCIEMENTS

Monsieur le Professeur Christian PRADIER,

Merci de me faire l'honneur de présider ce jury. Je vous remercie sincèrement pour votre disponibilité et vos précieux conseils. Veuillez recevoir mes sentiments d'estime et de haute considération.

Monsieur le Professeur Michel BENOIT,

Merci de me faire l'honneur de juger ce travail. Veuillez recevoir l'expression de mes sincères et respectueuses reconnaissances.

Monsieur le Professeur Charles-Hugo MARQUETTE,

Merci de me faire l'honneur d'être membre de ce jury. Je tiens à vous témoigner toute ma reconnaissance et mon respect.

Madame le Docteur Carine REBOUILLAT-SAVY,

Merci de me faire l'honneur de faire partie de ce jury. Je te suis sincèrement reconnaissante pour ton écoute et ton accompagnement au cours de ces 10 derniers mois passés dans ton service. Je te remercie pour ta patience, ton enthousiasme communicatif et tes encouragements.

Monsieur le Docteur Christian EXPERT,

Merci de m'avoir fait l'honneur d'encadrer ce travail. Je vous remercie pour votre soutien, votre disponibilité et votre patience. Veuillez recevoir l'expression de ma sincère gratitude et de mon respect.

A l'INRS et son directeur général Mr PIMBERT,

Merci de m'avoir permise d'utiliser pour ce travail des données de la base COLCHIC.

A ma famille,

Merci du fond du cœur d'avoir cru en moi, de m'avoir donné le courage nécessaire pour arriver jusque-là. Merci d'avoir été présents, de m'avoir encouragée et de m'avoir supportée tout au long de mes études.

A Adrien,

Merci de partager mon quotidien et d'être là pour les bons comme pour les mauvais moments.

Merci de comprendre ma passion et de me soutenir.

A ma belle-famille,

Merci pour votre soutien et pour tout le bonheur que vous m'apportez. Je vous remercie de tout cœur pour votre présence et votre générosité.

A mes amis, qui font de ma vie un rayon de soleil et qui sont pour moi comme une seconde famille.

A mes Co-internes et amis,

Merci pour vos conseils et pour tous ces bons moments passés à vos côtés, en espérant en vivre encore bien d'autres. Merci au Dr Sarah-Line Lancrerot pour son aide précieuse et pertinente.

A toute l'équipe du BTP,

Merci pour leur soutien et leur aide précieuse.

A tous mes collègues,

Merci de m'avoir accueillie chaleureusement dans chacun de vos services au cours de ces 4 dernières années d'internat.

## TABLE DES MATIERES

I/ INTRODUCTION .....	15
Objectif principal.....	20
Objectif secondaire.....	20
Généralités.....	21
1. Sur le formaldéhyde.....	21
2. Classification et étiquetage du formaldéhyde.....	22
3. Sources d'émission .....	25
4. Facteurs influençant les niveaux de concentration en formaldéhyde.....	27
5. Principes de ventilation .....	28
6. Formaldéhyde et différentes valeurs existantes.....	29
7. Toxicité locale .....	33
8. Effets sur la santé.....	34
8.1. Effets aigus.....	35
8.2. Effets chroniques .....	35
9. Deux syndromes à distinguer .....	37
9.1. Syndrome du Bâtiment Malsain.....	38
9.2. Syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques .....	38
10. Stratégie de contrôle des émissions .....	39
11. Réglementation.....	40
Cas concrets auxquels des médecins du travail ont été confrontés .....	42
II/ MATERIELS ET METHODES .....	50
1. Outils de recherche bibliographique.....	50
2. Type d'étude .....	50
3. Population d'étude .....	50
3.1. Recrutement .....	50
3.2. Procédure d'anonymisation .....	52

4. Outil d'évaluation .....	52
4.1. Elaboration du questionnaire .....	53
4.2. Définition des variables .....	54
5. Analyses statistiques.....	56
III/ RESULTATS .....	57
1. Recrutement.....	57
1.1. Recrutement de la population de l'étude .....	57
1.2. Recrutement de la population de référence.....	58
2. Caractéristiques sociodémographiques.....	59
3. Evaluation des pratiques professionnelles.....	62
4. Connaissances sur le formaldéhyde.....	63
4.1. Score total moyen obtenu au questionnaire .....	63
4.2. Connaissances sur les questions d'intérêt majeur .....	65
4.3. Connaissances générales et environnement de travail des médecins étudiés .....	73
IV/ DISCUSSION .....	75
1. Discussion des principaux résultats.....	75
2. Limites de l'étude .....	77
2.1. Discussion des biais .....	77
2.2. Maîtrise des biais .....	79
3. Points forts de l'étude .....	81
4. Comparaison des résultats avec la littérature scientifique.....	82
5. Implications et perspectives.....	88
5.1. Outils de formation .....	88
5.2. Apport de notre travail .....	89
V/ CONCLUSION .....	90
VI/ BIBLIOGRAPHIE .....	91
VII/ ANNEXES .....	97

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 1 : Identification du formaldéhyde .....	21
Tableau 2 : Ancien et nouvel étiquetage pour le formaldéhyde en solution aqueuse selon le système général harmonisé organisé par le règlement CLP .....	23
Tableau 3 : Définition des catégories de substances cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction au sens de la réglementation européenne CLP.....	24
Tableau 4 : Classification selon le Centre International de Recherche sur le Cancer .....	24
Tableau 5 : Récapitulatif des valeurs actuellement en vigueur en France pour des expositions par inhalation au formaldéhyde dans l'air intérieur.....	33
Tableau 6 : Données sociodémographiques de la population d'étude et celle de référence .....	59
Tableau 7 : Répartition de la population étudiée par région d'exercice .....	61
Tableau 8 : Pratiques professionnelles des médecins de la population d'étude et de référence.....	62
Tableau 9 : Score total moyen obtenu au questionnaire en fonction des variables démographiques et de la pratique professionnelle.....	64
Tableau 10 : Répartition des médecins selon leur score total au questionnaire de connaissance ..	65
Tableau 11 : Comparaison des connaissances des médecins de la population d'étude et de la population de référence sur les sources d'émission possibles.....	66
Tableau 12 : Connaissances sur les sources intérieures de formaldéhyde en fonction des variables démographiques et de la pratique professionnelle .....	67
Tableau 13 : Comparaison des connaissances des médecins de la population d'étude et de la population de référence sur les effets sur la santé du formaldéhyde inhalé .....	68
Tableau 14 : Connaissances sur la symptomatologie induite par le formaldéhyde en fonction des variables démographiques et de la pratique professionnelle .....	69
Tableau 15 : Connaissances des effets précurseurs de tumeurs en fonction des variables démographiques et de la pratique professionnelle .....	70
Tableau 16 : Connaissances de la voie principale d'exposition au formaldéhyde en fonction des variables démographiques et de la pratique professionnelle .....	72
Tableau 17: Connaissances générales et environnement de travail des médecins de la population d'étude et de celle de référence .....	73

Figure 1 : Polluants physiques, chimiques et biologiques de l'air intérieur et leurs principales sources d'émission .....	18
Figure 2 : Symptômes pouvant être associés à une exposition au formaldéhyde .....	19
Figure 3: Formaldéhyde : programmation de l'évolution des teneurs dans les bâtiments existants.....	32
Figure 4 : Etiquette type pouvant être affichée sur des produits de construction .....	40
Figure 5 : Résultats en composés organiques volatils légers (équivalent formaldéhyde) du 29-03-12 au 24-04-12.....	46
Figure 6 : Diagramme en boîte à moustaches des concentrations atmosphériques en formaldéhyde dans le secteur tertiaire de 2002 à 2015 .....	49
Figure 7: Diagramme de flux d'inclusion des médecins du travail (population de l'étude).....	57
Figure 8 : Diagramme de flux : population de référence .....	58
Figure 9 : Répartition de la population d'étude et de référence par sexe et par tranche d'âge	59
Figure 10 : Répartition de la population d'étude et de la population générale par sexe et par tranche d'âge .....	83
Figure 11 : Répartition des femmes de la population d'étude et de la population générale par région d'exercice.....	84
Figure 12 : Répartition des hommes de la population d'étude et de la population générale par région d'exercice.....	85

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

BBC : Bâtiment Basse Consommation

BNPC : Base Nationale des Produits et Compositions

CARSAT : Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail

CAS : Chemical Abstract Service Number

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

CISME : Centre Interservices de Santé et de Médecine du travail en Entreprise

CLP : Classification, Labelling, Packaging

CMR : Cancérogènes, Mutagènes et toxiques pour la Reproduction

CNAMTS : Caisse Nationale de l'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés

CNOM : Conseil National de l'Ordre des Médecins

COV : Composé Organique Volatil

DIRECCTE : Direction Régionale des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi

DNPH : 2,4-DiNitroPhénylHydrazine

ECHA : European Chemicals Agency

EINECS : European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances

HAS : Haute Autorité de Santé

HCSP : Haut Conseil de Santé Publique

HPLC : High Performance Liquid Chromatography

HPVC : High Production Volume Chemicals

INRS : Institut National de la Recherche Scientifique

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

SBM : Syndrome des Bâtiments Malsains

SCOEL : Scientific Committee on Occupational Exposure Limits

SGH : Système Général Harmonisé

SIOC : Syndrome d'Intolérance aux Odeurs Chimiques

SSA : Service de Santé Autonome

SSTI : Services de santé au travail interentreprises

VGAI : Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur

VLEP : Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée

VTR : Valeurs Toxicologiques de Référence

## I/ INTRODUCTION

Les médecins du travail sont une ressource non négligeable pour l'entreprise en matière de prévention des risques professionnels et de leurs conséquences sur la santé. Ils sont les conseillers des employeurs ainsi que des salariés et de leurs représentants. Ils sont également les plus habilités à recueillir les plaintes des travailleurs et à dépister précocement une symptomatologie irritative pouvant être en rapport avec le poste de travail.

La pollution de l'air intérieur, moins médiatisée que celle de l'air extérieur, est un phénomène notable. En 2014, le coût associé à la pollution intérieure était estimé à près de 20 milliards d'euros annuellement en France. Ce dernier prenait en compte l'augmentation de la prévalence et de la gravité des maladies, le coût des soins, l'absentéisme professionnel et la réduction des performances (1). Le terme « pollution atmosphérique » a été défini il y a 20 ans par la loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (annexe 1). Néanmoins, la diversité des aérocontaminants et l'apparition de nouveaux matériaux font de la qualité de l'air encore aujourd'hui, une problématique environnementale d'envergure, enjeu majeur de santé publique puisqu'elle concerne l'ensemble de la population. L'accroissement du nombre de publications scientifiques constaté par la revue de la littérature de Hulin M. en 2012 (2) et l'intégration de la problématique qu'est la qualité de l'air intérieur dans les deux plans nationaux santé environnement de 2004-2008 et 2009-2013 (3,4), témoignent de l'intérêt croissant porté à cette dernière et de la volonté de développer les connaissances.

Le formaldéhyde est un polluant ubiquitaire de notre air intérieur considéré comme hautement prioritaire depuis 2006 (5) dont la voie principale d'exposition est l'inhalation. L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) a été créé en 2001 en vue d'améliorer les connaissances nécessaires à l'évaluation et à la gestion des risques liés à la pollution intérieure. Il a mené de 2003 à 2005 la première campagne française dans 600 logements, qui s'est révélée être représentative de la qualité de l'air de 24 millions de résidences principales en France métropolitaine continentale (6).

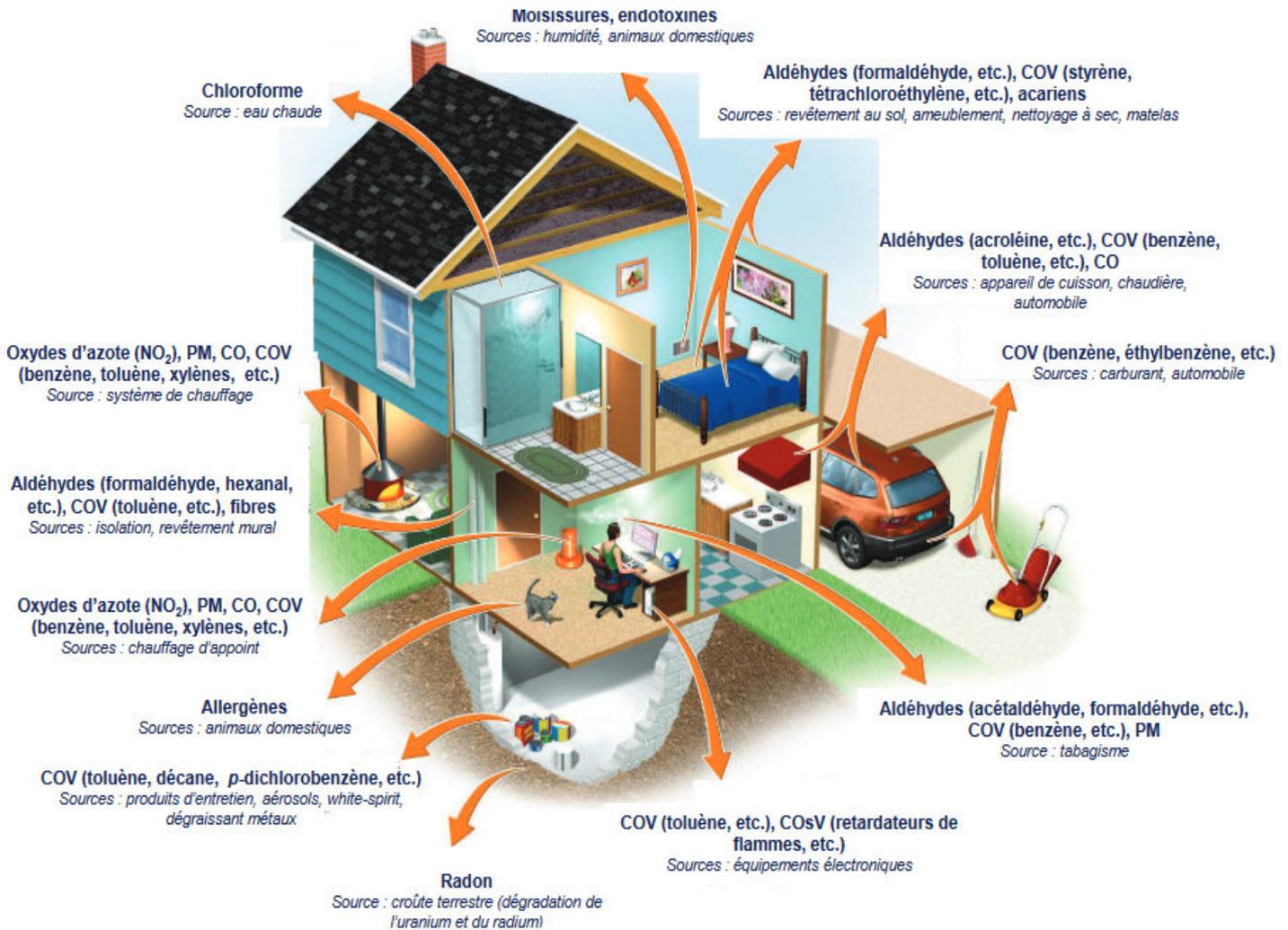
Cette étude pilote a mis en évidence une omniprésence du formaldéhyde dans l'air intérieur avec des concentrations supérieures à celle de l'air extérieur.

L'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES), anciennement AFSSET (Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail), est un organisme chargé de fournir un appui aux autorités françaises pour la mise en œuvre de la réglementation européenne relative à l'étiquetage des substances chimiques. Elle s'est intéressée depuis plusieurs années à la qualité de l'air. Elle a plus particulièrement été saisie à de nombreuses reprises, sur le thème « formaldéhyde et environnement intérieur et professionnel » (7,8), ce qui atteste encore une fois que la problématique de la pollution intérieure par ce carbonyle est en plein essor et que notre choix de sujet est judicieux.

L'exposition globale par inhalation pour la population générale résulterait dans 98% des cas de notre air intérieur, et nous passons en moyenne 85% de notre temps dans des environnements clos parmi lesquels notre lieu de travail, principale source d'exposition après l'habitat (9). Les publications concernant les bureaux de travail, qui sont des environnements à pollution non spécifique (dans lesquels la pollution est liée à la seule présence humaine ; article R. 4222-3 du code du travail), sont récentes et moins nombreuses (10) que celles sur les logements et les milieux à pollution spécifique (7,11) (dans lesquels des substances dangereuses ou gênantes sont émises sous forme de gaz, vapeurs, aérosols solides ou liquides autres que celles qui sont liées à la seule présence humaine), tels que les laboratoires d'anatomie et cytologie pathologiques et la thanatopraxie (12,13). Ce n'est qu'en 2010, dans le cadre du projet européen OFFICAIR, qu'a été démontré pour la première fois en Europe, un lien entre qualité de l'air et performance au travail, aspects psycho-sociaux et personnels pour les immeubles de bureaux (14). Depuis Juin 2013, une campagne nationale de mesure de la qualité de l'air intérieur dans 300 immeubles de bureaux tente d'élaborer un état du parc des environnements de travail de ce type. Les résultats devraient être publiés courant 2016.

Les sources d'émission peuvent provenir du formaldéhyde lui-même, de libérateurs de formaldéhyde ou de formations secondaires dans l'atmosphère. En effet, il est une base peu onéreuse pour de nombreuses réactions chimiques et entre dans la composition de produits très variés depuis 1855 (15). Il est utilisé dans la production de résines, elles-mêmes utilisées dans les colles et les vernis de matériaux de construction, de décoration et d'ameublement, constitués de panneaux de particules, contreplaqués, agglomérés ou stratifiés. La Base Nationale des Produits et Compositions (BNPC), système informatique commun des Centres antipoison, reflète la diversité des sources intérieures d'exposition. Elle référence plus de 3200 préparations domestiques contenant du formaldéhyde : produits ménagers, pour l'hygiène corporelle, médicaments, produits à usage vétérinaire, blocs allumage de cheminée (7)... Composant naturel de la troposphère et du métabolisme humain, le caractère ubiquitaire de cette substance fait que toute la population est concernée (16).

Si la réglementation contient des conditions contraignantes de ventilation des locaux, cette problématique ne semble pas toujours être au cœur de la prévention des risques professionnels pour les entreprises dans le cas des locaux à pollution non spécifique (17,18). En effet, cette dernière est souvent perçue comme un frein ou une contrainte financière par les établissements et les industriels. C'est donc un sujet sensible mais nécessaire à aborder lors de l'évaluation des risques des locaux de travail, qui devrait faire l'objet d'une attention toute particulière lors de la conception de nouveaux locaux. Dans l'attente d'alternatives techniques actuellement à l'étude ayant pour but de faire diminuer les taux de formaldéhyde dans l'air intérieur (19, annexe 6), une aération et une ventilation des locaux adaptées restent les plus recommandées. Elles participeraient en grande partie à l'assainissement de l'air vis-à-vis des polluants et de l'humidité (20). Or, depuis les années 1970, l'amélioration des méthodes d'isolation sous-tendue par des exigences d'économies d'énergie a conduit à des espaces plus confinés dans des bâtiments étanches, au détriment d'échanges avec l'air extérieur et d'un renouvellement d'air efficace (21).



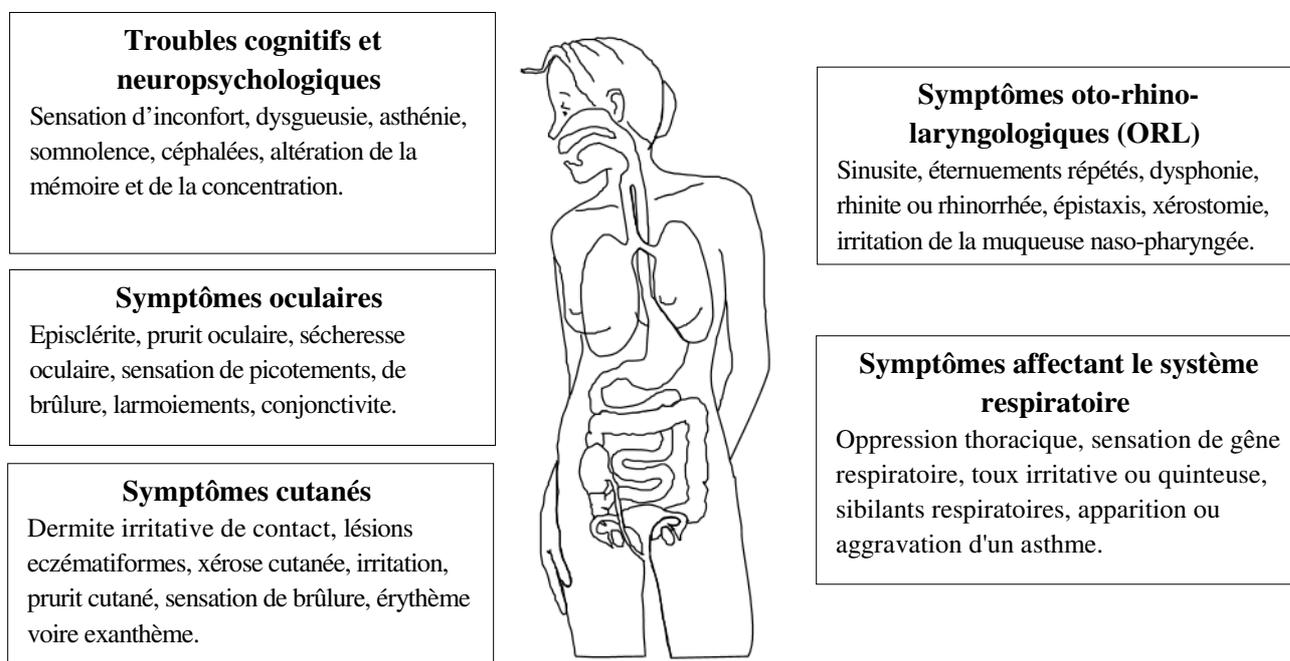
**Figure 1 : Polluants physiques, chimiques et biologiques de l'air intérieur et leurs principales sources d'émission**

(Source : Exposition domestique à des polluants chimiques de l'air intérieur. Avec l'accord du Dr RODA Céline.)

CO : monoxyde de carbone, CO(s)V : composé organique (semi-)volatil, NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote, PM : particulate matter (particule).

En 2004, le formaldéhyde a été classé cancérigène avéré pour le nasopharynx (22) par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). En effet, à faible concentration il pourrait provoquer en quelques minutes des signes sensoriels irritants aigus et chroniques aspécifiques qui seraient des effets critiques c'est-à-dire précurseurs de l'induction tumorale (23). Il est important que les médecins du travail aient connaissances de la possibilité pour ce carbonylé de se retrouver dans l'atmosphère des travailleurs administratifs afin de ne pas omettre l'existence d'une pollution

résiduelle pouvant avoir des répercussions sur la santé des occupants, avec des conséquences économiques pour l'entreprise en termes de baisse de rendement et d'absentéisme.



**Figure 2 : Symptômes pouvant être associés à une exposition au formaldéhyde**

(Figure réalisée à partir des données de : *Recent trend in risk assessment of formaldehyde exposures from indoor air ; The role of air pollutants in atopic dermatitis ; Incidences des teneurs en aldéhydes mesurées dans l'air intérieur et extérieur sur des patients sujets à l'asthme*)

Une réparation est possible par la déclaration en maladie professionnelle sous réserve d'une part, de penser à faire le lien entre les pathologies le plus souvent irritatives voire allergiques et la présence possible de formaldéhyde dans l'environnement de travail et d'autre part, d'avoir été dans la capacité de procéder à la métrologie d'atmosphère. Les affections provoquées par le formaldéhyde et ses polymères sont indemnisées au titre du tableau n° 43 du régime général de la sécurité sociale depuis 1963 (liste indicative des travaux). Le tableau n° 43 bis a été créé par le décret n° 2009-56 du 15 janvier 2009 et prend en charge les affections cancéreuses provoquées par l'aldéhyde formique : carcinome du nasopharynx en milieu à pollution spécifique avec liste limitative des travaux (annexe 3). Ces pathologies sont sous-déclarées. Le rapport de la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS) sur la sinistralité pour l'année 2014 concernant les maladies

professionnelles indique que seulement 7 cas ont été reconnus en maladie professionnelle au titre du tableau 43 et uniquement 1 cas au titre du tableau 43 bis (24). La prévention est donc primordiale. Elle doit permettre d'éviter toute altération de la santé des travailleurs du fait de leur activité.

Le cumul possible des expositions professionnelles et domestiques est à prendre en considération. Les médecins du travail peuvent être une aide précieuse dans le choix des matériaux avant conception, rénovation ou substitution d'un bâtiment, sous réserve que leur avis soit recueilli comme le prévoit le code du travail. Ils peuvent repérer les sources potentielles, diffuser une information sur les risques inhérents à ce polluant et les moyens de prévention ou encore orienter les travailleurs vers une étiologie professionnelle de la pathologie afin qu'ils obtiennent réparation.

Nous pensons que l'exposition par inhalation au formaldéhyde dans les bureaux de travail serait encore peu évoquée et donc sous déclarée. Nous avons souhaité analyser les connaissances et les pratiques professionnelles des médecins du travail français sur le sujet, afin de savoir s'ils tiennent compte de la possible pollution de l'air intérieur par le formaldéhyde lors de leur évaluation des risques des bureaux de travail.

### **Objectif principal**

L'objectif principal de notre étude est de savoir si les médecins du travail français prennent en considération le formaldéhyde comme polluant environnemental possible de l'atmosphère des bureaux de travail lors de leur évaluation des risques.

### **Objectif secondaire**

L'objectif secondaire est d'évaluer les connaissances des médecins du travail français sur le formaldéhyde et sur sa présence potentielle dans l'air intérieur des bureaux.

## Généralités

### 1. Sur le formaldéhyde

Composé organique volatil (COV) de la famille des aldéhydes, c'est un gaz incolore à température et pression ambiante, caractérisé par une odeur âcre et irritante.

Substance chimique : Formaldéhyde	Formule brute : CH <sub>2</sub> O Formule développée : 
N° CAS	50-00-0
N° EINECS (CE)	200-001-8
N° INDEX	605-001-00-5
Synonymes	Aldéhyde formique, aldéhyde méthylique, méthanal, oxyde de méthylène, oxométhane, oxyméthylène, formol, formaline

**Tableau 1 : Identification du formaldéhyde**

(Tableau réalisé à partir de la fiche toxicologique INERIS et de la fiche toxicologique n°7 de l'INRS)

- Le n° CAS (Chemical Abstract Service Number) correspond au numéro d'enregistrement unique auprès de la banque de données « Chemical Abstracts Service » (CAS), division de l'« American Chemical Society (ACS) ».

- Le n° EINECS (European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances) correspond aux substances dangereuses figurant dans l'inventaire européen des produits chimiques commercialisés.

- Le n° INDEX permet de retrouver les substances dangereuses, dans la réglementation européenne relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (liste de l'annexe I de la directive 67/548/CEE).

### Propriétés physico-chimiques du formaldéhyde

C'est une substance électrophile instable, inflammable et hydrosoluble. Il est généralement commercialisé sous forme aqueuse (formol ou formaline) mais peut l'être sous forme solide polymérisée (paraformaldéhyde et trioxane). Il se dégrade rapidement à l'état gazeux et à température ambiante. Sa densité sous forme gazeuse étant légèrement supérieure à celle de l'air, il s'y mélange facilement. C'est également une molécule endogène, intermédiaire de la biosynthèse de certains acides aminés (glycine et sérine). Par apport exogène, il est produit par métabolisme des xénobiotiques (molécules étrangères à l'organisme et souvent toxiques). Sa concentration sanguine est d'environ 2,5 mg.l<sup>-1</sup> chez l'homme (25). Après rétention au site de contact, il est métabolisé

rapidement et éliminé au niveau pulmonaire sous forme d'eau et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) (40%) et à moindre échelle par excrétion urinaire sous forme d'acide formique (O=CH-OH) (17%), grâce à la « glutathione dependent formaldehyde deshydrogenase » (26).

### Production de formaldéhyde

Le formaldéhyde figure sur la liste « High Production Volume Chemicals » (HPVC), de l'Union Européenne (production de plus de 1000 tonnes par an). Synthétisé pour la première fois en 1855 (15), il entre essentiellement dans la production de divers types de résines (27). La consommation et la production mondiale s'élevaient à 29 millions de tonnes en 2010. L'Union Européenne, deuxième producteur de formaldéhyde après l'Asie, produisait en 2009 plus de 3,6 millions de tonnes de formaldéhyde. La production française était estimée pour sa part à 125000 tonnes par an (28). L'évolution de la production de formaldéhyde en France est difficile à apprécier aujourd'hui puisque si elle a été rendue publique jusqu'en Novembre 2003 par le ministère de l'industrie, elle est désormais soumise au secret statistique.

## **2. Classification et étiquetage du formaldéhyde**

La réglementation en matière de classification, d'étiquetage et d'emballage des substances et préparations dangereuses a pour but d'assurer la protection des travailleurs exposés. Jusqu'en 2009, elle était encadrée par les directives 67/548/CEE (Dangerous Substances Directive ou DSD) et 1999/45/CE (Dangerous Preparation Directive ou DPD). Le règlement CE n° 1272/2008, dit « CLP », « Classification, Labelling, Packaging », du Parlement européen et du Conseil, entré en vigueur le 20 janvier 2009, a introduit le système général harmonisé (SGH) de classification et d'étiquetage. Il a remplacé progressivement le système européen réglementaire préexistant et s'est appliqué obligatoirement aux substances depuis le 1er décembre 2010 et aux mélanges depuis le 1er juin 2015. En dépit de l'abrogation de l'ancien système au 1er juin 2015, il est encore possible de voir d'anciennes étiquettes sur le marché. De nouveaux pictogrammes sont venus remplacer les symboles. Les phrases de risques « R » sont devenues les mentions de danger « H ».

L'annexe VI du règlement CLP (annexe 5) illustre l'harmonisation de la classification et de l'étiquetage de l'aldéhyde formique en solution.

<p>Symbole de danger selon la directive 67/548/CEE modifiée</p>  <p>T - Toxique</p>	<p>Pictogrammes de danger selon le règlement CLP</p>  <p>Danger pour la santé CMR</p>  <p>Toxicité aigüe</p>  <p>Corrosif</p>
<p>Phrases de risques selon la directive 67/548/CEE modifiée</p> <p>R45 - Peut provoquer le cancer R68 - Possibilité d'effets irréversibles R23/24/25 - Toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion R34 - Provoque des brûlures R43 - Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau</p>	<p>Mentions de danger selon le règlement CLP (Ancien code entre parenthèses)</p> <p>H350 - Peut provoquer le cancer (R45) H341 - Susceptible d'induire des anomalies génétiques (R68) H301 - Toxique en cas d'ingestion (R25) H311 - Toxique par contact cutanée (R24) H331 - Toxique par inhalation (R23) H314 - Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves (R34) H317 - Peut provoquer une allergie cutanée (R43)</p>

**Tableau 2 : Ancien et nouvel étiquetage pour le formaldéhyde en solution aqueuse selon le système général harmonisé organisé par le règlement CLP**

*CMR : Cancérogènes, Mutagènes et Toxiques pour la reproduction*

Diverses classifications de produits Cancérogènes, Mutagènes et Toxiques pour la reproduction (CMR) existent. Celle de l'Union Européenne (tableau 3) est réglementaire en France (application du code du travail). Les anciennes catégories 1, 2 et 3 au sens de l'article R. 4411-6 du code du travail ont été remplacées par les catégories 1A, 1B et 2, article R. 4412-60 du décret n° 2015-612 (annexe 1).

Effets / Classe de danger	Catégories	Définitions des catégories
Cancérogènes	Catégorie 1A	Substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est avéré.
	Catégorie 1B	Substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est supposé.
	Catégorie 2	Substances suspectées d'être cancérigènes pour l'homme.
Mutagènes	Catégorie 1A	Substances dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est avérée.
	Catégorie 1B	Substances dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est supposée.
	Catégorie 2	Substances préoccupantes du fait qu'elles pourraient induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.
Toxique pour la reproduction	Catégorie 1A	Substances dont la toxicité pour la reproduction humaine est avérée.
	Catégorie 1B	Substances présumées toxiques pour la reproduction humaine.
	Catégorie 2	Substances suspectées d'être toxiques pour la reproduction humaine

**Tableau 3 : Définition des catégories de substances cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction au sens de la réglementation européenne CLP**

*(Tableau réalisé à partir du rapport de l'ANSES - Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde. Étude de filières. Risques professionnels. Relation entre composition et émission)*

En Juin 2004, le formaldéhyde a été reclassé par le CIRC du groupe 2A au groupe 1 sur la base de l'induction des tumeurs du nasopharynx par inhalation lors d'expositions professionnelles (22). Ce classement n'a pas de portée réglementaire mais a une bonne valeur informative. En septembre 2010, l'ANSES avait proposé aux autorités françaises un classement européen plus strict. Le comité d'évaluation des risques de l'agence européenne des produits chimiques (ECHA) a émis ensuite, en 2012, un avis en vue de reclasser formaldéhyde de la catégorie 2 à la catégorie 1B et d'ajouter un classement de catégorie 2 pour la mutagénicité (29). Ce dernier a été transmis à la Commission européenne et est entré en vigueur au 1<sup>er</sup> Janvier 2016 (règlement (UE) 2015/491 du 23 mars 2015).

Groupe 1	Groupe 2A	Groupe 2B	Groupe 3	Groupe 4
cancérogène avéré	cancérogène probable	cancérogène possible	inclassable	probablement pas cancérigène

**Tableau 4 : Classification selon le Centre International de Recherche sur le Cancer**

*(Tableau réalisé à l'aide de la monographie du CIRC vol 88 et du décret n° 2015-612 du 3 juin 2015)*

Concernant la leucémie et plus particulièrement la leucémie myéloïde chronique, une étude publiée dans le journal de l'Institut américain du cancer (30), ainsi qu'une enquête épidémiologique chez des embaumeurs (31), sont venues renforcer l'avis du CIRC en 2009 envers une cancérogénicité suffisante chez l'Homme. Même à faibles concentrations, la présence dans l'air intérieur d'un composé classé cancérigène pour l'homme n'est pas admissible. C'est pourquoi, ce nouveau classement pourrait être à l'origine d'une surveillance plus stricte à l'avenir, concernant les émissions de formaldéhyde.

### **3. Sources d'émission**

La hiérarchisation des émissions nécessite de prendre en compte les caractéristiques de la source elle-même (nature, surface, utilisation...), les activités humaines, les caractéristiques du bâtiment et de l'environnement extérieur. La proximité d'un axe de circulation à fort trafic, ou d'une zone industrielle peut contribuer à augmenter les taux de formaldéhyde dans l'air intérieur (32). L'appréciation de leur contribution est d'autant plus complexe qu'elle peut provenir du formaldéhyde lui-même, de libérateurs de formaldéhyde ou de réactions chimiques secondaires dans l'atmosphère (7). Certains matériaux ne contenant pas de formaldéhyde, peuvent jouer un rôle de réservoir en adsorbant ce dernier et en le relarguant pour des durées plus ou moins longues (moquettes, textiles, meubles, produits acoustiques tels que dalles acoustiques...). C'est le phénomène d'adsorption-désorption.

Les concentrations intérieures résulteraient essentiellement :

- Du relargage continu par les matériaux de construction, de décoration et d'ameublement directement ou de leurs colles ou vernis contenant des résines. C'est le cas des panneaux de particules, contreplaqués, agglomérés, ou encore stratifiés (33).
- Des produits domestiques pour l'entretien, certains détergents pour vaisselle, adoucissants, cosmétiques, shampooings, désodorisants, peintures, ou encore vernis (7).

Selon le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) (32), ce carbonyle serait principalement utilisé comme colle, liant organique ou pour la constitution de résines (annexe 2), comme conservateur et biocide de par ses propriétés antiseptiques contre divers micro-organismes (bactéricide, virucide, fongicide, parasiticide). Il est utilisé dans de nombreux produits comme désinfectant, antifongique inactivateur de virus et conservateur dans des produits comme les pâtes gingivales, en passant par les vaccins... Il est également présent dans la fumée de tabac mais la réglementation limitant le tabagisme dans l'entreprise a réduit cette émission particulière (34,35). Moins utilisées, les mousses isolantes urée-formol ont été une source importante de formaldéhyde dans l'air intérieur. En France, l'injection a été réglementée et la teneur maximale ne doit plus excéder 0,2 particules par millions (ppm) dans les locaux destinés à une occupation humaine (36).

#### Formation secondaire

Le formaldéhyde peut être formé secondairement par réactions chimiques entre les substances émises dans l'atmosphère au cours de réactions d'oxydation par ozonolyse de composés insaturés émanant de planchers de linoléum, du premier stade de décomposition des résidus végétaux (25)...

#### Secteurs à risque d'exposition professionnelle

Le formaldéhyde dans les milieux à pollution spécifique a longuement été étudié (7,37). Les secteurs les plus concernés sont ceux de la santé et des activités de soins : laboratoires d'anatomie et cytologie pathologiques, thanatopraxie (12,13). Son utilisation en tant que stérilisant des instruments chirurgicaux a été abandonnée. Viennent ensuite les secteurs industriels comme l'industrie du bois, du papier et du carton, de la construction, de l'agriculture, de l'industrie chimique, du textile (utilisation d'apprêts infroissables (9) ou encore de l'industrie alimentaire (opération de stérilisation) (11). Polluant principal, bien connu des personnels de laboratoires, le formol est avant tout un fixateur de référence international pour les pièces histologiques, notamment en laboratoire d'anatomie et cytologie pathologiques (liquide de Bouin). L'exposition non professionnelle et l'exposition professionnelle peuvent être cumulatives.

Les travailleurs de bureaux ne manipulent pas directement le formaldéhyde mais peuvent y être exposés à travers une multitude d'équipements. (8). Par exemple, des imprimantes laser se sont révélées être une source de formaldéhyde, en raison de la réaction d'ozonolyse de composés organiques volatils émis à partir de la poudre de toner (22).

#### **4. Facteurs influençant les niveaux de concentration en formaldéhyde**

Certains paramètres peuvent influencer les taux de formaldéhyde intérieurs tels que l'année de construction d'un bâtiment, sa situation géographique (proximité d'un axe routier), les caractéristiques du produit lui-même, le climat intérieur (température, taux d'hygrométrie), comme extérieur (saison, moment de la journée), ou encore le renouvellement de l'air qu'il soit naturel, ou par un système de ventilation mécanique.

##### Facteurs dépendant du produit et de sa vétusté

Les teneurs en formaldéhyde des produits de construction et leur potentiel émissif respectif sont hétérogènes (selon la porosité des matériaux et de leur traitement de surface). Le plus souvent, les dynamiques d'émission décroissent avec le temps, avec un relargage plus important les premiers jours. Un temps de latence de 28 jours serait acceptable avant l'utilisation d'un produit de construction (38) et une ventilation 7j/7j, 24h/24h pendant près de six mois serait nécessaire aux matériaux pour relarguer l'essentiel de leur teneur en formaldéhyde (39). Les locaux neufs ou rénovés seraient donc les plus à risque de pollution.

##### Variations climatiques

L'augmentation des températures en été, ou un chauffage excessif en hiver entraînerait des désagréments et favoriserait l'évaporation de formaldéhyde (40). De plus, l'humidité participe au développement de moisissures et de bactéries pouvant accroître l'inconfort des occupants et les émissions dans l'air intérieur (41).

### Impact des habitudes de vie et des pratiques des occupants

Les combustions domestiques, qui sont fonction du mode de vie, comme le mode de chauffage et de production d'eau chaude, ou le mode de cuisson des aliments (42), sont des sources discontinues pouvant impacter sur les concentrations en formaldéhyde. Le tabagisme, l'utilisation d'encens, de bougies parfumées (43), de certains produits ménagers, les activités de bricolage, ou encore le traitement des plantes, peuvent augmenter les concentrations intérieures (9).

### Taux de renouvellement d'air et ventilation

L'aération constitue un élément clé de réduction de la pollution intérieure (20). Un mauvais entretien des systèmes de ventilation, de climatisation, ou la pénétration de particules venant de l'extérieur en cas de proximité avec une zone polluée peuvent être à l'origine de la dégradation de la qualité de l'air intérieur.

## **5. Principes de ventilation**

Une aération efficace et régulière participe à l'assainissement de l'air intérieur vis-à-vis des polluants et de l'humidité.

### Renouvellement d'air par ventilation

- Naturelle : grille d'aération, interstices de fenêtres, ouverture des portes et des fenêtres. Elle se base sur le vent et les différences de température entre extérieur et intérieur (44).
- Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) générale, pour traiter une pollution non spécifique (45,46) :
  - ❖ Mécanique simple flux (semi-mécanique) : insufflateur sans extracteur (apport d'air neuf mécanique et extraction naturelle) ou extracteur sans insufflateur d'air (extraction mécanique et insufflation naturelle).
  - ❖ Mécanique double flux : insufflation et extraction mécaniques

On appelle ventilation hybride, la combinaison ventilation naturelle et mécanique.

### Renouvellement d'air par climatisation (centralisée ou individuelle)

Extraction et épuration de l'air vicié, pour réintroduire l'air neuf traité (conditionné) et déshumidifié tout en permettant de le refroidir ou de le réchauffer.

## **6. Formaldéhyde et différentes valeurs existantes**

En France on distingue :

- Les « valeurs guides de qualité de l'air intérieur » (VGAI), indicatives, proposées par l'ANSES. Ce sont des valeurs cibles à atteindre, basées sur des considérations sanitaires et qui n'ont pas de portée réglementaire impérative.
- Les « valeurs repères » d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos déclenchant l'action. Elles sont proposées par le Haut conseil de la santé publique à partir des VGAI de l'ANSES et permettent d'établir des VGAI réglementaires publiées par décret par le ministre en charge de l'écologie.
- Les « valeurs limites d'exposition professionnelle » (VLEP) concernant les travailleurs du secteur industriel :
  - ❖ « Contraignantes » (fixées par décret), soumises à une obligation réglementaire de non dépassement et de mesures annuelles par un organisme accrédité.
  - ❖ « Indicatives » (fixées par arrêté), représentant un objectif de prévention pour l'employeur mais qui reste contraint aux mêmes obligations.
- Les « valeurs Toxicologiques de Référence » (VTR), définies pour des effets irritatifs à seuils protégeant de la survenue d'effets néfastes tels que les processus néoplasiques.

Nous n'avons traité ici que des valeurs pour une exposition par inhalation applicables aux immeubles de bureaux (donc pas des VLEP). Une exposition dite « court terme » correspond à des durées de quelques jours à quelques mois (métrologie d'ambiance sur 15 minutes). Une exposition dite « long terme » correspond à des durées de plus d'un an (métrologie d'ambiance sur 8 heures et sur plusieurs jours).

### Valeurs guides de qualité de l'air intérieur

Les données recueillies par l'OQAI en 2003 sur les niveaux de pollution, ont montré la nécessité d'établir des valeurs guides à l'échelle nationale, afin d'élaborer des recommandations proportionnées au risque potentiel encouru. Le ministère chargé du travail a saisi l'ANSES en 2004 dans le but de proposer des VGAI en France, spécifiques de l'air intérieur pour les milieux à pollution non spécifique (9). L'objectif était de réduire les contaminants néfastes pour le bien-être et la santé humaine et de protéger la population des effets sanitaires liés à leur inhalation. Elles peuvent aussi être utilisées pour l'évaluation des risques sanitaires en milieu professionnel tels que les bureaux de travail. (47). Le terme VGAI est défini ainsi : Article R. 221-29 du Code de l'environnement (créé par le décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011) : « niveau de concentration de polluants dans l'air intérieur, fixé pour un espace clos donné, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine. Elles sont à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné ». Après expertise scientifique, l'ANSES a recommandé les valeurs suivantes :

- 50  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition à court terme, qui protègerait des effets irritants oculaires, nasaux et de l'altération respiratoire.
- 30  $\mu\text{g.m}^{-3}$ , valeur de confort pour une exposition à long terme à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2015, qui devra être abaissée à :
- 10  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition à long terme, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2023.

Une personne sensibilisée pourra déclencher des effets à des seuils inférieurs malgré le respect de ces VGAI. Inversement, leur dépassement n'entraînera pas systématiquement de symptômes du fait de la variabilité interindividuelle.

### Valeurs repères en France

Elles résultent de l'obligation de définir par décret en Conseil d'Etat des « valeurs guides pour l'air intérieur », en conformité avec celles définies par l'Union européenne. En suivant les recommandations de l'ANSES, le HCSP saisi par la direction générale de la santé a établi en 2009

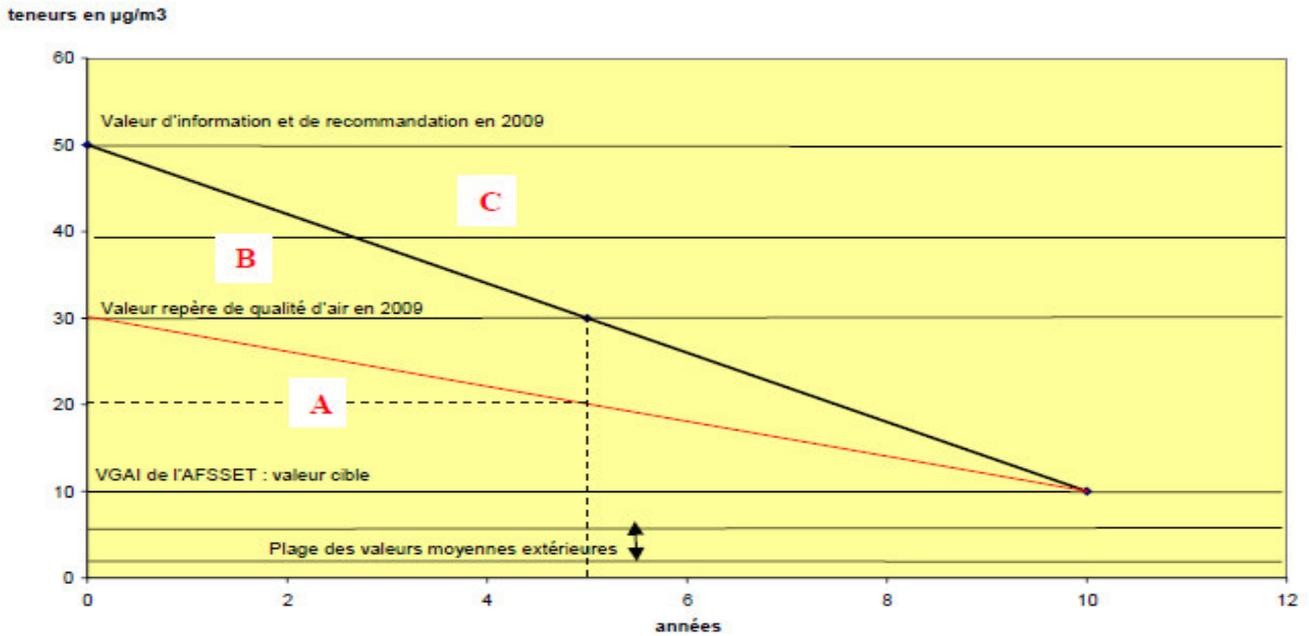
des seuils repères d'aide à la gestion pour l'air intérieur des bâtiments existants, privés et publics (32). On peut retenir quatre valeurs pour le long terme : une valeur cible à atteindre à terme, une valeur repère d'objectif de qualité, une valeur d'information et de recommandation et enfin une valeur d'action rapide. Il a ainsi proposé pour des expositions sur le long terme :

- Une concentration de confort inférieure ou égale à  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$  comme valeur cible à atteindre à compter du 1<sup>er</sup> Janvier 2023 et à maintenir dans le temps, qui garantit la qualité de l'air vis-à-vis du formaldéhyde (article R 221-29 du Code de l'environnement).
- Une valeur repère de qualité de l'air de  $30 \mu\text{g.m}^{-3}$ , applicable depuis le 1<sup>er</sup> Janvier 2015, en dessous de laquelle aucune mesure de correction n'est à envisager dans l'immédiat (article R 221-29 du Code de l'environnement).
- $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ , comme valeur d'information et de recommandation à partir de laquelle les sources doivent être réduites à moyen terme (quelques mois). Au-delà de cette concentration, il est nécessaire d'identifier les sources et de réduire celles dont l'impact est le plus important. En deçà, des mesures de meilleure ventilation des locaux sont à mettre en œuvre afin d'atteindre le niveau de la valeur repère de qualité.
- $100 \mu\text{g.m}^{-3}$  comme valeur d'action rapide (sous 1 mois). Des travaux sont nécessaires à court terme.

L'article R 221-30 du Code de l'environnement (créé par le décret n°2011-1728 du 2 décembre 2011) a défini la concentration de  $100 \mu\text{g.m}^{-3}$  comme valeur limite 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.

Ces différentes valeurs déterminent trois catégories de locaux :

- Les locaux de catégorie A : très bonnes performances.
- Les locaux de catégorie B : performances intermédiaires.
- Les locaux de catégorie C : mauvaises performances.



**Figure 3: Formaldéhyde : programmation de l'évolution des teneurs dans les bâtiments existants**

(Source : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos. Le formaldéhyde. Haut conseil de la santé publique)

Le groupe de travail a estimé qu'il ne disposait pas d'éléments suffisants de connaissance pour proposer des valeurs repères d'aide à la gestion à court terme.

#### Valeurs toxicologiques de référence françaises

Une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) est établie sur la survenue d'un effet critique dans le but de prévenir l'apparition de processus cancérogènes. La prise en compte des effets critiques (signes d'irritation oculaire ou nasale dans des populations sensibles) pour la protection de la santé publique entraîne implicitement la prise en compte des effets cancérogènes. Ainsi, une valeur proposée pour des effets irritants protégera également du cancer du nasopharynx (22). Elles proviennent de différents organismes reconnus par la communauté scientifique : « Agency for Toxic Substances and Disease Registry » (ATSDR) et « Office of environmental health hazard assessment » (OEHHA). Les VTR aiguës sont égales à 50 et 94  $\mu\text{g.m}^{-3}$  (irritations oculaire et nasale chez l'homme) et les VTR chronique sont égales à 10  $\mu\text{g.m}^{-3}$  et 3  $\mu\text{g.m}^{-3}$  (irritation oculaire et nasale, lésions histopathologiques de l'épithélium nasal chez l'homme) respectivement (9).

Exposition par inhalation	Court terme		Long terme (>1an)		
VGAI (ANSES)	<b>50 µg.m<sup>-3</sup></b> sur 2 heures		<b>30 µg.m<sup>-3</sup></b> à compter du 1 <sup>er</sup> janvier 2015		
Valeurs repères (HCSP)	/ <i>(Éléments de connaissance insuffisants)</i>		<b>30 µg.m<sup>-3</sup></b> à compter du 1 <sup>er</sup> janvier 2015	<b>50 µg.m<sup>-3</sup></b> Valeur de recommandation	<b>100 µg.m<sup>-3</sup></b> valeur d'action rapide
VTR (ATSDR/OEHHA)	<b>50 µg.m<sup>-3</sup></b> (ATSDR)	<b>94 µg.m<sup>-3</sup></b> (OEHHA)	<b>10 µg.m<sup>-3</sup></b> (ATSDR)	<b>3 µg.m<sup>-3</sup></b> (OEHHA)	

**Tableau 5 : Récapitulatif des valeurs actuellement en vigueur en France pour des expositions par inhalation au formaldéhyde dans l'air intérieur**

*(Tableau réalisé à partir des données du décret n° 2011-1727 et 1728 du 2 décembre 2011 ; décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 ; Valeurs guides de qualité d'air intérieur : Le Formaldéhyde. ANSES ; Pollutions à l'intérieur des espaces clos : sources, niveaux et impact sanitaire. Volet 2 : polluants chimiques)*

Nous avons détaillé les principales méthodes de mesures du formaldéhyde dans le document de prévention à destination des médecins créé par nos soins dans le cadre de ce travail (annexe 12).

## 7. Toxicité locale

### Génotoxicité et cytotoxicité

La concentration sérique physiologique du formaldéhyde est un marqueur de mauvaise qualité, puisqu'elle varie peu après une inhalation ou une ingestion. Sa demi-vie est brève (rarement plus de 2 minutes chez l'homme (8)). Il n'y a donc pas de diffusion systémique ni d'accumulation de ce carbonyle dans l'organisme. Une partie reste néanmoins dans les tissus. C'est un génotoxique direct, particulièrement au site de contact. Sa double liaison carbone/oxygène lui confère une forte réactivité in vivo, avec une affinité pour les composés riches en sites nucléophiles, tels que protéines, phospholipides membranaires et acides nucléiques. Il forme ainsi des adduits par liaisons covalentes avec l'ADN, ainsi qu'avec les macromolécules des cellules avec lesquelles il rentre en contact (29).

Il est aussi cytotoxique par prolifération cellulaire. Cette dernière, par régénération des cellules épithéliales (32) augmente la probabilité d'erreurs de réplication, de mutations ponctuelles et donc la fixation de lésions localisées au premier site de contact : œil, voies respiratoires (cavité nasale, muqueuses orales, trachée et bronches proximales), voire tractus gastro-intestinal et cutané. Ce type d'altérations, récurrentes à la suite d'exposition prolongée à des taux de formaldéhyde suffisants, serait à l'origine de phénomènes irritatifs précurseurs de cancers (9,22).

### Reprotoxicité et embryotoxicité

Chez l'homme, l'existence d'effets sur la reproduction et le développement embryofœtal est pour le moment controversée, en l'absence de preuves suffisamment étayées dans la littérature scientifique. Les publications à ce sujet sont contradictoires (7,48). Une méta-analyse récente a mis en évidence une perturbation des cycles menstruels, une augmentation d'avortements spontanés (48). Il a également pu être observé une diminution du poids des nouveau-nés (49), ou encore des grossesses difficiles chez des femmes professionnellement exposées.

### **8. Effets sur la santé**

Les symptômes et degrés de manifestation chez l'homme varient en fonction des concentrations atmosphériques, de la voie d'absorption et de la sensibilité individuelle. Il existe une variabilité interindividuelle fonction de la vulnérabilité des sujets, selon qu'ils soient âgés, atteints de pathologies respiratoires chroniques tels que l'asthme, ou encore de dermatose des parties découvertes en poussée, qu'ils soient fumeurs, femmes enceintes ou hypersensibilisés (32). Les personnes les plus sensibles, ayant des antécédents d'exposition au formaldéhyde, ont un seuil de perception abaissé. La symptomatologie peut apparaître précocement, s'aggraver ou encore être prolongée par rapport à leur entourage. Des études divergent concernant un mécanisme de sensibilisation Immunoglobuline E dépendante (50,51). Bien que la perception d'une nuisance soit subjective et donc discutable, elle peut être considérée, d'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), comme une atteinte sanitaire à prendre en compte. Chez l'homme, le formaldéhyde peut

pénétrer dans l'organisme par les voies pulmonaires, percutanées et digestives. Toutefois, ces deux dernières n'ont pas été traitées ici du fait de la faible probabilité d'exposition par voie orale dans le contexte environnemental des immeubles de bureaux, de sa classification fondée sur la survenue du cancer du nasopharynx, et de l'absence de valeurs toxicologiques de référence cutanées disponibles.

### **8.1. Effets aigus**

#### Irritatifs

Le formaldéhyde est un gaz très volatil et irritant à faible dose. L'odeur âcre du formaldéhyde est perçue à basse concentration, avec un seuil olfactif variable d'un individu à l'autre compris entre 30 et 600  $\mu\text{g.m}^{-3}$  (52). La sensation d'irritation peut être précoce, et ressentie pour des concentrations allant de 100 à 375  $\mu\text{g.m}^{-3}$  (8). Néanmoins, il est difficile d'établir des doses repères du fait du nombre important de données chez l'homme concernant les effets irritants. Les symptômes oculaires sont souvent les premiers symptômes à apparaître. Concernant les troubles cognitifs et neuropsychologiques, il semblerait qu'une baisse de performance puisse être induite par l'exposition au formaldéhyde mais l'insuffisance des données disponibles dans la littérature ne permet pas de conclure sur les effets neurocomportementaux de ce dernier (11). Le formol est un allergène cutanéomuqueux. Sous forme gazeuse, il provoque dans la plupart des cas une réaction due à l'irritation des voies respiratoires. Les résultats des études concernant la survenue de maladies allergiques induites par le formaldéhyde inhalé sont contradictoires (53). Il est donc difficile de conclure à un effet allergisant du formaldéhyde par voie aérienne.

### **8.2. Effets chroniques**

La symptomatologie réactionnelle est la même que lors d'une exposition aiguë (figure 2). Ces phénomènes irritatifs seraient les effets critiques précurseurs de l'induction de tumeurs, témoignant d'un mécanisme cancérigène à seuil d'action (7,23). La monographie du CIRC de 2006 (22) fournit une analyse détaillée des différentes études épidémiologiques, ayant évalué le risque de

cancer associé à l'exposition au formaldéhyde. Nous décrivons ici principalement les cancers du nasopharynx, les leucémies et les cancers naso-sinusiens car ce sont les plus étudiés.

### Cancer du nasopharynx

L'association causale entre exposition au formaldéhyde par inhalation et cancer du nasopharynx a été établie sur la base de preuves épidémiologiques, et confirmée par le CIRC en 2004. L'augmentation significative du risque relatif de survenue de décès par cancer du nasopharynx a été observée chez des travailleurs industriels dans la cohorte du National Cancer Institute (NCI) (54). Ce risque était principalement fonction des pics d'exposition ( $p < 0,001$ ), et de l'exposition cumulée ( $p = 0,025$ ) mais indépendant de la durée d'exposition (11). Un seuil de toxicité a pu être défini grâce à des mécanismes de défenses locaux, possibles à faible dose mais inactifs ou dépassés dans les cas de concentrations plus fortes. Ainsi, la plus faible concentration associée à l'absence d'observation de survenue de cancer du nasopharynx a été de  $300 \mu\text{g.m}^{-3}$ , selon le Dutch Expert Committee on Occupational Safety (55). Toutefois, ce seuil est rarement dépassé dans les milieux à pollution non spécifique. Le risque de développer un cancer du nasopharynx semble donc négligeable pour la population générale (56). Selon l'ANSES (7), le risque de développer un cancer du nasopharynx après une exposition chronique de plus de 8 heures est :

- Négligeable si la concentration atmosphérique de formaldéhyde est inférieure à  $250 \mu\text{g.m}^{-3}$ .
- Ne peut être exclus si elle est comprise entre 250 et  $1230 \mu\text{g.m}^{-3}$ .
- Existant si elle est supérieure ou égale à  $1230 \mu\text{g.m}^{-3}$ .

### Cancer des sinus et de la cavité nasale

La discordance des résultats entre les études analysées dans la monographie du CIRC (57), et l'existence de facteurs de confusion du fait de co-expositions dans les études positives (58), rendent impossible la conclusion à une association causale entre exposition au formaldéhyde et cancer naso-sinusien.

### Cancer hématopoïétique

Longtemps controversé, il existe depuis peu des arguments en faveur d'un lien de causalité entre l'exposition professionnelle au formaldéhyde à forte concentration et l'apparition de leucémies principalement myéloïdes. En 2009, le CIRC a considéré l'existence de preuves, suffisamment étayées pour conclure au lien de causalité (57). Plusieurs études ont mis en évidence un excès de mortalité par leucémie de ce type (31,59). Une étude plus récente chez des travailleurs industriels exposés à ce polluant (30) a mis en exergue la présence d'aberrations chromosomiques dans des cellules myéloïdes progénitrices, ainsi que des modifications hématologiques dans le sang périphérique, retrouvées habituellement dans la leucémie myéloïde. Le lien avec des maladies comme le myélome multiple ou le lymphome non hodgkinien n'est en revanche pas établi à l'heure actuelle.

### **9. Deux syndromes à distinguer**

Il nous a semblé pertinent de différencier : « Syndrome des Bâtiments Malsains » (SBM) et « Syndrome d'Intolérance aux Odeurs Chimiques » (SIOC). Ces derniers sont responsables d'effets non spécifiques sur la santé couramment observés dans la population générale. L'origine est le plus souvent mal identifiée et multifactorielle : insuffisance d'apport d'air neuf, dégâts dus à l'humidité, vétusté des locaux, problème de température, ou d'hygrométrie (60). Leur point de départ est souvent marqué par un facteur déclenchant anxigène tel que perception d'odeurs, risques psychosociaux (RPS), facteurs socio-organisationnels, problèmes d'ergonomie au poste de travail informatisé (61), et l'identification d'un cas index (62). La complexité de ces syndromes est liée à l'apparition générale de maladies s'étendant de proche en proche, à moyen et long terme, avec augmentation du nombre de plaintes auprès de travailleurs d'un même local, pouvant impacter les performances personnelles et le taux d'absentéisme.

### **9.1. Syndrome du Bâtiment Malsain**

Le «syndrome des bâtiments malsains» a été proposé par l'OMS en 1983 (63) et n'a pas encore à l'heure actuelle été défini de manière normalisée ou universelle. A prédominance féminine, il est rythmé par la présence sur le lieu de travail, et toucherait les occupants de bâtiments non industriels, comme les immeubles de bureaux, très souvent étudiés à ce propos (61). Aucune cause organique n'est en général retrouvée. Il regroupe de multiples symptômes bénins aspécifiques, ce qui le rend d'autant plus complexe à diagnostiquer (64,65) :

- Sécheresse oculaire avec sensation de picotements ou de brûlures, prurit oculaire, larmolements.
- Dysphonie, rhinite ou rhinorrhée, sécheresse voire irritation des muqueuses ORL (nez et gorge), glossodynie.
- Sensation de gêne respiratoire, oppression thoracique, toux irritative ou quinteuse, sibilants respiratoires.
- Xérose cutanée, prurit cutané et/ou du cuir chevelu, érythème voire exanthème, sensation de brûlure cutanée.
- Nausées, voire vomissements, douleurs abdominales, troubles du transit.
- Céphalées, somnolence, fatigue, troubles de la mémoire et de la concentration, sensation de mal-être, d'inconfort ou encore vertigineuse, dysgueusie, cacosmie.

Bien que sans gravité, ces symptômes ne doivent pas être négligés car ils peuvent être invalidants pour les sujets atteints et à l'origine d'arrêts de travail répétés. Le problème étant la dimension socio-psychologique associée, pouvant générer une anxiété dans l'entourage et aggraver les effets. Le SBM doit rester un diagnostic d'exclusion.

### **9.2. Syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques**

Encore appelé sensibilité chimique multiple (« multiple chemical sensitivity »), le SIOC est devenu une entité de l'Intolérance Environnementale Idiopathique (IEI) sur proposition de l'OMS en 2004.

Il est caractérisé par un tableau clinique non stéréotypé, des facteurs de risques communs, des co-morbidités, et un pronostic similaires au SBM, avec en revanche, un rôle central des odeurs dans son apparition (66). Les symptômes peuvent se retrouver dès la perception d'une odeur forte (67). L'entourage est le plus souvent indemne, et les métrologies retrouvent des taux inférieurs au seuil de toxicité. Les solvants, peintures, vernis, colles, résines, produits de nettoyage, désinfectants, parfums, cosmétiques, gaz d'échappement, sont les plus souvent mis en cause. C'est une pathologie acquise, pour laquelle aucune étiologie n'a été reconnue. Certaines études recherchent un mécanisme explicatif au niveau cérébral, qui reste incompris (68). Les hypothèses de toxicité à très faible dose, ou de croyance erronée du danger toxique induisant des plaintes somatiques pourraient être retenues (69).

## **10. Stratégie de contrôle des émissions**

Les immeubles neufs et établissements recevant du public livrés après 2012, ou subissant d'importantes rénovations doivent respecter des taux moyens inférieurs à  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$  (32). L'ANSES assimile les bureaux à ces établissements du fait de similarités en termes d'exposition.

### Étiquetage informatif

Le ministère en charge de l'écologie a mis en place depuis le 1<sup>er</sup> Janvier 2012 (arrêté du 19 avril 2011), un étiquetage obligatoire relatif aux émissions de polluants volatils issues des produits de construction et de décoration (cloison, revêtements de sols ou de parois à usage intérieur, isolants, peintures...). Depuis le 1<sup>er</sup> Septembre 2013, tous les produits concernés et commercialisés en France doivent comporter une étiquette indiquant leur niveau d'émission en polluants. Cet étiquetage français en vigueur est nettement plus exigeant que les mentions E précédentes. Il va de la lettre A+ (très faible émission) à la lettre C (forte émission), et est exprimé en  $\mu\text{g.m}^{-3}$  :

- A+ :  $<10 \mu\text{g.m}^{-3}$  ;    A :  $<60 \mu\text{g.m}^{-3}$  ;    B :  $<120 \mu\text{g.m}^{-3}$  ;    C :  $>120 \mu\text{g.m}^{-3}$ .



**Figure 4 : Etiquette type pouvant être affichée sur des produits de construction**

Ces dispositions, nécessitent pour les industriels, un effort sur la conception de produits sans formaldéhyde.

### Produits labélisés

Il existe également des produits de construction et de finition labélisés, c'est-à-dire à faible impact sanitaire (annexe 12). Le label officiel français « bâtiment basse consommation » (BBC) est défini par l'arrêté du 3 mai 2007. Conformément à la réglementation thermique 2012 adoptée le 12 Juillet 2010, il peut être attribué aux bâtiments qui respectent le seuil maximum de consommation 50 kWh/m<sup>2</sup>/an (en termes de ventilation, chauffage, performances d'isolation, production d'eau chaude).

## **11. Réglementation**

La surveillance de la qualité de l'air intérieur est une problématique récente. De nombreux textes ont été publiés entre 2006 et aujourd'hui. Les textes de loi concernant la ventilation et les principes généraux de prévention sont détaillés en annexe 1.

Concernant la surveillance de la qualité de l'air, l'arrêté du 13 juillet 2006 (JO du 26 juillet 2006 modifiant l'arrêté du 5 janvier 1993) est venu ajouter les travaux exposant au formaldéhyde à la liste des procédés considérés comme cancérogènes. Il est donc nécessaire de rechercher des produits de substitution et de mettre en place des mesures de protection collectives et organisationnelles. L'évaluation et la prévention du risque chimique au travail relève de la responsabilité de l'employeur et doit être retranscrite dans le document unique. Il met en œuvre les mesures prévues à l'article L. 4121-1 du Code du travail sur le fondement des principes généraux de prévention définis

à l'article L4121-2 (modifié par la loi n°2012-954 du 6 août 2012 - art. 7). Le décret n° 2001-97 du 1er février 2001, dit « décret CMR », établit les règles particulières de prévention des risques cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction et modifiant le code du travail. Le règlement REACH de l'Union Européenne, entré en vigueur en juin 2007, a pour objectif de protéger la santé humaine et l'environnement, notamment concernant les substances préoccupantes (cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques, persistantes, bioaccumulables...). Les articles R. 4412-59 à R. 4412-93 du Code du travail créé par le décret n°2008-244 du 7 mars 2008, sont relatifs aux mesures de prévention des risques chimiques (agents cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction dits CMR, de catégorie 1A ou 1B), régissent les obligations de l'employeur vis-à-vis de l'utilisation des produits CMR. L'article R. 4412-66 du Code du travail par exemple, définit que « lorsque l'utilisation d'un agent cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction est susceptible de conduire à une exposition, l'employeur réduit l'utilisation de cet agent sur le lieu de travail, notamment en le remplaçant, dans la mesure où cela est techniquement possible, par une substance, une préparation ou un procédé qui, dans ses conditions d'emploi, n'est pas ou est moins dangereux pour la santé ou la sécurité des travailleurs ».

Concernant l'étiquetage, nous pouvons retenir : le décret n° 2011-321 du 23 mars 2011, qui est relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol, des peintures et des vernis, sur leurs émissions de polluants volatils (publié au Journal Officiel du 25 mars 2011) ; L'arrêté du 20 février 2012 modifiant l'arrêté du 19 avril 2011, qui est 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 ; Le règlement CE n° 1272/2008, dit « CLP », du Parlement européen et du Conseil, déjà cité précédemment ; Le décret n° 2015-612 du 3 juin 2015, qui transpose la directive 2014/27/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014, et modifie le code du travail afin de l'aligner sur le règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008, et qui est relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges.

Concernant l'établissement des VGAI et l'évaluation des moyens d'aération et de ventilation, l'arrêté du 1er juin 2016 est relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public (texte n°9), et traite aussi des modalités de présentation du rapport d'évaluation des moyens d'aération (texte n°10). Le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 est relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectués au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public. Le décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 est relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène. Le décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 est relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public. L'article R4412-4, créé par le décret n°2008-244 du 7 mars 2008, définit les termes VLEP, valeur limite biologique. Les articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail, créés par ce même décret, sont relatifs aux règles d'aération et d'assainissement des locaux. L'employeur doit s'assurer de la conformité des locaux de travail en matière de ventilation (articles R. 4212-1 à 7 du Code du travail).

### **Cas concrets auxquels des médecins du travail ont été confrontés**

La pollution éventuelle de l'air intérieur par le formaldéhyde dans les bureaux de travail n'est pas un phénomène inhabituel. Pourtant l'entreprise qui y est confrontée rencontre souvent des difficultés considérables. Nous avons pris pour exemple quelques situations rencontrées dans le département des Alpes Maritimes au cours des 10 dernières années.

#### Cas concret numéro 1 : dans un service de médecine du travail

Le bâtiment concerné était un local de bureau acquis en 2006, situé dans une zone industrielle, qui avait été utilisé auparavant comme entrepôt (17). Ses caractéristiques sont définies en annexe 7. En 2012, le local attenant a été racheté pour l'aménagement d'une carrosserie avec cabine de peinture, et séchage des véhicules par chauffage au fioul. L'apparition d'odeurs a débouché sur des travaux d'ouverture des skydômes pour permettre une ventilation naturelle et un renouvellement de l'air

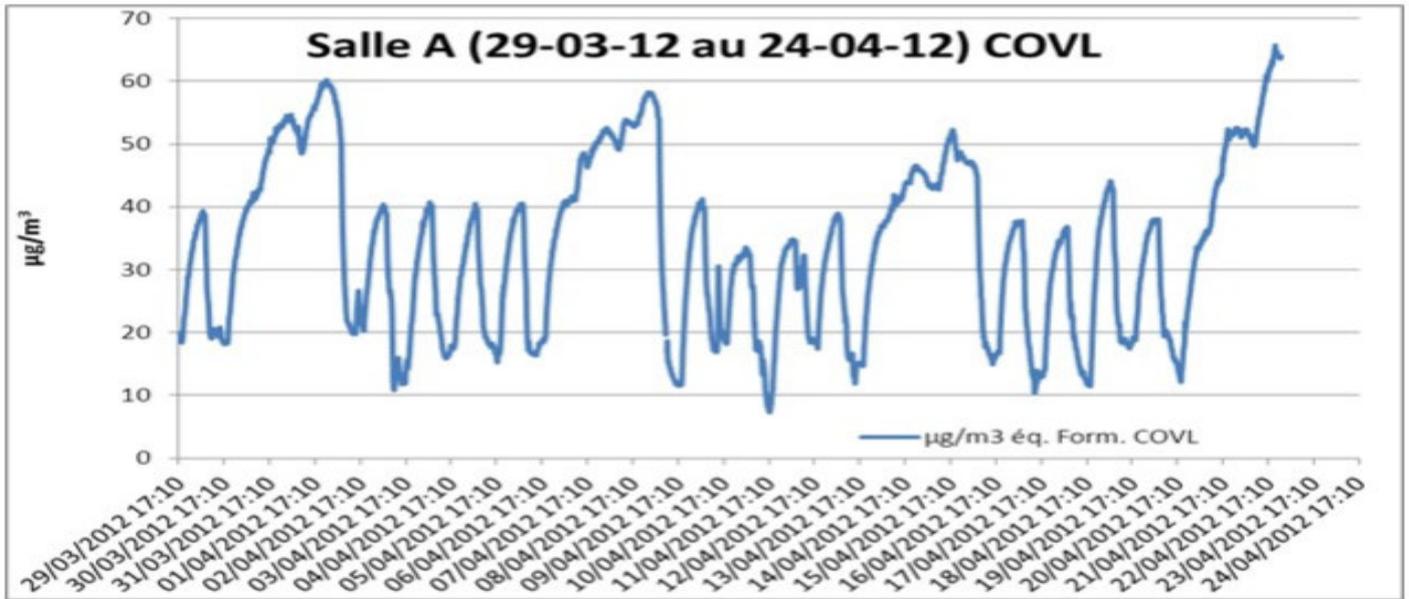
intérieur. A cette période, douze salariés travaillaient sur le site avec des horaires fixes, en journée, sans travail de nuit ni posté. En 2013, le médecin du travail en charge du service a été alerté par une salariée devant l'apparition puis la persistance de symptômes, aggravés sur le lieu de travail, et améliorés pendant les week-ends ou les congés : sensation de gêne respiratoire associée à une toux spasmodique avec spirométries sans particularités, irritation pharyngée et cutanée des avant-bras et du cou. Une allergie au solvant a été supposée. D'autres collègues se sont ensuite manifestés, et une recrudescence des plaintes a été observée. Elles ont été de différents types : rhinite, rhinorrhée, épistaxis, prurit cutané, dermatose des parties découvertes, quinte de toux, sibilants respiratoires, picotements oculaire et de la gorge, trouble de la concentration, et de la mémoire, céphalées, sinusite chronique. Bien que bénins, ces troubles ont été très gênants pour les personnes concernées en l'absence d'amélioration voire d'une majoration de leurs symptômes en quelques mois. De plus, le manque de considération de la part des collègues a été un élément perturbant pour la patiente ayant ressentie ces troubles la première. Au vu des caractéristiques et de l'implantation de l'établissement, des mesures de la qualité de l'air à la recherche de COV ont été demandées en 2014 et entreprises par un ingénieur de la CARSAT Sud-est. Ce dernier, confronté à deux cas similaires peu de temps auparavant, et en l'absence de taux significatifs retrouvés, a jugé utile et nécessaire d'évaluer le niveau d'exposition au formaldéhyde au sein des bureaux. Le détail de la réalisation des prélèvements, ainsi que l'analyse des fiches de données sécurité (FDS), sont définis en annexe 7. Les concentrations en formaldéhyde extérieures étaient indétectables. Sur l'ensemble des pièces instrumentées, les résultats ont mis en en exergue la prédominance du formaldéhyde, avec des taux compris entre 73 et 773  $\mu\text{g.m}^{-3}$  donc beaucoup plus élevées que les valeurs préconisées par le HCSP. Ils étaient plus importants dans le bureau de la personne ayant alerté le médecin du travail, du fait d'une ventilation moins effective. L'évaluation de la concentration en formaldéhyde (dont la présence était soupçonnée dans les dalles de faux plafond) a été effectuée par le laboratoire de l'Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) à partir d'un échantillon prélevé sur les dalles en place. La concentration en formaldéhyde a été mesurée aux environs de 25 mg/100 g,

équivalente au double de ce qui pouvait se trouver en général dans le commerce. Ainsi, le revêtement du plafond est apparu comme la variable explicative principale des taux retrouvés à la surprise des occupants et des médecins du travail. En effet, le formaldéhyde émanerait des bords libres des plaques et des trous percés. L'isolation n'était pas constituée de laine de roche imprégnée de résines à base de formaldéhyde, et après analyse des FDS des produits utilisés dans le local, il n'a pas été retrouvé d'autres sources potentielles. De plus, l'interdiction de fumer dans les locaux a toujours été respectée, ce qui a éliminé cette possibilité de contamination. Les dalles de faux plafonds ont ensuite été substituées par d'autres étiquetées A+, de sorte à respecter les valeurs préconisées par le HCSP, et des travaux ont été effectués en vue d'établir une ventilation mécanique double flux des locaux de travail, conformes à la réglementation. Les relevés effectués à la suite du retrait des plaques (6 mois après les premières mesures) ont été en faveur d'une régression des concentrations du carbonyle dans l'air intérieur. De nouvelles métrologies par badges passifs ont été réalisées durant le mois de Mars 2015, dans les mêmes conditions que les précédentes, après la pose des nouvelles plaques. Les taux de formaldéhyde retrouvés étaient tous autour de  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , valeur de gestion à obtenir d'ici 2023. Par ailleurs, après authentification du polluant en question, il s'est avéré que la personne ayant alerté la médecine du travail avait, environ 15 ans auparavant, travaillé en laboratoire d'anatomie et cytologie pathologiques, durant 6 ans et demi. Une sensibilisation au formaldéhyde a pu justifier la survenue précoce des symptômes. La présence de risques psychosociaux (RPS) peut également influencer sur l'intensité de la symptomatologie, d'où l'importance d'une écoute attentive et du bien-être au travail. Le coût de ce type d'intervention n'est pas négligeable, c'est pourquoi la prévention primaire est essentielle. Les conseils des médecins du travail peuvent être déterminants en matière de choix des matériaux sans formaldéhyde. La pollution croisée du fait d'autres sources potentielles (zone industrielle, voisin carrossier et fabricant de peinture, la proximité des bouches d'aération avec celles du voisin, en toiture) et la part de subjectivité ont pu aggraver les troubles. Dans cette situation, aucun des occupants n'avaient suspecté les dalles de faux plafonds comme étiologie principale. Dans une étude de 2007 du Centre

Scientifique et Technique du Bâtiment (70) (CSTB), sur la caractérisation de la libération dans l'air de COV et d'aldéhydes depuis des fibres minérales artificielles par des matériaux tels que dalles de faux plafonds, laine de verre neuve et ancienne, le formaldéhyde a été retrouvé comme étant le principal composé émis, du fait de la présence d'une résine formo-phénolique, avec un relargage pouvant aller jusqu'à plusieurs années. Ce type de revêtement est fréquent dans les bureaux de travail, et il existe probablement de nombreux cas similaires non recensés, qui passent encore inaperçus. C'est pourquoi il est nécessaire que le médecin du travail ait de solides connaissances sur le sujet.

#### Cas concret numéro 2 : dans un bâtiment neuf basse consommation, haute qualité environnementale

Plusieurs plaintes à l'origine d'arrêts de travail ont été recensées de façon concomitante chez du personnel et des étudiants, après quelques heures de cours dans un bâtiment inauguré en 2012 : rhinorrhée chronique aggravée dans un contexte de stress professionnel, apparition de céphalées, et troubles de la concentration (39). Une dysphagie, des picotements de la face et de la gorge, associés à une sensation de « serrement » de gorge, une douleur rétro-sternale oppressante ou encore un œdème de Quincke ont également été recensés. L'amélioration de ces symptômes a été constatée en dehors du lieu de travail. Des métrologies, réalisées par mesure électrochimique et tubes passifs, ont confirmé la présence du carbonyle dans l'atmosphère de travail. Les concentrations mesurées des autres aldéhydes étaient dans les normes. La quasi-totalité des pièces échantillonnées dépassaient la valeur repère de  $30 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Il a été mis en évidence des taux beaucoup plus importants en début de semaine, et notamment le lundi, du fait de l'absence de ventilation le week-end, dans ce bâtiment BBC et HQE, étanche. Dans la journée (7h-20h) les taux intérieurs étaient inférieurs à la valeur repère  $30 \mu\text{g.m}^{-3}$  tandis qu'en période inoccupée (20h-7h), les concentrations intérieures dépassaient la valeur repère ( $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ ).



**Figure 5 : Résultats en composés organiques volatils légers (équivalent formaldéhyde) du 29-03-12 au 24-04-12**

(Source : *Qualité de l'Air Intérieur. Bâtiment d'enseignement Université Nice -Sophia. AIR PACA 2013*)

Les cloisons et le mobilier neufs constitués de bois agglomérés ont été mis en cause. Une rectification de la programmation de la ventilation a été réalisée. L'éviction du bâtiment pour les personnes symptomatiques a été effectuée, en complément d'une écoute, et du soutien du médecin du travail. L'ensemble de ces mesures a permis l'amélioration de la symptomatologie.

#### Cas concret numéro 3 : des toiles de stores imprégnées

Janvier 2007 : Lors des visites médicales pour une entreprise de pose de stores et de menuiserie aluminium, deux couturières se sont plaintes d'une irritation oropharyngée et oculaire. En discutant avec les salariés, des symptômes similaires sont retrouvés chez certains poseurs. Une prédominance matinale de ces troubles est évoquée, avec gêne liée à une odeur âcre dès l'entrée dans l'atelier (pas d'ouverture la nuit donc de ventilation naturelle). Lors d'une visite de poste en 2006 après installation de l'atelier dans un local neuf, il a été constaté qu'une zone non aérée était prévue pour le stockage des toiles (un pan de mur complet). Le local comportait une porte fenêtre et quelques fenestrons, une table pour découper les toiles avec des ciseaux thermiques et plusieurs machines à coudre. En Avril 2007 : Des prélèvements de toile envoyés à l'INRS pour tester si la dégradation

thermique pouvait dégager des substances irritantes sont revenus négatifs. Les toiles de stores ont ensuite été suspectées et le fabricant interrogé mais le cas a été complexe en raison du secret de fabrication. Il a donc fallu interpellier le médecin inspecteur du travail en charge du secteur géographique, qui a pu contacter le médecin du travail de l'entreprise fabricante. En Juin 2007 : Les mêmes symptômes ont également été repérés au sein de l'usine, ce qui a déclenché une demande du Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT) auprès de la CARSAT afin que des métrologies soient réalisées. Plusieurs agents chimiques ont été retrouvés à des taux inférieurs aux VLEP (parmi lesquels ammoniac, alcool isopropylique, alcool éthylique, tetrachloroéthylène), avec une nette prédominance du formaldéhyde. La ventilation mécanique avait été renforcée au préalable mais il était impossible de confectionner une hotte sur mesure (trop volumineuse et bruyante).

Le médecin du travail, fort de cette information, a fait intervenir le laboratoire de chimie de la CARSAT Sud-Est. Des capteurs ont été installés sur les couturières, et des badges passifs disposés dans le local ont pu mettre en évidence la présence de formaldéhyde autour d' $1 \text{ mg.m}^{-3}$ . Plusieurs mois se sont écoulés avant que les résultats des capteurs ne soient disponibles (Mai 2008), et il aura fallu au total quinze mois pour que la source des irritations chez ces salariés soit identifiée précisément. Le problème provenait du relargage des toiles, imprégnées de formaldéhyde. Tous ont été surpris, l'ingénieur de la CARSAT, le médecin du travail, les interlocuteurs de l'INRS, et bien sûr l'entreprise concernée. Ce long temps de latence associé à l'incompréhension des salariés a été difficile pour le médecin du travail en termes de crédibilité, pourtant il a dû mener une véritable enquête.

#### Autres cas concrets

D'autres cas similaires ont été retrouvés dans la littérature. Un article de 2005 (71) décrit la situation d'une femme de 36 ans, employée de bureau dans un bâtiment fraîchement rénové, qui a développé sur son lieu de travail des troubles ORL irritatifs, associés à des nausées et des céphalées.

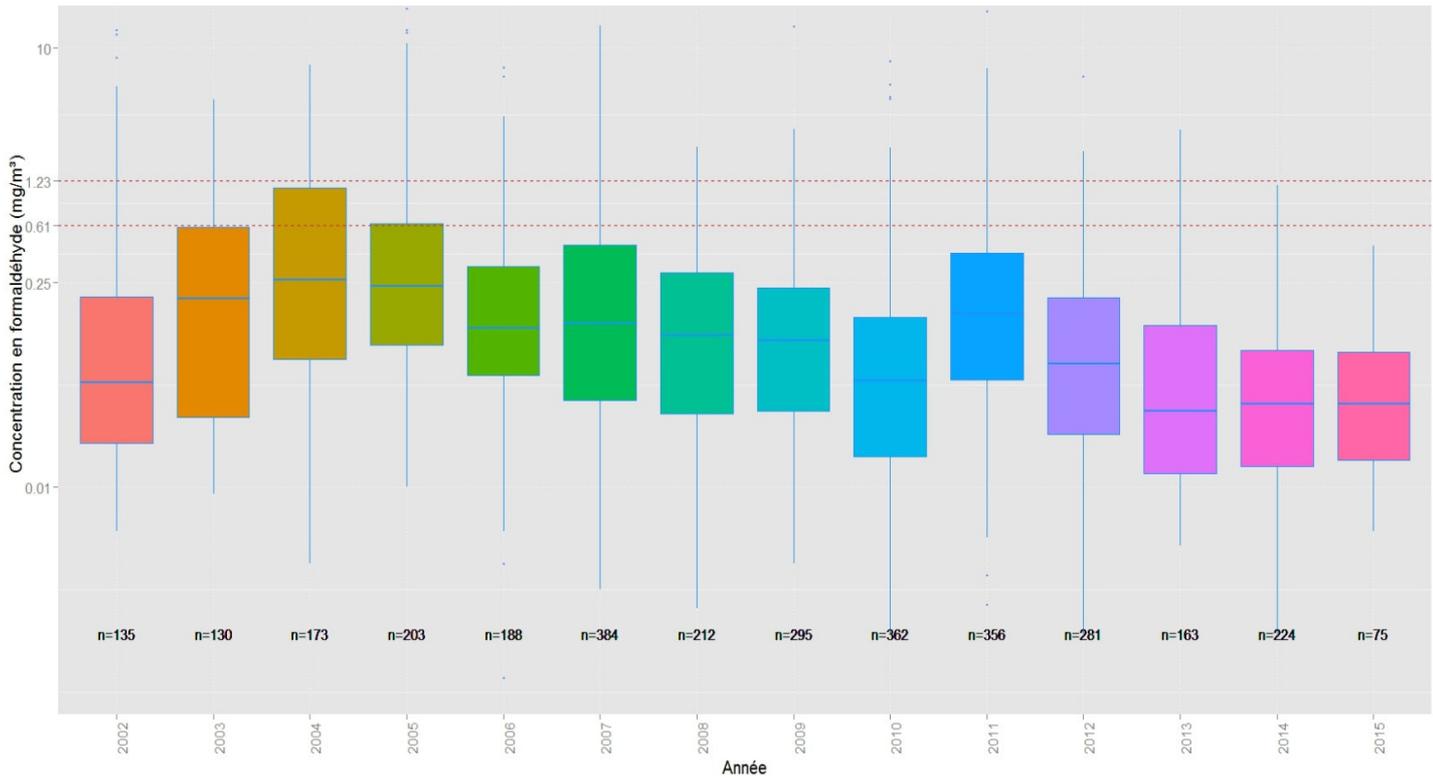
Huit mois se sont écoulés avant qu'une cause sur son lieu de travail soit envisagée et des métrologies réalisées. De faibles taux de formaldéhyde ont été retrouvés dans son local de travail et mis en relation avec ses symptômes. Le facteur psychosocial induit par l'absence de reconnaissance de ses supérieurs, ainsi que des médecins consultés, a généré une véritable anxiété chez cette patiente qui a probablement contribué à exacerber les symptômes, et aboutir à l'apparition d'une sensibilité chimique multiple.

#### Cas de l'Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg

D'après une campagne de la qualité de l'air en 2006 par l'OQAI, des niveaux élevés ( $95\mu\text{g.m}^{-3}$  sur 2 jours) en formaldéhyde ont été retrouvés dans les locaux de la bibliothèque (72). Après analyse, les causes retenues ont été : la présence d'étagères en aggloméré, les livres eux-mêmes, ainsi que le façonnage en plaques de bois aggloméré au niveau des faux plafonds percés de part en part, et dans lesquels étaient encastrés les luminaires. Les travaux de suppression de ces plaques ont permis d'abaisser les taux en formaldéhyde de 70 à 85%.

#### Extraction de la base de données COLCHIC de l'INRS

Une extraction à propos de la concentration de formaldéhyde dans les bureaux du secteur tertiaire a pu être obtenue courant Octobre 2015. Bien que la tendance des niveaux de concentration soit à la baisse sur les cinq dernières années (figure 6), la plupart des expositions restaient supérieures à la Valeur cible de  $10\mu\text{g.m}^{-3}$  à atteindre pour 2023. Bien que des efforts soient en cours, beaucoup sont encore nécessaires pour abaisser les taux. COLCHIC a été créée en 1986 à l'instigation de la CNAMTS, elle regroupe l'ensemble des mesures d'exposition effectuées par prélèvement et analyse de l'air des lieux de travail.



**Figure 6 : Diagramme en boîte à moustaches des concentrations atmosphériques en formaldéhyde dans le secteur tertiaire de 2002 à 2015**

(Source base de données COLCHIC de l'INRS)

Le peu d'études concernant les immeubles de bureaux et les cas précités nous amènent à penser que le problème de la présence potentielle de formaldéhyde dans les locaux occupés par les travailleurs administratifs est mal connu. Pourtant, ces situations ne sont probablement pas isolées. Les dalles de faux plafonds sont fréquentes dans les bureaux de travail et les causes d'émissions possibles sont nombreuses, avec une part de subjectivité des troubles qui complique encore davantage l'identification d'un toxique dans l'atmosphère et la prise en charge. La qualité de l'air est un sujet sensible. La médiatisation colporte des messages parfois exagérés par soucis d'attractivité, qui peut générer un stress et être source de maladies psychosomatiques.

## **II/ MATERIELS ET METHODES**

### **1. Outils de recherche bibliographique**

L'instruction de cette étude s'appuie sur la consultation de la base de données bibliographiques Medline et du National Center for Biotechnology Information (NCBI) de la National Library of Medicine (NLM) via l'interface Pubmed. Ce travail a été complété avec le moteur de recherche spécialisé Google Scholar et l'exploitation spécifique des bases de données spécialisées de l'INRS, COLCHIC et MétroPol.

### **2. Type d'étude**

Il s'agit d'une étude non interventionnelle, analytique, transversale.

### **3. Population d'étude**

Notre étude s'est portée sur les médecins du travail en cours d'exercice en France entière.

Les critères d'inclusion étaient d'être Docteur en médecine, de la spécialité médecine du travail (collaborateur formé ou titulaire du diplôme d'études spécialisées), inscrit au conseil de l'ordre des médecins et en cours d'exercice sous le régime français.

N'étaient pas inclus, les médecins n'ayant jamais exercé dans le monde du travail comme médecin du travail ou inscrits au conseil de l'ordre mais exerçant à l'étranger hors régime français, non docteurs en médecine ou collaborateurs médecins en cours de formation, les médecins inscrits à l'étude mais n'ayant pas répondu au questionnaire.

Les médecins exclus de l'étude s'étaient inscrits mais n'avaient pas terminé le questionnaire.

#### **3.1. Recrutement**

Le recrutement de notre population a été effectué sur la base du volontariat du 1<sup>er</sup> Septembre 2015 au 30 Novembre 2015 inclus. Les coordonnées des directions des SSTI ont été récupérées dans l'annuaire du site du CISME. Afin de procéder à l'emailing et d'éviter d'être bloqués car considérés comme « spammer », nous avons utilisé un logiciel spécialisé dans l'envoi d'emails

de masse nommé Sendblaster. Un courriel explicatif (annexe 8), a été transmis à chacun des directeurs des 270 SSTI français afin d'obtenir un accord préalable. Cet email contenait le lien de demande de participation destiné aux médecins, ainsi qu'un document détaillant la méthodologie utilisée et les remarques sur la protection de la vie privée (annexe 9). Les directeurs devaient ensuite transférer notre demande aux médecins du travail de leurs services respectifs. Une fois le lien de demande de participation transmis et en cas d'accord, le médecin devait cliquer sur ce dernier pour que son inscription soit enregistrée et qu'il accède ensuite à l'aide d'un second lien au questionnaire en ligne. Chaque participant avait la possibilité d'interrompre ses réponses et de reprendre le questionnaire à distance. En l'absence de participation malgré l'inscription, un rappel était envoyé. Ainsi, nous avons effectué 3 rappels : le 20 Septembre 2015, le 15 Octobre 2015 et le 10 Novembre 2015. Une correction du questionnaire élaborée par nos soins (annexe 10) était transmise automatiquement à chaque médecin participant dès la clôture de son questionnaire.

Dans le but d'obtenir un échantillon représentatif de la population de médecins du travail et valider notre population d'étude, nous avons souhaité constituer une population de référence de 20 médecins du travail. Des médecins du travail ont été tirés au sort afin de répondre au questionnaire jusqu'à obtention de l'effectif recherché. Pour ce faire, nous avons utilisé un générateur de nombres aléatoires en ligne. Cette randomisation a été effectuée sur une base exhaustive de 5264 médecins du travail répertoriés sur le site du conseil national de l'ordre des médecins (CNOM). Nous avons ensuite contacté ces derniers par téléphone pour une présentation de notre étude et obtention de leur accord préalable. Ils ne devaient pas avoir participé au questionnaire lors de la première session. Le protocole de distribution des questionnaires a ensuite été le même que précédemment. Cette étape s'est déroulée du 1<sup>er</sup> Décembre 2015 au 15 Janvier 2016 inclus.

### **3.2. Procédure d'anonymisation**

Tous les médecins ont donné leur accord et ont participé de manière éclairée à cette étude. La Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) nous a indiqué qu'aucune déclaration n'était à effectuer car l'anonymat était conservé. Les adresses emails n'ont pas été stockées. En effet, cette procédure d'inscription nécessaire a permis d'assurer l'anonymat des participants puisque le logiciel utilisé « LimeSurvey », via son système interne, a attribué à chaque médecin, un code unique respectif (non visible par les utilisateurs), dans une base de données cryptée. Il n'existait aucun moyen de faire correspondre ce code aux réponses car le questionnaire était géré sur une base séparée de celle de l'inscription. Il a été configuré pour que seules les personnes invitées à le remplir puissent y répondre et les résultats ont été recueillis sans enregistrer la date et l'heure. L'enregistrement des réponses ne contenait aucune information permettant d'identifier le médecin participant.

Il est important de rappeler que chaque participant a reçu avant l'inscription, une explication écrite par courrier électronique de l'ensemble de cette procédure (annexes 8 et 9). De plus, chacun d'entre eux a eu la possibilité de se désinscrire à tout moment de notre liste de diffusion, conformément à la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978, relative à l'Informatique, aux Fichiers et aux Libertés.

### **4. Outil d'évaluation**

Le choix du recueil de données s'est porté sur la diffusion en ligne d'un questionnaire élaboré par nos soins, en l'absence de questionnaire publié sur le sujet. Chaque question a été construite avec des consignes simples pour la facilité de compréhension. Nous avons cherché à obtenir un équilibre entre les questions portant sur les différents domaines de connaissances, avec une absence de redondance. Des questions fermées (« vrai », faux », « je ne sais pas ») ou à choix multiples ont été utilisées.

#### 4.1. Elaboration du questionnaire

Le questionnaire (annexe 10) adressé aux médecins du travail a été édité et géré à l'aide du logiciel de sondage LimeSurvey. Sur la première page du questionnaire était notifié le contexte dans lequel s'inscrivait notre étude ainsi qu'un rappel des paramètres de confidentialité et de remplissage du questionnaire dont le temps de passation estimé.

Cet auto-questionnaire comportait 25 questions réparties en trois parties :

- La première partie, constituée de 5 questions sociodémographiques et professionnelles, permettait d'établir le profil du médecin du travail selon son âge, son sexe, sa région, sa durée d'exercice, ainsi que le ou les secteurs d'activités des entreprises à sa charge : « primaire » (activités liées à l'exploitation des ressources naturelles), « secondaire » (activités liées à la transformation des matières premières du secteur primaire), « tertiaire » (ensemble des activités professionnelles de service). Pour cette question sur le secteur d'activité, il y avait possibilité de cocher plusieurs réponses.
- La seconde partie portait sur les connaissances générales. Elle a été conçue pour tester la connaissance des médecins sur des domaines qui semblent importants pour la pratique du médecin tels que l'utilisation du formaldéhyde, les facteurs influençant les taux atmosphériques, les effets sur la santé ou encore la possible induction tumorale par inhalation. Elle comprenait 13 questions.
- La troisième partie évaluait la place de cette problématique dans la pratique professionnelle de chaque médecin interrogé à l'aide de 7 questions. Elle devait permettre d'identifier si les médecins avaient déjà été confrontés au problème du formaldéhyde, participé à des métrologies d'ambiance et si la vérification des débits de ventilation faisait partie de leur pratique courante.

Nous avons défini au préalable des variables qu'il nous paraissait intéressant de distinguer pour l'analyse des connaissances. Le but était d'identifier si un, ou plusieurs facteurs indépendants, pouvaient être identifiés et associés au niveau de connaissances pour le score global, ainsi que

pour chaque question d'intérêt majeur. Nous avons donc retenu les critères sociodémographiques des médecins et ceux concernant leur pratique professionnelle. L'âge, pour l'expérience professionnelle, la durée d'exercice (moins de 10 ans ou plus de 10 ans) pour la concomitance de l'apprentissage avec le reclassement du formaldéhyde par le CIRC, pouvant représenter l'actualisation des connaissances et le ou les secteurs d'activités des entreprises à la charge du médecin. Concernant la pratique professionnelle, le fait que le médecin intègre le risque associé au formaldéhyde dans son évaluation des risques au quotidien, qu'il ait déjà pu y être confronté dans l'air des bureaux, qu'il vérifie les débits de ventilation, préconise des métrologies ambiantes ou encore dispose d'une sonde dans le service pourrait être associé un meilleur niveau de connaissance.

## **4.2. Définition des variables**

### Questions d'intérêt majeur

Nous avons isolé quatre questions d'intérêt majeur, portant sur des domaines de connaissance utiles à l'évaluation des risques des bureaux de travail :

- Les sources d'émission, du fait du caractère ubiquitaire du formaldéhyde.
- La symptomatologie réactionnelle aiguë et chronique, en raison de l'incidence possible sur le travail rendu et des conséquences économiques pour l'entreprise.
- La voie d'exposition principale par l'inhalation qui fait que les travailleurs de bureaux peuvent être concernés.
- Les effets critiques précurseurs de tumeur car une réparation est possible.

### Traitement des questions à choix multiples

Concernant les questions pour lesquelles les choix de réponses étaient multiples (sources et symptômes), nous avons calculé respectivement le nombre de bonnes réponses cochées. Les réponses « je ne sais pas » pour ces deux questions ont été analysées comme étant incorrectes.

La réponse a été considérée juste, lorsqu'au moins :

- 3 items sur 6 étaient corrects pour la question des sources.
- 2 items sur 5 étaient corrects pour la question des symptômes.

Chaque réponse correcte a ensuite été notifiée par le chiffre « 1 », tandis que les réponses incorrectes l'ont été du chiffre « 0 », ce qui devait permettre d'identifier les questions pour lesquelles le taux de mauvaises réponses était plus élevé et d'établir une note individuelle finale sur 13 points, ainsi qu'une moyenne générale de l'ensemble des médecins. Nous avons établi une échelle de niveau telle qu'un score de :

- 11 à 13 pouvait être associé à de très bonnes connaissances sur le sujet.
- 8 à 10 pouvait être associé à de bonnes connaissances sur le sujet.
- 5 à 7 pouvait être associé à de moyennes connaissances sur le sujet.
- 0 à 4 pouvait être associé à de mauvaises connaissances sur le sujet.

#### Cohérence des données recueillies

Nous avons également recherché s'il pouvait exister un lien entre ces deux questions :

- La problématique « pollution environnementale » fait-elle partie de votre propre évaluation des risques ?
- La vérification des débits de ventilation des locaux fait-elle partie de votre pratique en matière de fiche d'entreprise ?

Il nous est apparu cohérent d'affirmer qu'un médecin qui tient compte d'une éventuelle pollution environnementale dans son évaluation des risques des bureaux de travail, prenne aussi en compte la ventilation du local en question. C'est pourquoi, pour vérifier la cohérence de nos résultats, nous avons recherché si ces 2 questions étaient liées.

## 5. Analyses statistiques

Les données sont présentées en effectif et pourcentage, ou en moyenne accompagnée de leur écart type. Les odds ratio sont accompagnés de leur intervalle de confiance à 95%. Les facteurs associés aux quatre questions d'intérêt majeur ont été recherchés avec le test du Chi<sup>2</sup>. Le seuil de significativité était  $p < 0,05$ . Lorsque c'était pertinent, une analyse multivariée a été réalisée par régression logistique pour laquelle les variables étaient incluses pour une valeur de  $p < 0,10$ . Les scores moyens au questionnaire ont été comparés avec l'ANOVA, avec un seuil de  $p < 0,05$ . L'analyse multivariée a été effectuée à l'aide d'une ANCOVA. Les variables ont été incluses pour une valeur de  $p < 0,10$ . Les facteurs de confusion potentiels ont été inclus dans l'analyse multivariée.

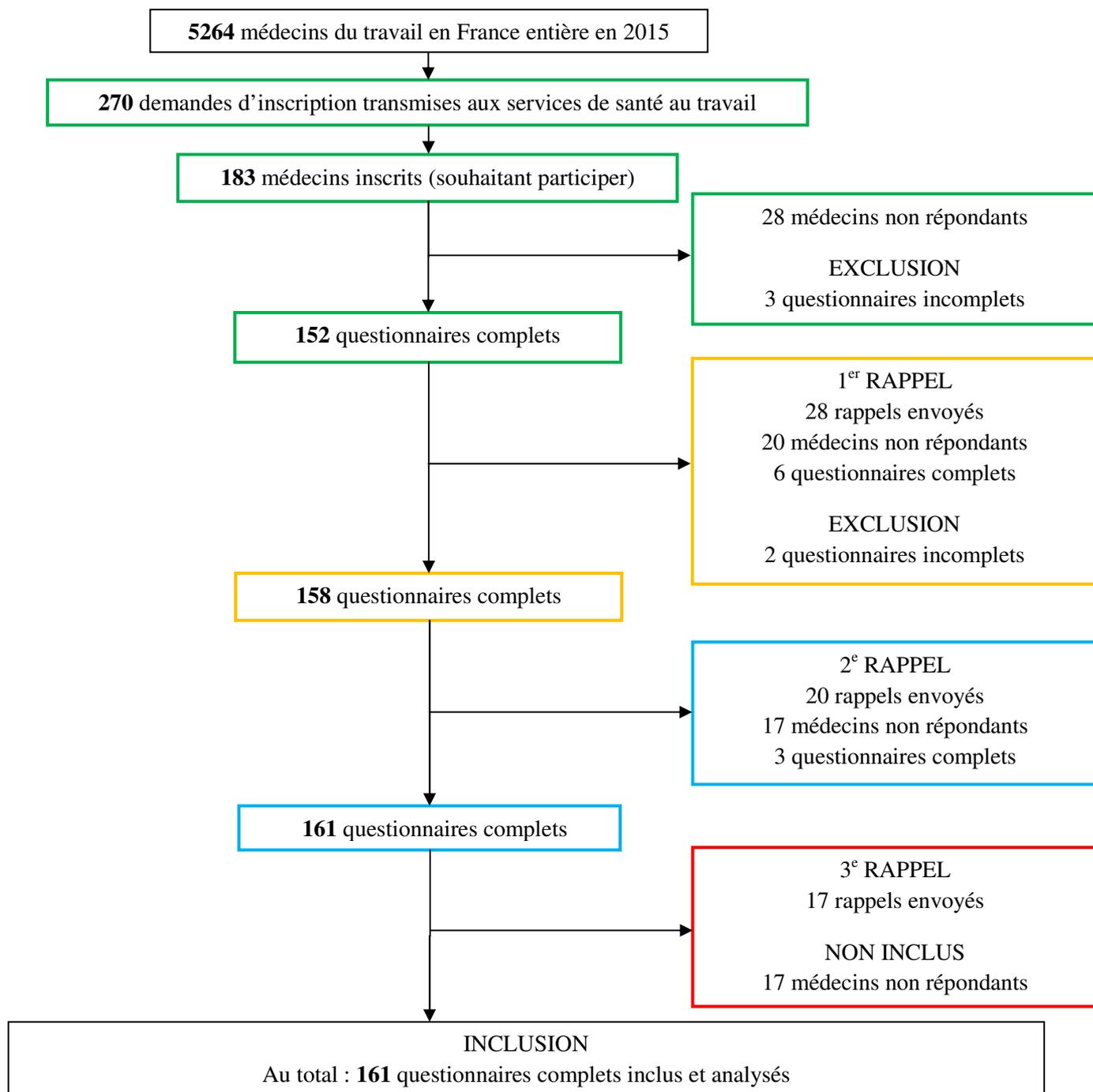
La population étudiée et la population de référence ont été comparées avec le test du Chi<sup>2</sup>.

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R version 3.2.3.

### III/ RESULTATS

#### 1. Recrutement

##### 1.1. Recrutement de la population de l'étude



**Figure 7: Diagramme de flux d'inclusion des médecins du travail (population de l'étude)**

— : Période du 1er Septembre 2015 au 19 Septembre 2015.

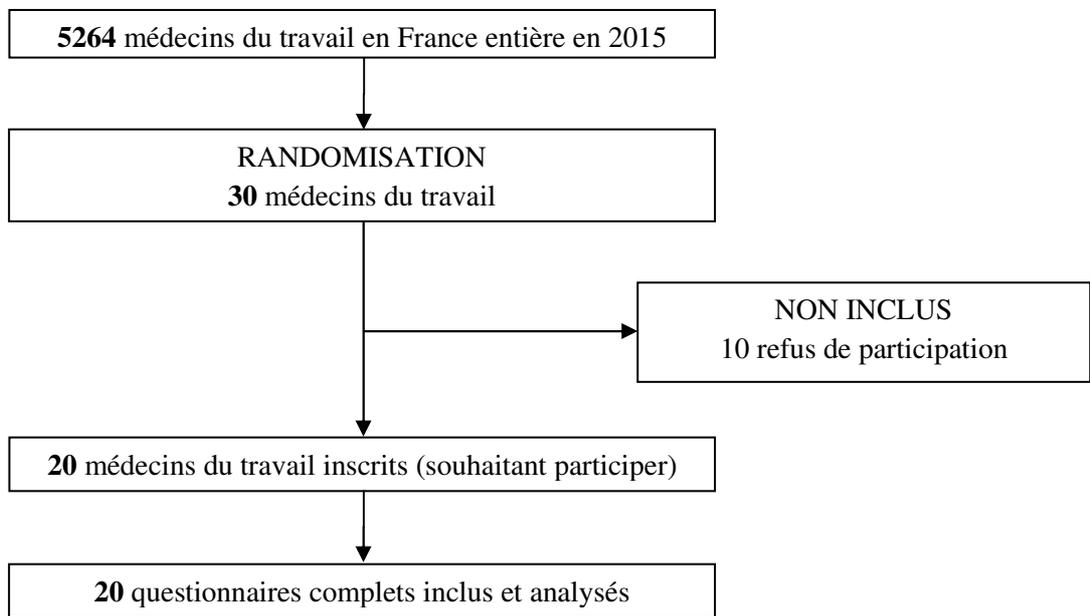
— : Période du 20 Septembre 2015 au 14 Octobre 2015.

— : Période du 15 Octobre 2015 au 9 Novembre 2015.

— : Période du 10 Novembre 2015 au 30 Novembre 2015.

Cent quatre-vingt-trois médecins du travail se sont inscrits à l'étude. Cent soixante-six (90,7%) ont réellement participé, parmi lesquels 5 (3,0%) médecins n'ont pas terminé le questionnaire et ont été exclus. Un premier rappel a permis d'inclure 6 questionnaires et un second rappel 3 questionnaires. Nous avons donc inclus 9 questionnaires supplémentaires après les 3 rappels. Le taux de réponses complètes après inscription et avant rappel est donc de 83,1%. Le taux de réponses complètes au questionnaire après 3 rappels est de 88,0%.

### 1.2. Recrutement de la population de référence



**Figure 8 : Diagramme de flux : population de référence**

Une randomisation de 30 médecins du travail a été nécessaire pour l'obtention d'un échantillon total final de 20 médecins. En effet, 10 professionnels de santé n'ont pas souhaité s'inscrire. La totalité des médecins constituant la population de référence s'est inscrite et a répondu. Aucun rappel n'a été nécessaire et les questionnaires recueillis étaient tous complets. Le taux de réponses complètes après inscription au questionnaire est de 100,0%.

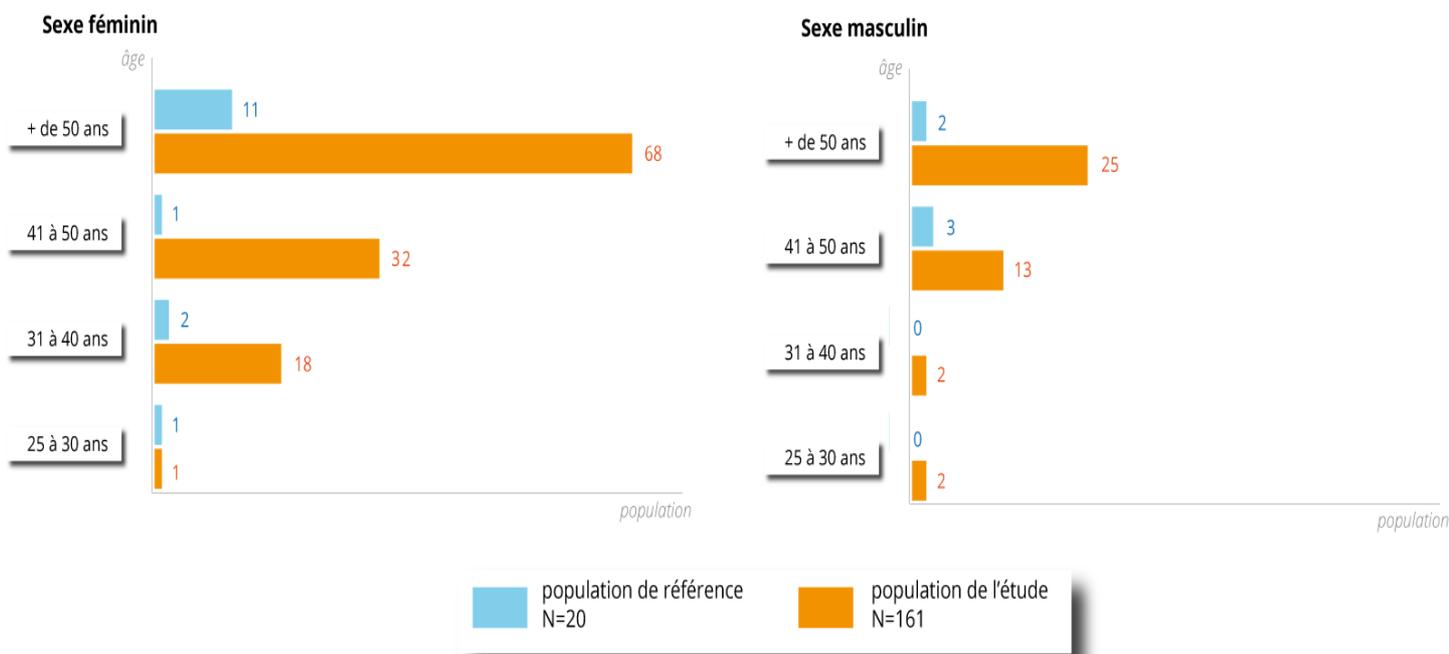
## 2. Caractéristiques sociodémographiques

Données sociodémographiques des médecins	Population d'étude N=161	Population de référence N=20	
Sexe Féminin	119 (73,9%)	15 (75,0%)	
Age			
25 à 30 ans	3 (1,9%)	1 (5,0%)	
31 à 40 ans	20 (12,4%)	2 (10,0%)	
41 à 50 ans	45 (28,0%)	4 (20,0%)	
Plus de 50 ans	93 (57,8%)	13 (65,0%)	
Durée d'exercice			
Moins de 10 ans	44 (27,3%)	6 (30,0%)	
Plus de 10 ans	117 (72,7%)	14 (70,0%)	
Secteur d'activité			
Primaire	31 (19,3%)	5 (25,0%)	
Secondaire	94 (58,4%)	7 (35,0%)	p=0,047*
Tertiaire	130 (80,7%)	15 (75,0%)	

**Tableau 6 : Données sociodémographiques de la population d'étude et celle de référence**

\* résultat statistiquement significatif ( $p < 0,05$ )

Notre population d'étude se compose de 161 médecins du travail parmi lesquels 119 (73,9%) sont des femmes et 42 (26,1%) sont des hommes. Soixante-huit (57,1%) femmes et 25 (59,5%) hommes ont plus de 50 ans. Ainsi, 93 (57,8%) médecins de la population étudiée ont plus de 50 ans et 117 (72,7%) spécialistes exercent la médecine du travail depuis plus de 10 ans. Parmi les 68 (42,2%) médecins ayant moins de 50 ans, 51 (75,0%) sont des femmes et 17 (25,0%) sont des hommes.



**Figure 9 : Répartition de la population d'étude et de référence par sexe et par tranche d'âge**

### Validation des caractéristiques sociodémographiques de la population d'étude

Les spécialistes de la population étudiée ont significativement plus d'entreprises à leur charge dans le secteur secondaire (94 spécialistes soit 58,4%) que ceux de la population de référence (7 médecins c'est à dire 35,0%).

Hormis pour ce secteur d'activité, l'analyse univariée ne retrouve pas de différence statistiquement significative concernant les caractéristiques sociodémographiques des médecins entre nos deux populations.

Nous pouvons donc considérer que notre population d'étude est représentative de la population générale des médecins du travail pour les critères sociodémographiques.

Région d'exercice	Femmes	Effectif total	Pourcentage
Provence-Alpes-Côte d'Azur	28	40	24,8
Rhône-Alpes	23	34	21,1
Lorraine	11	14	8,7
Nord-Pas-de-Calais	10	12	7,5
Midi-Pyrénées	10	11	6,8
Île-de-France	6	9	5,6
Poitou-Charentes	5	7	4,3
Alsace	4	5	3,2
Outre-mer	4	5	3,2
Champagne-Ardenne	3	4	2,5
Auvergne	1	3	1,9
Bretagne	2	3	1,9
Centre	3	3	1,9
Aquitaine	2	2	1,2
Bourgogne	2	2	1,2
Limousin	2	2	1,2
Corse	1	1	0,6
Franche-Comté	1	1	0,6
Haute-Normandie	0	1	0,6
Languedoc-Roussillon	1	1	0,6
Pays de la Loire	0	1	0,6
Total	161	161	100,0

**Tableau 7 : Répartition de la population étudiée par région d'exercice**

Les régions d'exercice pour nos 2 populations ne semblent pas comparables. On remarque que soixante-quatorze (45,9%) médecins de la population d'étude exercent dans les régions Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur, avec respectivement 40 (24,8%) médecins en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et 34 (21,1%) en région Rhône-Alpes. Concernant la population de référence, 8 (40,0%) spécialistes exercent en Alsace, en Aquitaine et en Bretagne parmi lesquels 4 (20,0%) médecins en Alsace, 2 (10,0%) médecins en Aquitaine et 2 (10,0%) médecins en Bretagne. Un (5,0%) médecin du travail de la population de référence travaille en PACA et un autre (5,0%) en Rhône-Alpes.

### 3. Evaluation des pratiques professionnelles

Pratiques professionnelles des médecins	Population d'étude N=161	Population de référence N=20	
Le médecin a déjà été confronté au problème du formaldéhyde	34 (21,1%)	5 (25,0%)	
Le médecin intègre la problématique « pollution environnementale » dans son évaluation des risques	68 (42,2%)	8 (40,0%)	
Le médecin vérifie les débits de ventilation	41 (25,5%)	5 (25,0%)	
Le médecin a déjà préconisé des métrologies	93 (57,8%)	12 (60,0%)	
Le médecin dispose d'une sonde formaldéhyde dans le service	28 (17,4%)	2 (10,0%)	

**Tableau 8 : Pratiques professionnelles des médecins de la population d'étude et de référence**

\* résultat statistiquement significatif ( $p < 0,05$ )

Quatre-vingt-treize (57,8%) médecins déclarent ne pas intégrer la problématique « pollution environnementale » dans leur évaluation des risques des bureaux, ce qui veut dire que moins de la moitié des médecins de notre population tient compte du risque associé au formaldéhyde pour ces locaux. On constate également que 127 (78,9%) spécialistes disent ne jamais avoir été confrontés à une pollution intérieure par le formaldéhyde dans l'air des bureaux mais que parmi ces derniers, 87 (68,5%) ne prennent pas en considération le risque associé à ce carbonylé dans leur évaluation des risques. De plus, au sein de ces médecins qui déclarent ne jamais avoir été confrontés et qui ne tiennent pas compte de la problématique, 43 (49,4%) n'ont jamais préconisé de mesures d'ambiance et aucun d'entre eux (100,0%) ne vérifient les débits de ventilation. En revanche, parmi les 34 (21,1%) spécialistes ayant déjà été confrontés au formaldéhyde, 28 (82,4%) tiennent compte de cette problématique, dont 16 (57,1%) vérifient la ventilation et 20 (71,4%) ont déjà préconisé des métrologies. Autrement dit, 28 (41,2%) des 68 médecins qui intègrent le risque du formaldéhyde à l'atmosphère des bureaux déclarent y avoir déjà été confrontés.

### Validation des pratiques professionnelles de la population d'étude

L'analyse statistique univariée ne retrouve pas de différence significative entre les pratiques professionnelles des médecins étudiés et celles des spécialistes de la population de référence. Nous pouvons donc considérer qu'elles sont comparables à celle des spécialistes de la population de référence.

### Cohérence des données recueillies

Il existe une différence statistiquement significative entre l'intégration par le médecin de la problématique « pollution environnementale » dans son évaluation des risques et la vérification des débits de ventilation » avec  $p < 0,0001$ . En d'autres termes, les médecins qui tiennent compte du risque associé à ce type de pollution vérifient d'avantage les débits de ventilation que ceux qui ne tiennent pas compte de celle-ci.

## **4. Connaissances sur le formaldéhyde**

### **4.1. Score total moyen obtenu au questionnaire**

La moyenne générale au questionnaire de connaissance est de 8,5/13, ce qui correspond à de bonnes connaissances sur l'échelle de niveau que nous avons préalablement définie. Dix questions de connaissances sur les 13 sont connues par la majorité des spécialistes interrogés. Moins de la moitié des médecins en revanche savent que les effets irritants sont précurseurs de tumeurs, que l'effet reprotoxique du formaldéhyde n'est pas avéré à l'heure actuelle et que ce carbonyle est également un composant naturel de notre organisme.

	Score total moyen (sur 13)	Analyse univariée	Analyse multivariée
<b>DONNEES SOCIODEMOGRAPHIQUES</b>			
Sexe Féminin	8,5 ± 2,4		
Age			
25 à 30 ans	9,0 ± 1		
31 à 40 ans	8,2 ± 3,5		
41 à 50 ans	8,6 ± 2,7		
Plus de 50 ans	8,5 ± 2,3		
Durée d'exercice			
Moins de 10 ans	8,4 ± 2,9		
Plus de 10 ans	8,5 ± 2,4		
Secteur d'activité			
Primaire	8,6 ± 2,7		
Secondaire	8,7 ± 2,4		
Tertiaire	8,4 ± 2,6		
<b>PRATIQUES PROFESSIONNELLES</b>			
Le médecin a déjà été confronté au problème du formaldéhyde	9,3 ± 2,7		
Le médecin intègre la problématique « pollution environnementale » dans son évaluation des risques	8,9 ± 2,6		p=0,4309
Le médecin vérifie les débits de ventilation	9,5 ± 1,7	p=0,0737	p=0,0563
Le médecin a déjà préconisé des métrologies	8,9 ± 2,4		
Le médecin dispose d'une sonde formaldéhyde dans le service	9,8 ± 1,4		

**Tableau 9 : Score total moyen obtenu au questionnaire en fonction des variables démographiques et de la pratique professionnelle**

#### Facteurs associés au niveau de connaissances global de la population d'étude

Aucun facteur n'est associé au score moyen en analyse univariée, c'est-à-dire au niveau de connaissances global des médecins de notre population d'étude. Ni la vérification des débits de ventilation, ni la prise en compte du risque associé au formaldéhyde inhalé dans les bureaux de travail n'influence le niveau de connaissance global des médecins du travail.

Néanmoins, nous constatons que le degré de significativité associé à la variable « vérification des débits de ventilation » est inférieur à 0,10. Il nous est donc paru pertinent de l'intégrer dans une analyse multivariée avec la variable « intégration de la problématique pollution environnementale ».

Bien que le résultat s'approche de la significativité pour la « vérification des débits de ventilation », il n'existe pas de différence statistiquement significative en analyse multivariée.

Niveau de connaissances	Score final au questionnaire	Effectif (médecins)	
Mauvais	1 sur 13	3	14
	2 sur 13	8	
	3 sur 13	2	
	4 sur 13	1	
Moyen	5 sur 13	1	24
	6 sur 13	11	
	7 sur 13	12	
Bon	8 sur 13	28	91
	9 sur 13	31	
	10 sur 13	32	
Très bon	11 sur 13	23	32
	12 sur 13	6	
	13 sur 13	3	

**Tableau 10 : Répartition des médecins selon leur score total au questionnaire de connaissance**

Nous notons que 123 (76,4%) médecins obtiennent un score au moins égal à 8/13, parmi lesquels 32 (19,9%) ont de très bonnes connaissances (note supérieure à 10/13) selon notre échelle de niveau et 91 (56,5%) ont de bonnes connaissances (note comprise entre 8 et 10/13). En revanche, 38 (23,6%) spécialistes obtiennent un score inférieur à 8/13, comprenant 24 (15%) médecins avec des connaissances moyennes (score total compris entre 5 et 7/13) et 14 (8,7%) qui ont de mauvaises connaissances (score total inférieur à 5/13) selon l'échelle de niveau que nous avons prédéfini. Par ailleurs, parmi les médecins de notre population d'étude qui exercent dans le secteur secondaire, 76/94 (80,9%) obtiennent un score total au moins égal à 8/13.

#### **4.2. Connaissances sur les questions d'intérêt majeur**

Quarante-quatre (27,3%) médecins connaissent les réponses à chacune des quatre questions d'intérêt majeur. Parmi ces derniers, 28 (63,6%) ont plus de 50 ans et 34 (77,3%) exercent la médecine du travail depuis plus de 10 ans.

Sources d'émission

	Population d'étude N=161	Population de référence N=20	
Quelle(s) proposition peu(t) (vent) être source(s) de formaldéhyde dans l'air intérieur ?			
<b>- Au moins 3/6 bonnes réponses</b>	<b>118 (73,3%)</b>	<b>15 (75%)</b>	
- Les dalles de faux plafonds	107 (66,5%)	10 (50,0%)	
- La fumée de tabac	114 (70,8%)	15 (75,0%)	
- Les sprays insecticides	63 (39,1%)	11 (55,0%)	
- Les désodorisants, parfums d'intérieurs, l'encens	73 (45,3%)	12 (60,0%)	
- Les panneaux de bois contreplaqués, agglomérés, stratifiés	144 (89,4%)	16 (80,0%)	
- Laine de verre / laine de roche	30 (18,6%)	2 (10,0%)	
- Je ne sais pas	9 (5,6%)	2 (10,0%)	
Le formaldéhyde est utilisé comme fixateur de pièces histologiques			
Vrai	137 (85,1%)	17 (85,0%)	
Faux	7 (4,3%)	0 (0,0%)	

**Tableau 11 : Comparaison des connaissances des médecins de la population d'étude et de la population de référence sur les sources d'émission possibles**

Cent dix-huit (73,3%) spécialistes connaissent les sources d'émission du formaldéhyde (c'est-à-dire obtiennent au moins 3 réponses correctes). Moins de la moitié des médecins du travail définissent les sprays insecticides, les désodorisants, les parfums d'intérieur, l'encens, la laine de verre et la laine de roche comme des sources possibles.

Il n'existe pas de différence statistiquement significative en analyse univariée entre nos deux populations. Le niveau de connaissance de la population d'étude sur les sources intérieures de formaldéhyde est représentatif de celui de la population générale de médecins du travail.

	Réponse incorrecte < 3 bonnes réponses N=43	Réponse correcte ≥ 3 bonnes réponses N=118
<b>DONNEES SOCIODEMOGRAPHIQUES</b>		
Sexe Féminin	35 (81,4 %)	84 (71,2 %)
Age		
25 à 30 ans	1 (2,3 %)	2 (1,7 %)
31 à 40 ans	5 (11,6 %)	15 (12,7 %)
41 à 50 ans	11 (25,6 %)	34 (28,8 %)
Plus de 50 ans	26 (60,5 %)	67 (56,8 %)
Durée d'exercice		
Moins de 10 ans	11 (25,6 %)	33 (28,0 %)
Plus de 10 ans	32 (74,4 %)	85 (72,0%)
Secteur d'activité		
Primaire	8 (18,6 %)	23 (19,5 %)
Secondaire	21 (48,8 %)	73 (61,9 %)
Tertiaire	38 (88,4 %)	92 (78,0%)
<b>PRATIQUES PROFESSIONNELLES</b>		
Le médecin a déjà été confronté au problème du formaldéhyde	5 (11,6 %)	29 (24,6 %)
Le médecin intègre la problématique « pollution environnementale » dans son évaluation des risques	17 (39,5 %)	51 (43,2 %)
Le médecin vérifie les débits de ventilation	9 (20,9 %)	32 (27,1 %)
Le médecin a déjà préconisé des métrologies	20 (46,5 %)	73 (61,9 %)
Le médecin dispose d'une sonde formaldéhyde dans le service	3 (7,0%)	25 (21,2 %)

**Tableau 12 : Connaissances sur les sources intérieures de formaldéhyde en fonction des variables démographiques et de la pratique professionnelle**

L'analyse statistique univariée ne retrouve pas de facteur associé au niveau de connaissance des médecins sur les sources d'émission. Aucune analyse multivariée n'a été effectuée.

### Effets du formaldéhyde sur la santé

	Population d'étude N=161	Population de référence N=20	
Symptôme(s) pouvant survenir lors d'une exposition par inhalation au formaldéhyde			
<b>- Au moins 2/5 bonnes réponses</b>	<b>141 (87,6%)</b>	<b>15 (75,0%)</b>	
- Oculaires	131 (81,4%)	16 (80,0%)	
- Oto-rhino-laryngologiques	122 (75,8%)	16 (80,0%)	
- Respiratoires	136 (84,5%)	15 (75,0%)	
- Apparition / aggravation d'un asthme	117 (72,7%)	13 (65,0%)	
- Je ne sais pas	14 (8,7%)	2 (10,0%)	
Questions plus générales sur les symptômes			
Le formaldéhyde est un gaz irritant à faibles doses			
Vrai	120 (74,5%)	17 (85,0%)	
Faux	24 (14,9%)	2 (10,0%)	
Le formaldéhyde est un cancérogène avéré			
Vrai	137 (85,1%)	17 (85,0%)	
Faux	13 (8,1%)	2 (10,0%)	
Les phénomènes irritatifs sont précurseurs de tumeurs			
Vrai	55 (34,2%)	7 (35,0%)	
Faux	40 (24,8%)	3 (15,0%)	
L'effet reprotoxique du formaldéhyde n'est pas avéré			
Vrai	54 (33,5%)	8 (40,0%)	
Faux	37 (23,0%)	2 (10,0%)	

**Tableau 13 : Comparaison des connaissances des médecins de la population d'étude et de la population de référence sur les effets sur la santé du formaldéhyde inhalé**

La symptomatologie induite par l'inhalation de formaldéhyde est maîtrisée par la majorité des médecins puisque pour chacun des items, plus de la moitié des spécialistes a su répondre correctement. En revanche, deux tiers de notre population ne sait pas que les symptômes à type d'irritation sont des effets précurseurs des tumeurs, et que l'effet reprotoxique du formaldéhyde n'a pour le moment pas été reconnu. La notion de reprotoxicité du formaldéhyde est celle que les médecins connaissent le moins : 70 (43,5%) spécialistes ne savent pas y répondre.

L'analyse univariée ne retrouve pas de différence statistiquement significative sur les connaissances des effets du formaldéhyde sur la santé entre la population d'étude et la population de référence. Les connaissances des populations à ce sujet sont donc comparables.

	Réponse incorrecte < 2 bonnes réponses N=20	Réponse correcte ≥ 2 bonnes réponses N=141	
<b>DONNEES SOCIODEMOGRAPHIQUES</b>			
Sexe Féminin	13 (65,0%)	106 (75,2 %)	
Age			
25 à 30 ans	0 (0,0%)	3 (2,1 %)	
31 à 40 ans	5 (25,0%)	15 (10,6 %)	
41 à 50 ans	6 (30,0%)	39 (27,7 %)	
Plus de 50 ans	9 (45,0%)	84 (59,6 %)	
Durée d'exercice			
Moins de 10 ans	8 (40,0%)	36 (25,5 %)	
Plus de 10 ans	12 (60,0%)	105 (74,5 %)	
Secteur d'activité			
Primaire	0 (0,0%)	31 (22,0%)	
Secondaire	8 (40,0%)	86 (61,0%)	
Tertiaire	16 (80,0%)	114 (80,9 %)	
<b>PRATIQUES PROFESSIONNELLES</b>			
Le médecin a déjà été confronté au problème du formaldéhyde	0 (0,0%)	34 (24,1 %)	
Le médecin intègre la problématique « pollution environnementale » dans son évaluation des risques	3 (15,0 %)	65 (46,1 %)	p=0,03*
Le médecin vérifie les débits de ventilation	1 (5,0 %)	40 (28,4 %)	
Le médecin a déjà préconisé des métrologies	9 (45,0 %)	84 (59,6 %)	
Le médecin dispose d'une sonde formaldéhyde dans le service	0 (0,0%)	28 (19,9 %)	

**Tableau 14 : Connaissances sur la symptomatologie induite par le formaldéhyde en fonction des variables démographiques et de la pratique professionnelle**

\* résultat statistiquement significatif ( $p < 0,05$ )

Seuls 20 (12,4%) médecins ne connaissent pas la symptomatologie induite par le formaldéhyde (c'est-à-dire qu'ils obtiennent moins de 2 bonnes réponses). Aucun d'entre eux n'a déclaré avoir déjà été confronté au formaldéhyde en tant que polluant intérieur des bureaux. Parmi ces 20 spécialistes n'ayant pas répondu correctement, et qui déclarent ne jamais avoir été confrontés, 17 (85,0%) médecins ne prennent pas en compte la pollution environnementale dans leur évaluation des risques, aucuns ne disposent de sonde formaldéhyde et seul 1 (5,0%) médecin vérifie les débits de ventilation. Au sein des 65 médecins qui connaissent les symptômes et qui tiennent compte de la problématique, 28 (43,1%) y ont déjà été confrontés, 40 (61,5%) vérifient les débits de ventilation et 41 (63,0%) ont déjà préconisé des métrologies.

Le seul critère associé au niveau de connaissances des médecins sur la symptomatologie est l'intégration de la problématique « pollution environnementale » dans l'évaluation des risques des bureaux de travail ( $p=0,03$ ). Autrement dit, les médecins qui tiennent compte du risque associé au formaldéhyde dans leur évaluation des risques ont une meilleure connaissance des effets de ce carbonylé sur la santé.

Une analyse multivariée a été réalisée en incluant le critère « vérification des débits de ventilation » et le critère « intégration de la problématique pollution environnementale », pour éliminer un facteur de confusion potentiel (au vu des résultats précédents avec  $p<0,0001$ ) et retrouve l'odds ratio suivant  $OR=1,123$  [1,013 ; 1,245].

#### Effets précurseurs de tumeurs

	Vrai N=55	Faux N=40	Analyse univariée	Analyse multivariée
<b>DONNEES SOCIODEMOGRAPHIQUES</b>				
Sexe Féminin	38 (69,1 %)	31 (77,5 %)		
Age				
25 à 30 ans	0 (0,0%)	1 (2,5 %)		
31 à 40 ans	7 (12,7 %)	6 (15,0%)		
41 à 50 ans	14 (25,5 %)	11 (27,5 %)		
Plus de 50 ans	34 (61,8 %)	22 (55,0%)		
Durée d'exercice				
Moins de 10 ans	13 (23,6 %)	15 (37,5 %)		
Plus de 10 ans	42 (76,4 %)	25 (62,5 %)		
Secteur d'activité				
Primaire	14 (25,5 %)	8 (20,0%)	p=0,099	OR= 0,40 [0,12;1,34]
Secondaire	31 (56,4 %)	28 (70,0%)		
Tertiaire	45 (81,8 %)	32 (80,0%)		
<b>PRATIQUES PROFESSIONNELLES</b>				
Le médecin a déjà été confronté au problème du formaldéhyde	16 (29,1 %)	12 (30,0%)		
Le médecin intègre la problématique « pollution environnementale » dans son évaluation des risques	27 (49,1 %)	17 (42,5 %)	p=0,092	OR= 2,47 [0,77;7,88]
Le médecin vérifie les débits de ventilation	18 (32,7 %)	9 (22,5 %)		
Le médecin a déjà préconisé des métrologies	39 (70,9 %)	21 (52,5 %)		
Le médecin dispose d'une sonde formaldéhyde dans le service	13 (23,6 %)	7 (17,5 %)		

**Tableau 15 : Connaissances des effets précurseurs de tumeurs en fonction des variables démographiques et de la pratique professionnelle**

Nous constatons que 55 (34,2%) médecins de notre population savent que les phénomènes irritatifs induits par le formaldéhyde sont des effets critiques précurseurs de l'induction tumorale. Soixante-six (41,0%) médecins ne savent pas répondre et soixante (90,9%) d'entre eux déclarent ne jamais avoir rencontré de problème lié à une pollution par ce carbonyle dans l'air intérieur des bureaux. Au sein des 28 médecins qui n'ont à la fois pas répondu correctement et qui déclarent ne jamais avoir été confrontés, 21 (75,0%) ne prennent pas en compte la pollution environnementale dans leur évaluation des risques et 24 (85,7%) ne vérifient pas les débits de ventilation. En revanche, parmi les 27 médecins qui connaissent les effets précurseurs et qui tiennent compte de la problématique, 12 (44,4%) ont déjà été confrontés et 18 (66,7%) vérifient les débits de ventilation.

L'analyse statistique ne retrouve pas de facteur associé au niveau de connaissance des médecins sur les effets précurseurs de tumeurs en analyse univariée.

Une analyse multivariée a été réalisée en incluant les critères « secteur secondaire » et « problématique intégrée dans l'évaluation des risques » mais n'a pas retrouvé de facteur indépendamment lié.

Voie d'exposition principale

	Vrai N=140	Faux N=10	Analyse univariée	Analyse multivariée
<b>DONNEES SOCIODEMOGRAPHIQUES</b>				
Sexe Féminin	103 (73,6 %)	8 (80,0%)		
Age				
25 à 30 ans	3 (2,1 %)	0 (0,0%)		
31 à 40 ans	17 (12,1 %)	1 (10,0%)		
41 à 50 ans	36 (25,7 %)	5 (50,0%)		
Plus de 50 ans	84 (60,0%)	4 (40,0%)		
Durée d'exercice				
Moins de 10 ans	39 (27,9 %)	2 (20,0%)		
Plus de 10 ans	101 (72,1 %)	8 (80,0%)		
Secteur d'activité				
Primaire	30 (21,4%)	0 (0,0%)	p=0,056	OR= 0,38 [0,12;1,23]
Secondaire	85 (60,7%)	3 (30,0%)		
Tertiaire	112 (80,0%)	9 (90,0%)		
<b>PRATIQUES PROFESSIONNELLES</b>				
Le médecin a déjà été confronté au problème du formaldéhyde	30 (21,4 %)	2 (20,0%)		
Le médecin intègre la problématique « pollution environnementale » dans son évaluation des risques	60 (42,9 %)	6 (60,0%)		
Le médecin vérifie les débits de ventilation	35 (25,0%)	5 (50,0%)		
Le médecin a déjà préconisé des métrologies	84 (60,0%)	5 (50,0%)		
Le médecin dispose d'une sonde formaldéhyde dans le service	26 (18,6%)	2 (20,0%)	p=0,067	OR= 1,16 [0,31;4,34]

**Tableau 16 : Connaissances de la voie principale d'exposition au formaldéhyde en fonction des variables démographiques et de la pratique professionnelle**

Cent quarante (87,0%) médecins savent que la voie d'exposition principale au formaldéhyde est l'inhalation, et 10 (6,2%) en revanche ont mal répondu. Onze médecins (6,8%) ne le savent pas, 10 (90,9%) d'entre eux ne vérifient pas les débits de ventilation dans les bureaux et aucun ne disposent de sonde formaldéhyde dans leur service. Neuf (81,8%) des spécialistes n'ayant pas su répondre déclarent ne jamais avoir été confronté à ce type de pollution dans les bureaux, parmi lesquels 8 (88,9%) spécialistes n'intègrent pas le risque associé au formaldéhyde dans leur évaluation des risques. Au sein des médecins n'ayant pas répondu correctement qui déclarent ne jamais avoir été confrontés, 4/8 (50,0%) ne prennent pas en compte la pollution environnementale dans leur évaluation des risques et 5/8 (62,5%) ne vérifient pas les débits de ventilation.

L'analyse statistique univariée ne retrouve pas de facteur lié au niveau de connaissance des médecins pour la question sur la voie principale d'exposition.

Néanmoins, le degré de significativité associé aux variables « secteur secondaire » et « sonde formaldéhyde » est inférieur à 0,10. Une analyse multivariée a donc été réalisée mais n'a pas retrouvé de différence statistiquement significative.

#### 4.3. Connaissances générales et environnement de travail des médecins étudiés

GENERAL	Population d'étude N=161	Population de référence N=20	
Le formaldéhyde peut être sous forme aqueuse, solide ou gazeuse			
Vrai	97 (60,2%)	13 (65,0%)	
Faux	45 (28,0%)	4 (20,0%)	
Il peut être directement émis ou formé secondairement			
Vrai	139 (86,3%)	19 (95,0%)	
Faux	9 (5,6%)	0 (0,0%)	
C'est un composant naturel de l'organisme			
Vrai	31 (19,3%)	3 (15,0%)	
Faux	76 (47,2%)	11 (55,0%)	
La voie d'exposition principale est l'inhalation			
Vrai	140 (87,0%)	18 (90,0%)	
Faux	10 (6,2%)	1 (5,0%)	
Les taux intérieurs dépendent de la température et de l'hygrométrie			
Vrai	95 (59,0%)	11 (55,0%)	
Faux	12 (7,5%)	1 (5,0%)	
Textes réglementaires existent			
Vrai	145 (90,1%)	17 (85,0%)	
Faux	5 (3,1%)	1 (5,0%)	

**Tableau 17: Connaissances générales et environnement de travail des médecins de la population d'étude et de celle de référence**

Concernant l'environnement de travail des médecins, 143 (88,8%) spécialistes ont eux-mêmes dans leur bureau des meubles stratifiés et 134 (83,2%) déclarent des dalles de faux plafonds.

Les médecins qui ont des meubles stratifiés dans leur bureau sont significativement plus nombreux dans la population étudiée que dans la population de référence avec  $p=0,0036$ .

L'analyse statistique ne retrouve pas de différence significative sur les connaissances générales des médecins du travail entre nos deux populations. Nous pouvons considérer que

les connaissances générales de notre population d'étude sont représentatives de celles de la population générale de médecins du travail.

#### Validation des connaissances de la population d'étude

Au vu de l'ensemble des résultats, nous pouvons dire qu'il n'existe pas en analyse univariée de différence statistiquement significative entre les connaissances de nos 2 populations pour chacune des treize questions posées. Les connaissances de notre population d'étude sont donc comparables à celles de la population de référence.

## IV/ DISCUSSION

### 1. Discussion des principaux résultats

Avec une moyenne générale au questionnaire de 8,5/13, nous pouvons dire que le formaldéhyde est un sujet connu des spécialistes étudiés. Toutefois, le risque inhalatoire qui lui est associé est peu recherché par les médecins du travail dans leur pratique courante lors de l'analyse des bureaux. Seuls 42,2% des spécialistes de notre étude en tiennent compte. La sous déclaration des affections liées au formaldéhyde en maladie professionnelle (7 cas en France en 2014) (24) pourrait s'expliquer en partie, non pas par le niveau de connaissances qui est majoritairement bon mais par le fait que les médecins étudiés ne le recherchent pas lors de leur évaluation des risques des bureaux de travail. Nous avons constaté qu'une majorité de 127 médecins déclarent ne jamais avoir été confrontés au problème du formaldéhyde dans les bureaux mais que parmi ces derniers, 87 (68,5%) spécialistes ne tiennent pas compte de la pollution environnementale. Les connaissances et les pratiques des médecins du travail concernant la pollution par le formaldéhyde dans l'air intérieur des bureaux de travail ne sont pas documentées dans la littérature scientifique. Le manque de données pourrait impacter la prise de conscience du risque.

Notre population est comparable à celle de référence. Nous avons néanmoins constaté que les médecins étudiés avaient significativement plus d'entreprises à leur charge dans le secteur secondaire que ceux de la population de référence ( $p=0,047$ ). Cette différence pourrait s'expliquer par notre méthode de recrutement qui est basée sur le volontariat, contrairement à la population de référence recrutée après randomisation. En effet, le formaldéhyde en tant que polluant de fabrication a longuement été étudié et est bien connu des milieux à pollution spécifique qui sont nombreux dans le secteur industriel. Nous pouvons donc nous demander si ces médecins dont le domaine d'exercice touche le secondaire ont choisi de participer en raison d'une meilleure maîtrise du sujet.

La majorité des spécialistes étudiés (85,8%) est âgée de plus de 41 ans et exerce la médecine du travail depuis plus de 10 ans (72,7%), ce qui nous amène à penser qu'ils ont très probablement déjà été confrontés à une pollution par le formaldéhyde et que leur expérience professionnelle pourrait être en faveur d'un meilleur niveau de connaissance sur le sujet. Néanmoins ni l'âge ni la durée d'exercice n'ont été identifiés comme étant des facteurs associés aux connaissances. Au final, nous n'avons retrouvé aucun facteur indépendamment lié au niveau de connaissances global.

Les médecins qui prennent en considération la pollution environnementale dans les bureaux, vérifient d'avantage les débits de ventilation que ceux qui n'en tiennent pas compte, ce qu'il nous paraissait logique d'affirmer avant même d'effectuer notre étude. Néanmoins, pour valider la cohérence de nos résultats nous avons recherché ce lien statistiquement et mis en évidence une différence significative entre ces 2 variables avec  $p < 0,0001$ . Nous pouvons donc confirmer que nos résultats sont cohérents.

Les questions pour lesquelles le manque de connaissance a été objectivé (médecins ne sachant pas répondre ou réponses incorrectes à la question posée) mettent en avant les notions importantes à cibler pour une formation ultérieure. Un tiers des médecins ne savent pas que les conditions de température et d'hygrométrie influencent les niveaux de concentration intérieurs en formaldéhyde. Or, il est important de prendre en considération un travailleur qui pourrait se plaindre de symptômes aspécifiques car ils peuvent être exacerbés par une chaleur ou une sécheresse de l'air trop importante et évoluer sur le long terme vers une symptomatologie invalidante. Les lacunes les plus importantes à souligner concernent la notion de reprotoxicité du formaldéhyde, qui n'est à l'heure actuelle pas avérée, et les phénomènes irritatifs qui sont précurseurs de tumeurs. Ce dernier point est important à connaître puisqu'il a un intérêt majeur pour le suivi médical et la réparation possible en

maladie professionnelle. C'est d'ailleurs la seule question d'intérêt majeur sur les quatre pour laquelle les médecins « sachants » sont en minorité (55/161 soit 34,2%).

Par ailleurs, les médecins de notre population ont de bonnes connaissances concernant les effets du formaldéhyde sur la santé. En effet, pour chaque symptôme proposé une majorité a su répondre correctement. La prise en compte de la problématique « pollution environnementale » dans l'évaluation des risques des bureaux de travail n'influe pas sur le niveau de connaissances global, bien qu'il en ressorte une différence significative pour une seule question, celle sur la symptomatologie induite. Ces résultats sont cohérents puisque la clinique est le fondement de la profession médicale.

Il aurait été intéressant de demander si les médecins du travail étudiés avaient auparavant déjà reçu une formation sur ce risque chimique afin de rechercher si le fait d'avoir été formé influençait l'intégration de la problématique dans l'évaluation des risques et la vérification des débits de ventilation.

## **2. Limites de l'étude**

### **2.1. Discussion des biais**

#### Biais de sélection

Le taux de réponses complètes a été meilleur lors du recrutement de la population de référence que pour notre échantillon et aucun rappel n'a été nécessaire. Cela pourrait s'expliquer par la différence méthodologique utilisée. Il est possible que les médecins aient eu une meilleure observance parce que nous les avons contactés personnellement par téléphone, ce qui a permis de répondre à leurs questions et de leur commenter lorsque c'était nécessaire, notre méthodologie de travail. La puissance de notre étude aurait probablement été meilleure si nous avions en premier lieu effectué une randomisation, puis contacté chaque spécialiste pour expliquer notre méthode de travail, obtenir leur accord et répondre aux éventuelles questions.

La faible taille de notre échantillon pourrait s'expliquer par une réticence de la part des médecins de se voir évaluer sur un sujet, par leur indisponibilité, ou encore par le manque de maîtrise possible de l'outil informatique. Nous avons eu peu de retours malgré nos relances concernant les refus de participation. Un des directeurs a répondu que notre travail n'était pas la priorité du service, du fait du manque de temps pour y répondre. Nous aurions peut-être dû envoyer nos demandes à la direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (DIRECCTE) plutôt qu'aux directions. Un courriel d'un médecin inspecteur du travail aurait peut-être eu plus d'impact sur les médecins du travail que celui d'un directeur de service.

Le nombre initial de spécialistes ayant reçu notre lien de participation est inconnu puisque nous n'avons pas eu de retour exhaustif de la part des directions ayant accepté de transmettre notre courriel aux médecins de leurs services. De plus, il n'existe actuellement pour l'année 2015 aucunes données précises publiées dans la littérature concernant le nombre exact de services de santé au travail interentreprises, de même que pour le nombre de spécialistes y travaillant. Il nous est donc impossible de connaître pour le moment le nombre précis et total de médecins en interentreprise visés par ce travail en 2015.

Enfin, nous pouvons nous interroger sur la motivation des spécialistes qui se sont portés spontanément volontaires. Nous nous sommes demandé s'ils avaient pu choisir de participer parce qu'ils estimaient avoir une meilleure connaissance du sujet. De plus, une majorité de 40 (24,8%) médecins exercent en région PACA. Il est possible que ces derniers aient plus facilement accepté de participer par courtoisie, étant donné mon passage au sein de certaines grosses entreprises dans lesquelles une présentation de l'interne en stage est systématiquement publiée, avec photographie d'identité, dans le bulletin mensuel d'information.

### Biais d'information

Il est probable que des médecins aient pu être considérés comme « sachant » alors qu'ils ne l'étaient pas. En effet, l'utilisation d'un questionnaire en ligne avec la possibilité d'interrompre les réponses et de les reprendre à distance n'a pas permis de s'assurer de la bonne foi des participants à ce questionnaire. Cela aura pu inciter certains à rechercher les réponses, ou à en discuter avec leur entourage.

### Biais de confusion

L'absence d'études similaires dans la littérature actuelle ne nous a pas permis de mettre en évidence les biais de confusion à éviter. Néanmoins, nous avons réalisé une analyse multivariée afin de distinguer des facteurs indépendamment associés au niveau de connaissance des médecins du travail français sur le formaldéhyde.

## **2.2. Maîtrise des biais**

Afin de limiter les biais, nous avons pris certaines précautions et multiplié les investigations.

Nous n'avons pas pu déterminer le nombre de spécialistes dans notre population source (en d'autres termes, ceux à qui les directeurs ont transféré notre lien de participation). Nous avons donc créé une population de référence, afin de vérifier que notre population cible n'était pas trop éloignée de notre population source. Ainsi, nous avons complété notre travail par un tirage au sort au sein des médecins du travail Français afin d'obtenir un échantillon représentatif de la population générale et valider notre population d'étude.

Par ailleurs, pour limiter l'écart entre notre population source et notre échantillon (c'est à dire les médecins inclus ayant terminé le questionnaire), nous avons envoyé un courriel explicatif (annexe 8), ainsi qu'une méthodologie écrite de notre travail (annexe 9) détaillant la procédure informatique utilisée. En l'absence de participation malgré l'inscription, un rappel était envoyé. Ainsi, nous avons effectué trois rappels. Enfin, nous avons permis aux spécialistes

d'interrompre leur questionnaire et de le reprendre à distance afin de limiter les démissions de l'enquête.

L'enregistrement des réponses a été facilité par l'utilisation du logiciel LimeSurvey qui a permis d'extraire directement les données sous Excel, évitant ainsi le risque d'erreur d'interprétation lors du report manuel des réponses.

L'anonymat devait permettre de sécuriser les médecins participants quant à une éventuelle crainte de leur part de se voir jugés sur leurs réponses.

Après contact de la DIRECCTE nationale, il ne nous a pas été possible d'établir une liste exhaustive de l'ensemble des Services de Santé au Travail Interentreprises (SSTI), ou encore des Service de Santé Autonome (SSA) étant donné qu'il existe des secteurs géographiques dépourvus de médecin inspecteur et donc non renseignés statistiquement. Nous avons donc effectué des recherches parmi les données disponibles sur les médecins du travail en 2015 via le site de la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (Drees) du ministère en charge des affaires sociales et de la santé, qui ne nous ont pas permis de retrouver ces statistiques. Nous n'avons pas pu obtenir ces données malgré une demande effectuée auprès de la direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (DARES). Le rapport élaboré par la direction générale du travail, au sein du Ministère du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social, intitulé « conditions de travail-bilan 2015 », ne sortira que lors du second semestre 2016 et les données ne sont pas communicables pour l'instant. Nous avons donc utilisé le bilan 2014 des conditions de travail, qui recueille les données des DIRECCTE, et qui dénombreait 277 SSTI et 756 SSA. Selon ce même bilan, l'effectif des médecins du travail s'élevait à 5 048 équivalents temps plein, dont 4 389 dans les SSTI et 659 dans les services autonomes (73). Le Centre Interservices de Santé et de Médecine du travail en Entreprise (CISME) comptait en 2015 parmi ses adhérents, 270 SSTI avec selon eux peu de SSTI non adhérents. Ils couvrent donc une majorité des SSTI sur la France entière et donc des médecins du travail. Au vue de la démographie actuelle, la volonté de

maximiser la validité scientifique et la portée de cette étude nous a conduits à nous intéresser directement à ces 270 services afin de viser un maximum de médecins du travail.

### **3. Points forts de l'étude**

Notre étude est novatrice. Il n'existe dans la littérature actuelle aucun travail d'analyse des connaissances et des pratiques professionnelles chez des médecins du travail concernant le formaldéhyde dans l'air intérieur des bureaux. L'accroissement du nombre de cas de syndrome du bâtiment malsain liés au formaldéhyde concernant les bureaux de travail montrent que cette problématique est en plein essor et que notre choix de sujet est opportun.

Nous avons construit un questionnaire de connaissances sur le formaldéhyde (annexe 10) car aucun autre n'avait été publié jusqu'à présent et qu'il n'existe à l'heure actuelle pas de « gold standard ». Pour ce faire, nous avons effectué une recherche bibliographique étendue, élaboré des questions permettant de répondre à la problématique posée et d'analyser des connaissances qui nous semblaient utiles à l'évaluation du risque associé au formaldéhyde inhalé dans les bureaux de travail. Nous avons privilégié l'utilisation de questions fermées employées pour leur facilité de traitement informatique, permettant d'éviter la subjectivité et laissant peu de place à l'interprétation. Les autres points positifs de notre questionnaire sont l'absence de coût, la facilité de compréhension, et un temps de réponse moyen, estimé à 15 minutes, avec possibilité pour le médecin participant, d'interrompre ses réponses et de les reprendre à distance.

Ce travail et l'envoi d'une correction des questions, élaborée par nos soins (annexe 11), à chaque spécialiste après la clôture de son questionnaire ont permis une sensibilisation de la population de médecins du travail sur un sujet longuement étudié dans les milieux à pollution spécifique mais peu développé dans le secteur tertiaire et particulièrement dans les bureaux de travail.

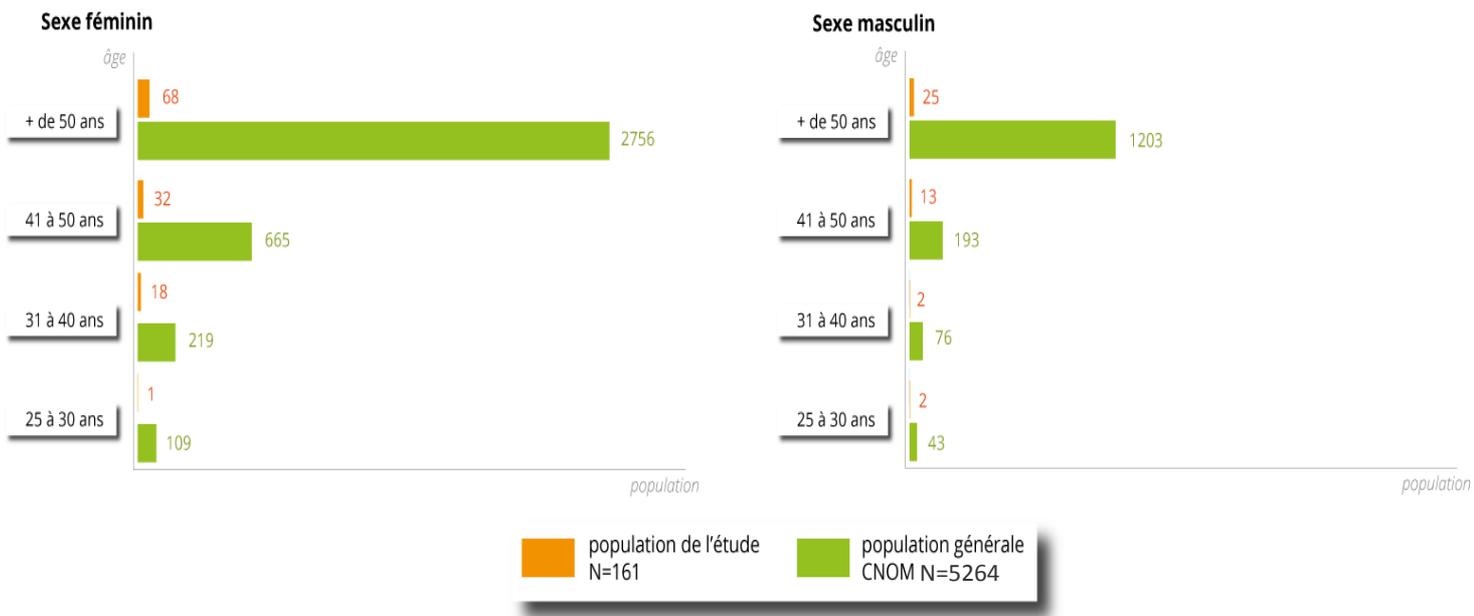
Le calcul d'un score global a permis de comparer le niveau de connaissances sur le formaldéhyde des médecins du travail étudiés. Ainsi, nous avons pu identifier les lacunes qui pourraient faire l'objet d'une formation ciblée et vérifier les connaissances acquises sur lesquelles le formateur n'aura pas à insister.

Notre étude est intéressante à replacer dans le contexte actuel. Le médecin du travail anime et coordonne l'équipe pluridisciplinaire. Il préconise les actions et se place en arbitre comme le définit la loi du 20 juillet 2011 relative à l'organisation de la médecine du travail (74). Il est donc important d'insister sur le fait que les médecins du travail ont dans l'ensemble de bonnes connaissances sur le formaldéhyde.

Dans le cadre de notre travail, nous avons élaboré un document contenant des mesures de prévention applicables aux immeubles de bureaux et des critères de choix pour l'acquisition d'une sonde de mesure (annexe 12). Nous proposons ainsi une démarche structurée destinée aux médecins du travail qui pourraient se retrouver confrontés à des salariés présentant une symptomatologie susceptible d'être en lien avec leurs environnements de travail. Nous avons également élaboré une « liste non exhaustive des sources intérieures pouvant être à l'origine d'une exposition au formaldéhyde » (annexe 2), sur laquelle les médecins pourraient éventuellement s'appuyer pour identifier et hiérarchiser les risques.

#### **4. Comparaison des résultats avec la littérature scientifique**

Pour renforcer la validité de notre échantillon, les éléments sociodémographiques renseignés dans l'Atlas de la démographie médicale en France 2015 par le CNOM (75) ont été étudiés afin de les comparer avec notre population d'étude. Pour une meilleure compréhension, nous avons réalisé les figures 10, 11 et 12 ci-dessous.



**Figure 10 : Répartition de la population d'étude et de la population générale par sexe et par tranche d'âge**

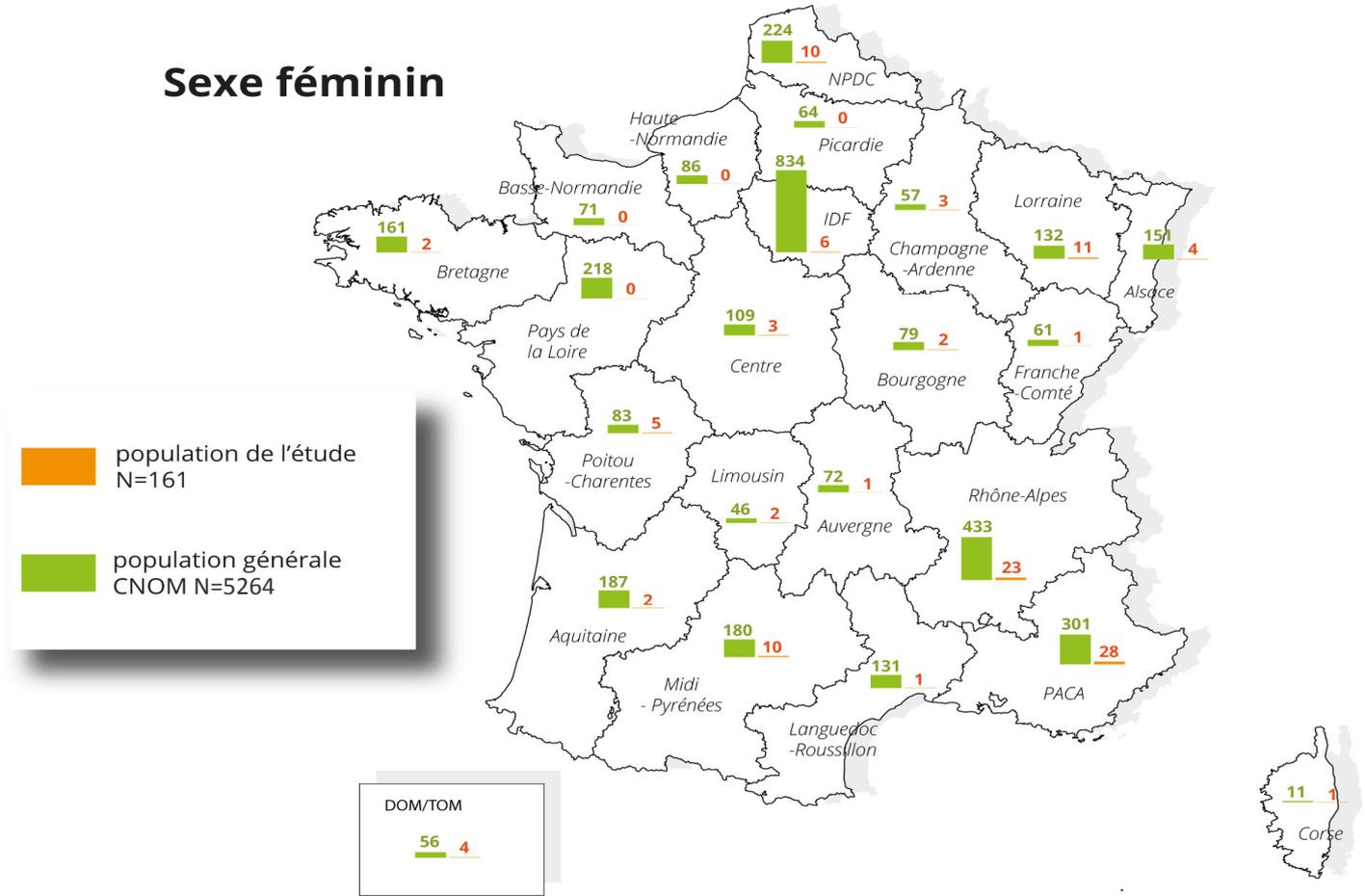
(Figure construite à partir des données de l'Atlas de la démographie médicale en France 2015)

CNOM : Conseil National de l'Ordre des Médecins

La population générale de médecins du travail français selon le CNOM était constituée en 2015 de 5264 médecins du travail, dont 3749 (71,2%) femmes et 1515 (28,8%) hommes. L'âge moyen était de 55 ans. Dans notre population, nous avons observé la même répartition avec 119 (73,9%) femmes et 42 (26,1%) hommes. Parmi les 1305 spécialistes issus de la population générale de médecins du travail de moins de 50 ans, 993 (76,1%) étaient des femmes. De même, dans notre population, 51 (75,0%) sont des femmes.

Les données sociodémographiques de notre population d'étude semblent comparables à celle de la population générale de médecins du travail français.

## Sexe féminin



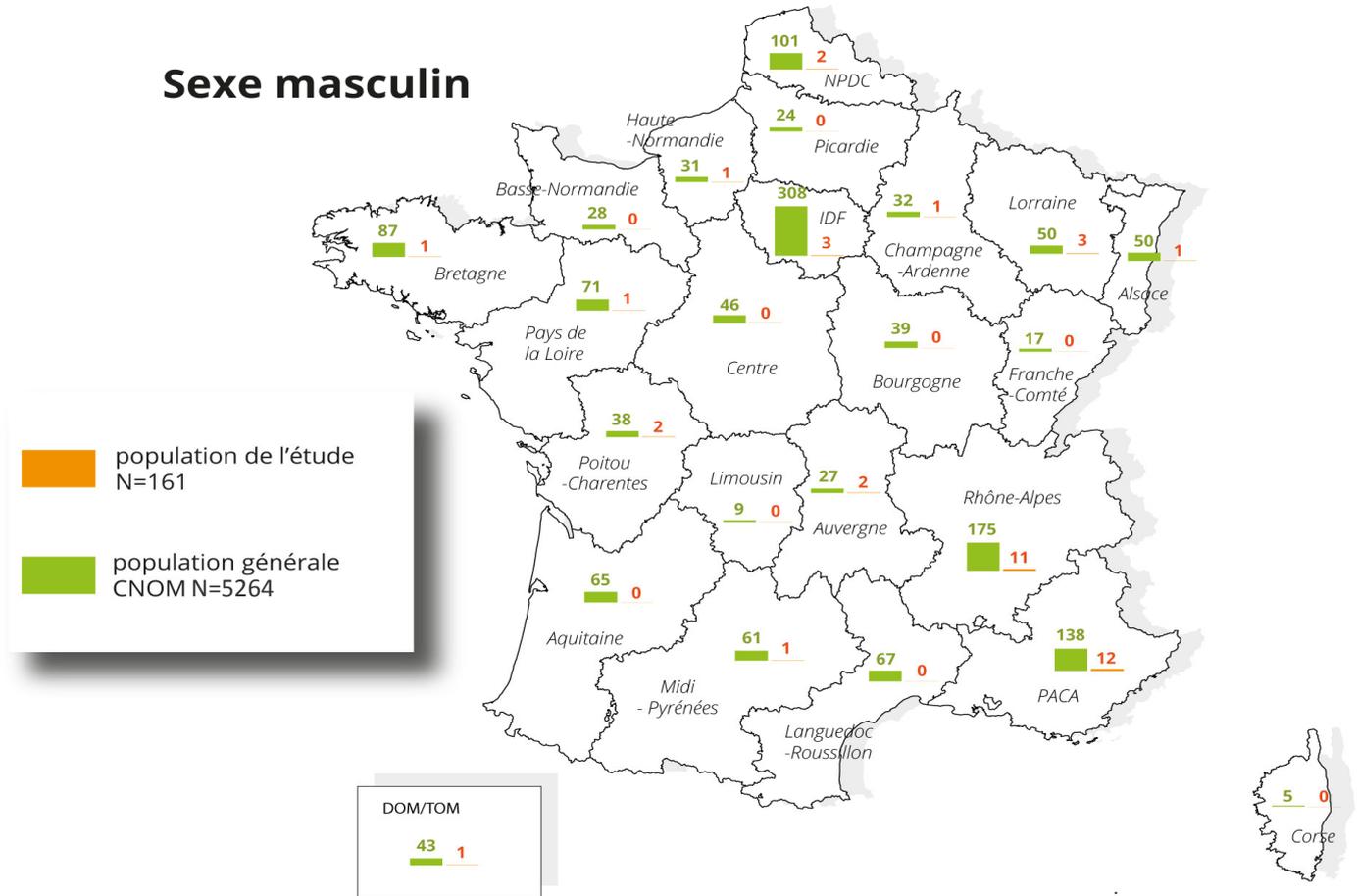
**Figure 11 : Répartition des femmes de la population d'étude et de la population générale par région d'exercice**

(Figure réalisée à partir des données de l'Atlas de la démographie médicale en France situation au 1<sup>er</sup> Janvier 2015 à l'aide du logiciel Adobe Illustrator)

CNOM : Conseil National de l'Ordre des Médecins, DOM/TOM : Départements et Territoires d'Outre-Mer, IDF : Île-de-France, NPDC : Nord-Pas-de-Calais, PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur

Selon l'atlas de la démographie médicale 2015, la majeure partie des médecins du travail français exerçaient en Île-de-France. Ils étaient 1142 (21,7%) spécialistes parmi lesquels on comptait 834 (15,8%) femmes et 308 (5,9%) hommes. Les deux régions les plus fréquentées ensuite étaient la région Rhône-Alpes et la région PACA. Cette dernière comptait 439 (8,3%) médecins parmi lesquels 301 (5,7%) femmes et 138 (2,6%) hommes. La majorité des spécialistes de notre échantillon exerce en PACA avec 40 (24,8%) médecins, dont 28 (17,4%)

femmes et 12 (7,5%) hommes. L'Île de France ne compte en revanche que 9 (5,6%) médecins du travail parmi lesquels on dénombre 6 (3,7%) femmes et 3 (1,9%) hommes.



**Figure 12 : Répartition des hommes de la population d'étude et de la population générale par région d'exercice**

(Figure réalisée à partir des données de l'Atlas de la démographie médicale en France situation au 1<sup>er</sup> Janvier 2015 à l'aide du logiciel Adobe Illustrator)

CNOM : Conseil National de l'Ordre des Médecins, DOM/TOM : Départements et Territoires d'Outre-Mer, IDF : Île-de-France, NPDC : Nord-Pas-de-Calais, PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur

Les effectifs associés à la région Rhône-Alpes pour la population générale et notre population d'étude paraissent comparables. Elle comptait en 2015, 608 (11,6%) médecins dont 433 (8,2%) femmes et 175 (3,3%) hommes, tandis que notre échantillon dénombrait 34 (21,1%) spécialistes dont 23 (14,3%) femmes et 11 (6,8%) hommes. La répartition selon la région d'exercice de la population générale des médecins du travail ne semble pas comparable à celle

de nos médecins étudiés. La comparaison était ambitieuse étant donné la faible taille de notre échantillon.

Une revue de la littérature américaine écrite par J.A. Bernstein en 2008 (76) avait pour but de fournir aux allergologues des informations utiles à leur pratique concernant des allergènes environnementaux qui colonisent notre air intérieur dont le formaldéhyde. Il tentait de fournir une base de connaissances spécifiques sur les effets sanitaires de la pollution non industrielle de l'air intérieur dont fait partie ce carbonylé et sur les sources d'émission possibles. Avec une moyenne de 22 heures par jour passées à l'intérieur, il en résulte des effets plus ou moins néfastes sur la santé des personnes les plus sensibles. C'est pourquoi selon l'auteur, la formation des praticiens est indispensable à une prise en charge adaptée des patients pouvant présenter des symptômes dont le lien avec une mauvaise qualité de l'air intérieur serait suspecté. De même, nous proposons dans le cadre de ce travail, un document de prévention (annexe 12) à destination des médecins du travail, ainsi qu'une liste des principales sources d'émission pouvant être retrouvées dans notre intérieur.

Dans un rapport de 2009 sur les risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde (7), l'ANSES démontrait que les émissions intérieures de formaldéhyde provenaient essentiellement de résines utilisées comme liant organique pour les panneaux de bois stratifiés et certains matériaux d'isolation tels que les dalles de faux plafonds. La quantité annuelle en formaldéhyde utilisée pour la production de ces résines en France s'élevait en 2006 à 190 000 tonnes, ce qui représentait 70,0% de la consommation annuelle. De plus, l'Agence, appuyée du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment et du Laboratoire d'Etudes des Particules Inhalées, avait déjà constaté en 2008 (70) que ce relargage pouvait perdurer plusieurs années après la pose. Le niveau d'émission d'une dalle ancienne après 3 jours par exemple était équivalent au niveau d'émission à 28 jours d'une dalle neuve. Nous avons pu remarquer dans notre étude que les médecins de notre population sont nombreux à avoir eux-mêmes dans leur

bureau des meubles stratifiés (43 soit 88,8% des spécialistes étudiés) et/ou des dalles de faux plafonds (134 soit 83,2%). Il est donc possible qu'ils puissent eux aussi être concernés par une pollution environnementale par le formaldéhyde.

La revue de la littérature de 2005 formulé par I. Myers au sujet des effets sanitaires de la pollution de l'air intérieur (77) affirme que le manque de données scientifiques impacte la prise de conscience et que le médecin du travail a un rôle important à jouer en termes d'information et de prévention du risque associé à la pollution de l'air intérieur. Tout comme nous le faisons dans cette étude, l'auteur insiste sur le rôle de la prévention et propose des solutions pour limiter cette pollution telles qu'une ventilation adaptée dans les immeubles ou l'utilisation de produits labélisés. Il évoque le cumul d'exposition possible entre le lieu de travail et le domicile, qui fait toute la complexité de cette problématique qu'est la pollution environnementale.

Les médecins généralistes ont également un rôle important à jouer en termes de prévention et la collaboration de ce dernier avec le médecin du travail peut avoir un intérêt dans la prise en charge thérapeutique et la réinsertion professionnelle d'un travailleur. Dans une thèse de 2014 sur l'évaluation de la perception et des connaissances des médecins généralistes de la Gironde sur les facteurs de risque environnementaux cancérogènes (78), seuls 66 (30,8%) médecins sur les 214 interrogés déclaraient informer leurs patients sur ces facteurs. Le manque de connaissance était le principal facteur limitant, cité par 176 (82,2%) médecins ayant participé à l'enquête. Cent quatre-vingt-dix-sept (92,0%) médecins généralistes avaient déclaré être intéressés par une formation sur le thème cancer et environnement si elle leur était proposée mais parmi eux 122 (61,9%) déclaraient que ce n'était pas leur priorité, ce qui vient renforcer le fait qu'une formation pourrait leur être proposée.

## 5. Implications et perspectives

### 5.1. Outils de formation

Une formation concernant la pollution de l'air des bureaux de travail pourrait être proposée à l'ensemble des médecins du travail. En effet, notre travail n'a pas mis en évidence de facteur indépendant pouvant justifier d'un meilleur ou au contraire d'un moins bon niveau de connaissances. Nous n'avons donc pas pu établir un profil de médecins à former. Elle devra insister sur les connaissances erronées, et celles qui ne sont pas acquises.

Il pourrait être intéressant de proposer un système de formation à distance en « e-learning » ou encore par « MOOC » (Massive Open Online Courses). En effet, cela permettrait aux médecins de développer leurs compétences comme dans une formation en présentielle mais qui serait plus adaptées à un grand nombre de participants par un système interactif en ligne, peu coûteux et qui irait au-delà des contraintes géographiques. Chaque spécialiste serait ainsi le propre acteur de sa formation.

Nous proposons plusieurs outils ou démarche dont pourraient bénéficier les médecins souhaitant se former :

- Un portail officiel d'information accessible depuis le site [www.cancer-environnement.fr](http://www.cancer-environnement.fr) en partenariat avec le CIRC et certifié « HONCode » (Charte de « Health On The Net ») par la Haute Autorité de Santé (HAS), semble être un bon outil dans le cadre de la formation continue. De même que le site de l'ANSES, <https://www.anses.fr>, qui est sous la tutelle des ministères chargés de la Santé, de l'Agriculture, de l'Environnement, du Travail et de la Consommation.

- Le module de formation IMSE (Initiatives médicales en santé et environnement) intitulé « Cancer et Environnement » développé en 2011, s'inscrit dans les objectifs du Plan National Santé Environnement 2 (PNSE2 2009-2013) (4). Il propose une formation sur l'incidence des cancers et la part attribuable à l'environnement, l'évaluation de la dangerosité des substances,

la recherche d'un lien de causalité... Les modalités de ce module sont définies sur :  
[http://www.lefilin.org/newsletter/imse\\_cancers\\_environnement.pdf](http://www.lefilin.org/newsletter/imse_cancers_environnement.pdf)

## **5.2. Apport de notre travail**

Dans le but de sensibiliser la population générale de médecin du travail français, nous pourrions transmettre le document de prévention et la liste des sources d'émission possibles que nous avons créés dans le cadre de ce travail. Il serait important d'insister sur les sources moins connues mais pourtant répandues que sont les sprays insecticides, les désodorisants, les parfums d'intérieurs, l'encens, la laine de verre et la laine de roche. Bien que des valeurs repères existent, la prévention reste indispensable. Toutes les dispositions doivent être prises pour éliminer, ou réduire au minimum l'exposition au formaldéhyde provenant de tous produits en contenant, et/ou susceptible d'en dégager.

## V/ CONCLUSION

Nous avons souhaité analyser les connaissances des médecins du travail français sur le formaldéhyde et la place de la pollution environnementale dans leur pratique professionnelle lorsqu'ils évaluent les bureaux de travail. Le niveau de leurs connaissances était majoritairement bon mais il s'est avéré que la plupart ne tenaient pas compte de la problématique dans leur évaluation des risques des bureaux. Aucuns facteurs indépendants n'étaient liés au niveau de connaissance global. Cette étude pilote nous a permis d'identifier les domaines de connaissances pour lesquels les lacunes étaient les plus marquées, de suggérer une démarche structurée de prévention et de proposer des moyens de formation aux médecins souhaitant approfondir leurs connaissances. Il est important de poursuivre la formation et l'information de la population générale de médecins du travail sur les risques liés à l'exposition au formaldéhyde dans les bureaux. La solution de prévention semble résider dans la qualité de la ventilation et la substitution des produits contenant du formaldéhyde. Le même travail pourrait être réalisé auprès des médecins généralistes. Ils sont des interlocuteurs privilégiés pour les médecins du travail et sont souvent consultés lors de la survenue des symptômes évoqués dans cette étude. En termes d'amélioration des connaissances, il pourrait être intéressant d'approfondir les recherches concernant le risque de leucémie et l'exposition au formaldéhyde par voie respiratoire mais surtout, de documenter d'avantage les concentrations aériennes de formaldéhyde dans l'air intérieur des bureaux.

## VI/ BIBLIOGRAPHIE

1. Pomade A, others. Etude exploratoire du coût socio-économique de l'air intérieur [Internet]. Agence nationale santé environnement ANSES; 2014 [cité 26 avr 2016] p. 99. Disponible sur: <http://dial.uclouvain.be/handle/boreal:152522>
2. Hulin M, Simoni M, Viegi G, Annesi-Maesano I. Respiratory health and indoor air pollutants based on quantitative exposure assessments. *Eur Respir J.* oct 2012;40(4):1033-45.
3. Momas I, Caillard JF, Lesaffre B. Plan National Santé Environnement. Rapport de la Commission d'Orientation La Documentation Française. 2004;
4. Lafon L, Lafon D. Deuxième plan national santé–environnement : 2009–2013. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement.* déc 2009;70(6):655-65.
5. Alméras C. Hiérarchisation sanitaire des polluants de l'environnement intérieur: mise à jour pour le cas des logements et extrapolation à d'autres environnements intérieurs. *Observatoire de la qualité de l'air intérieur.* 2010;(rapport n° ESE/Santé – 2010-095):111.
6. Kirchner S, Arenes JF, Cochet C, Derbez M, Duboudin C, Elias P, et al. Observatoire de la qualité de l'air intérieur. Campagne nationale logements: Etat de la qualité de l'air dans les logements français. Rapport final. 2007;
7. Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde. Étude de filières. Risques professionnels. Relation entre composition et émission. [Internet]. [cité 19 mai 2016] p. 397. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2004et0016Ra-3.pdf>
8. Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs: toxicité du formaldéhyde, état des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence. Avis de l'Afsset, rapport d'expertise collective. Maisons-Alfort: AFSSET; 2008 p. 88.
9. Alary R, Cabanes PA, Le Moullec Y. Avis de l'AFSSET et rapport du groupe d'experts. Valeurs guides de qualité d'air intérieur: Le Formaldéhyde. Avis de l'AFSSET et rapport du groupe d'experts. 2007;
10. Mandin C, Derbez M, Kirchner S. Écoles, bureaux, espaces de loisirs : des lieux de vie variés, des pollutions intérieures contrastées. *Revue générale des connaissances disponibles sur la qualité de l'air dans ces espaces.* *Annales Pharmaceutiques Françaises.* juill 2012;70(4):204-12.
11. Ameille J, Guillemin M, Luce D, Straif K, Vincent R. Exposition professionnelle au formaldéhyde et effets sur la santé. INVS : Institut de veille sanitaire. 2007 p. 73.
12. Onyije FM, Avwioro OG. Excruciating effect of formaldehyde exposure to students in gross anatomy dissection laboratory. *Int J Occup Environ Med.* avr 2012;3(2):92-5.

13. Hisamitsu M, Okamoto Y, Chazono H, Yonekura S, Sakurai D, Horiguchi S, et al. The influence of environmental exposure to formaldehyde in nasal mucosa of medical students during cadaver dissection. *Allergol Int.* sept 2011;60(3):373-9.
14. Bartzis J, Reina V, Goelen E, Mandin C, Wolkoff P, Terry A, et al. OFFICAIR Final Workshop. On the reduction of health effects from combined exposure to indoor air pollutants in modern offices. Results summary. Brussels; 2013.
15. Salthammer T. The formaldehyde dilemma. *Int J Hyg Environ Health.* juin 2015;218(4):433-6.
16. Mandin C, Dor F, Boulanger G, Cabanes P-A, Solal C. Health risk assessment of formaldehyde in France. *Environnement, Risques et Santé.* 1 janv 2012;11(1):27-39.
17. Expert C. La pollution de l'environnement de travail par le formaldéhyde, à l'orée d'un nouveau scandale sanitaire. *Guide Pratique de la Médecine du travail.* weka. 23 p.
18. Armengaud A, Tong C, Rebouillat C, Kermarec F, Barra G, Malfait P. Syndrome des bâtiments malsains Maison des sciences de l'homme et de la société Sud-Est, campus Saint-Jean d'Angely 3. 2014;
19. Niu S, Yan H. Novel silicone-based polymer containing active methylene designed for the removal of indoor formaldehyde. *J Hazard Mater.* 28 avr 2015;287:259-67.
20. Tong Z, Chen Y, Malkawi A, Adamkiewicz G, Spengler JD. Quantifying the impact of traffic-related air pollution on the indoor air quality of a naturally ventilated building. *Environ Int.* mai 2016;89-90:138-46.
21. Maio S, Cerrai S, Simoni M, Sarno G, Baldacci S, Viegi G. Environmental risk factors: indoor and outdoor pollution. *WAO White Book on Allergy 2011–2012.* 2011;84–90.
22. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. International Agency for Research on Cancer. Vol. 88. Lyon: IARC; 2006. 478 p.
23. Salthammer T, Mentese S, Marutzky R. Formaldehyde in the indoor environment. *Chem Rev.* 14 avr 2010;110(4):2536-72.
24. Risque Maladie professionnelle : Sinistralité de l'année 2014 par CTN, NAF, tableau de MP et syndrome. Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés. Direction des Risques Professionnels. Mission Statistiques. 2015 oct p. 90. Report No.: 2015 102.
25. Duffort G, Houeix N, Manier N, Troise A. INERIS « Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, formaldéhyde ». Version No4-février 2010; 2010. 79 p.
26. European Food Safety Authority. Endogenous formaldehyde turnover in humans compared with exogenous contribution from food sources. *EFSA Journal* [Internet]. févr 2014[cité 24mai2016];12(2).Disponiblesur:<http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2014.355>

27. SCOEL/REC/125 Formaldehyde. Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits. 2015. 76 p.
28. Vincent R. Inventaire des agents chimiques CMR utilisés en France en 2005. *Hygiène et sécurité du travail*. 2006;205:83-96.
29. Swenberg JA, Lu K, Moeller BC, Gao L, Upton PB, Nakamura J, et al. Endogenous versus exogenous DNA adducts: their role in carcinogenesis, epidemiology, and risk assessment. *Toxicol Sci*. mars 2011;120 Suppl 1:S130-145.
30. Hosgood HD, Zhang L, Tang X, Vermeulen R, Hao Z, Shen M, et al. Occupational exposure to formaldehyde and alterations in lymphocyte subsets. *Am J Ind Med*. févr 2013;56(2):252-7.
31. Hauptmann M, Stewart PA, Lubin JH, Beane Freeman LE, Hornung RW, Herrick RF, et al. Mortality from lymphohematopoietic malignancies and brain cancer among embalmers exposed to formaldehyde. *J Natl Cancer Inst*. 16déc 2009;101(24):1696-708.
32. Haut conseil de la santé publique. Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos. Le formaldéhyde. 2009 oct p. 41.
33. Hodgson AT, Beal D, McIlvaine JER. Sources of formaldehyde, other aldehydes and terpenes in a new manufactured house. *Indoor Air*. 1 déc 2002;12(4):235-42.
34. Loi no 91-32 du 10 janvier 1991 relative à la lutte contre le tabagisme et l'alcoolisme. 91-32 janv 10, 1991.
35. Décret n° 2006-1386 du 15 novembre 2006 fixant les conditions d'application de l'interdiction de fumer dans les lieux affectés à un usage collectif. 2006-1386 nov 15, 2006.
36. Arrêté du 6 mai 1988 relatif à la teneur maximale en formaldéhyde provenant de l'injection des mousses urée-formol dans les locaux à usage d'habitation ou destinés à une occupation humaine permanente ou semi-permanente. *Journal officiel « Lois et Décrets »* du 08/05/1988, p. 6779.
37. Vincent R, Jeandel B. Exposition professionnelle au formaldéhyde en France : informations fournies par la base de données COLCHIC. INRS - Hygiène et sécurité du travail - Cahiers de notes documentaires. 2e trimestre 2006;(ND 2247-203-06):33.
38. Avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du travail, relatif à une procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) et le formaldéhyde émis par les produits de construction. Saisine Afsset n° 2004/011. 2006 oct p. 22.
39. Qualité de l'Air Intérieur. Bâtiment d'enseignement Université Nice -Sophia. AIR PACA. [Internet]. 2013. Disponible sur: [http://www.airpaca.org/sites/paca/files/publications\\_import/files/131002\\_AirPACA\\_interieur\\_Uni\\_Nice\\_Sophia\\_net.pdf](http://www.airpaca.org/sites/paca/files/publications_import/files/131002_AirPACA_interieur_Uni_Nice_Sophia_net.pdf)
40. Kim S, Kim H-J. Comparison of formaldehyde emission from building finishing materials at various temperatures in under heating system; ONDOL. *Indoor Air*. oct 2005;15(5):317-25.

41. Sahlberg B, Gunnbjörnsdóttir M, Soon A, Jogi R, Gislason T, Wieslander G, et al. Airborne molds and bacteria, microbial volatile organic compounds (MVOC), plasticizers and formaldehyde in dwellings in three North European cities in relation to sick building syndrome (SBS). *Sci Total Environ*. 1 févr 2013;444:433-40.
42. Lai C-H, Jaakkola JJK, Chuang C-Y, Liou S-H, Lung S-C, Loh C-H, et al. Exposure to cooking oil fumes and oxidative damages: a longitudinal study in Chinese military cooks. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. févr 2013;23(1):94-100.
43. Grammont V. Deuxième rapport préliminaire en vue de l'étiquetage des produits de grande consommation. Classement des bougies et des encens en fonction des émissions de composés organiques volatils et de particules dans l'air intérieur. 2011 nov p. 81. Report No.: INERIS-DRC-11-115731-06669B-.
44. Dilwali KM. Indoor air quality factors in designing a healthy building. *Indoor Air Quality Handbook*. 2000;
45. Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation N°0. INRS: Institut national de recherche et de sécurité. ED 695. 2013 juill p. 38.
46. L'assainissement de l'air des locaux de travail. Guide pratique de ventilation N°1. INRS: Institut national de recherche et de sécurité. ED 657. 2014 déc p. 25.
47. Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène. 2011-1727 déc 2, 2011.
48. Duong A, Steinmaus C, McHale CM, Vaughan CP, Zhang L. Reproductive and developmental toxicity of formaldehyde: a systematic review. *Mutat Res*. déc 2011;728(3):118-38.
49. Marozienne L, Grazuleviciene R. Maternal exposure to low-level air pollution and pregnancy outcomes: a population-based study. *Environ Health*. 9 déc 2002;1(1):6.
50. Kramps JA, Peltenburg LT, Kerklaan PR, Spijksma FT, Valentijn RM, Dijkman JH. Measurement of specific IgE antibodies in individuals exposed to formaldehyde. *Clin Exp Allergy*. sept 1989;19(5):509-14.
51. Casset A, Purohit A, Marchand C, Le Calvé S, Donnay C, Uring-Lambert B, et al. [The bronchial response to inhaled formaldehyde]. *Rev Mal Respir*. févr 2006;23(1 Suppl):3S25-34.
52. Bruinen de Bruin Y, Kotzias D, Kephelopoulos S. HEXPOC: human exposure characterization of chemical substances; quantification of exposure routes. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 2005. 123 p. (EUR).
53. Nurmatov UB, Tagiyeva N, Semple S, Devereux G, Sheikh A. Volatile organic compounds and risk of asthma and allergy: a systematic review. *Eur Respir Rev*. mars 2015;24(135):92-101.

54. Hauptmann M, Lubin JH, Stewart PA, Hayes RB, Blair A. Mortality from Solid Cancers among Workers in Formaldehyde Industries. *Am J Epidemiol.* 15 juin 2004;159(12):1117-30.
55. Dennis Paustenbach Yves Alarie Tom. A recommended occupational exposure limit for formaldehyde based on irritation. *Journal of Toxicology and Environmental Health.* févr 1997;50(3):217-64.
56. Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs. Evaluation des risques sanitaires pour la population générale. Avis de l'Afsset, rapport d'expertise collective. Maisons-Alfort: AFSSET; 2008. 94 p.
57. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Chemical agents and related occupations. International Agency for Research on Cancer. Vol. 100F. Lyon: IARC; 2012. 599 p.
58. Nielsen GD, Larsen ST, Wolkoff P. Recent trend in risk assessment of formaldehyde exposures from indoor air. *Arch Toxicol.* janv 2013;87(1):73-98.
59. Pinkerton LE, Hein MJ, Stayner LT. Mortality among a cohort of garment workers exposed to formaldehyde: an update. *Occup Environ Med.* mars 2004;61(3):193-200.
60. Jaakkola JJ, Miettinen P. Type of ventilation system in office buildings and sick building syndrome. *Am J Epidemiol.* 15 avr 1995;141(8):755-65.
61. Neuner R, Seidel H-J. Adaptation of office workers to a new building - impaired well-being as part of the sick-building-syndrome. *Int J Hyg Environ Health.* juill 2006;209(4):367-75.
62. Nikolova N. Syndrome des bâtiments malsains: à propos d'un cas, propositions de prise en charge [Thèse d'exercice]. [France]: Université Pierre et Marie Curie (Paris). UFR de médecine Pierre et Marie Curie; 2007.
63. Jantunen M, Jaakkola JJK, Krzyżanowski M, éditeurs. Assessment of exposure to indoor air pollutants. Copenhagen: World Health Organization Regional office for Europe; 1997. 139 p. (WHO regional publications).
64. Perdrix A, Parat S, Liaudy S, Maître A. Syndrome Des Bâtiments Malsains (SBM). *Revue Francophone des Laboratoires.* 1 mai 2005;2005(373):67-72.
65. Gauvin C, Ibanez Y, Le Mehaute K, Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique. (E.H.E.S.P.). Rennes. FRA / com. Évaluation et gestion des risques dans les situations s'apparentant au phénomène de syndrome du bâtiment malsain - cas des ERP. 2008.
66. Bensefa-Colas L, Dupas D. [Idiopathic environmental intolerance: 2 disabling entities to recognize]. *Rev Prat.* mars 2014;64(3):358-62.
67. Ceballos DM, Burr GA. Evaluating a Persistent Nuisance Odor in an Office Building. *J Occup Environ Hyg.* 2012;9(1):D1-6.

68. Andersson L, Claeson A-S, Nyberg L, Stenberg B, Nordin S. Brain responses to olfactory and trigeminal exposure in idiopathic environmental illness (IEI) attributed to smells -- an fMRI study. *J Psychosom Res.* nov 2014;77(5):401-8.
69. Dupas D, Dagorne M-A. [Multiple chemical sensitivity: a diagnosis not to be missed]. *Rev Mal Respir.* févr 2013;30(2):99-104.
70. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif aux « fibres minérales artificielles : laines minérales et filaments continus de verre. Evaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs ». 2008 p. 233.
71. Nakazawa H, Ikeda H, Yamashita T, Hara I, Kumai Y, Endo G, et al. A case of sick building syndrome in a Japanese office worker. *Ind Health.* avr 2005;43(2):341-5.
72. Observatoire de la qualité de l'air intérieur. Mise à jour de la veille documentaire sur la qualité de l'air intérieur en France. Rapport final. déc 2006 [cité 6 mai 2016]; Disponible sur:  
[http://www.oqai.fr/userdata/documents/415\\_OQAI\\_Inventaire\\_Etudes\\_Francaises\\_2004\\_2006.pdf](http://www.oqai.fr/userdata/documents/415_OQAI_Inventaire_Etudes_Francaises_2004_2006.pdf)
73. Conseil d'orientation sur les conditions de travail. Conditions de travail: bilan 2014. Paris: Ministère du travail, de l'emploi, de la formation professionnelle et du dialogue social; 2015.
74. Loi n° 2011-867 du 20 juillet 2011 relative à l'organisation de la médecine du travail. 2011-867 juill 20, 2011.
75. Chapdelaine P, Bissonier C, Boetsch D, Matuszewski C, Conseil National de l'Ordre des Médecins. Atlas de la démographie médicale en France, situation au 1er Janvier 2015. 2015.
76. Bernstein JA, Alexis N, Bacchus H, Bernstein IL, Fritz P, Horner E, et al. The health effects of non industrial indoor air pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology.* mars 2008;121(3):585-91.
77. Myers I, Maynard RL. Polluted air-outdoors and indoors. *Occup Med (Lond).* sept 2005;55(6):432-8.
78. Fehrenbach M. Évaluation de la perception et des connaissances des médecins généralistes de la Gironde sur les facteurs de risque environnementaux cancérigènes [Internet] [thesis]. 2014 [cité 25 mai 2016]. Disponible sur: <http://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01101717/document>

## VII/ ANNEXES

Annexe 1 : Extrait de la législation.....	98
Annexe 2 : Notre liste non exhaustive des sources intérieures pouvant être à l'origine d'une exposition au formaldéhyde.....	101
Annexe 3 : Tableau des maladies professionnelles n° 43 et 43 bis du régime général.....	103
Annexe 4 : Propriétés physico-chimiques du formaldéhyde et métabolisme chez l'homme..	104
Annexe 5 : Extrait du règlement CLP.....	105
Annexe 6 : Règles de substitution.....	106
Annexe 7 : Descriptif cas concret numéro 1.....	107
Annexe 8 : Courriel explicatif de notre travail.....	110
Annexe 9 : Explication de la procédure informatique utilisée, envoyée par courriel aux médecins.....	111
Annexe 10 : Questionnaire anonyme d'évaluation des connaissances des médecins du travail français sur le formaldéhyde.....	112
Annexe 11 : Réponses au questionnaire envoyé aux medecins.....	116
Annexe 12 : Démarche de prévention (créée dans le cadre de cette étude).....	119

## ANNEXE 1 : EXTRAIT DE LA LÉGISLATION

**Loi n° 96-1236** du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (JO n°1 du 1<sup>er</sup> janvier 1997) : Art. 2. - Constitue une pollution atmosphérique au sens de la présente loi l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives.

**Code du travail**RELATIFS AUX REGLES D'AERATION ET D'ASSAINISSEMENT :

**Article R. 4222-1** – Dans les locaux fermés où les travailleurs sont appelés à séjourner, l'air est renouvelé de façon à :

1° Maintenir un état de pureté de l'atmosphère propre à préserver la santé des travailleurs.

2° Éviter les élévations exagérées de température, les odeurs désagréables et les condensations.

**Article R. 4222-4** – Dans les locaux à pollution non spécifique, l'aération est assurée soit par ventilation mécanique, soit par ventilation naturelle permanente.

**Article R. 4222-5** – L'aération par ventilation naturelle, assurée exclusivement par ouverture de fenêtres ou autres ouvrants donnant directement sur l'extérieur, est autorisée lorsque le volume par occupant est égal ou supérieur à :

1° 15 mètres cubes pour les bureaux et les locaux où est accompli un travail physique léger.

2° 24 mètres cubes pour les autres locaux.

En dessous de 15 m<sup>3</sup>, une ventilation mécanique avec un débit minimal d'air neuf par occupant de 25 m<sup>3</sup>/heure doit être prévue.

**Article R. 4222-6** – Lorsque l'aération est assurée par ventilation mécanique, le débit minimal d'air neuf à introduire par occupant est fixé dans le tableau suivant :

DESIGNATION DES LOCAUX	DEBIT MINIMAL d'air neuf par occupant (en mètres cubes par heures)
Bureaux, locaux sans travail physique	25
Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60

**Article R. 4222-7** – Les locaux réservés à la circulation et les locaux qui ne sont occupés que de manière épisodique peuvent être ventilés par l'intermédiaire des locaux adjacents à pollution non spécifique sur lesquels ils ouvrent.

RELATIF AU CONTROLE, ET A LA MAINTENANCE DES INSTALLATIONS :

**R. 4222-20** : L'employeur maintient l'ensemble des installations mentionnées au présent chapitre en bon état de fonctionnement et en assure régulièrement le contrôle.

**R. 4222-21** : L'employeur indique dans une consigne d'utilisation les dispositions prises pour la ventilation et fixe les mesures à prendre en cas de panne des installations.

Cette consigne est établie en tenant compte, s'il y a lieu, des indications de la notice d'instructions fournie par le maître d'ouvrage conformément à l'**article R. 4212-7**.

Elle est soumise à l'avis du médecin du travail, du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail ou, à défaut, des délégués du personnel.

Prévention :

L'employeur met en œuvre les mesures prévues à l'**article L. 4121-1** sur le fondement des principes généraux de prévention suivants, définis à l' **article L4121-2** (modifié par la **loi n°2012-954 du 6 août 2012 - art. 7**) :

1° Eviter les risques.

2° Evaluer les risques qui ne peuvent pas être évités.

3° Combattre les risques à la source.

4° Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé.

5° Tenir compte de l'état d'évolution de la technique.

6° Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux.

7° Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment les risques liés au harcèlement moral et au harcèlement sexuel, tels qu'ils sont définis aux **articles L. 1152-1 et L. 1153-1**.

8° Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle.

9° Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

**Décret n° 2015-612 du 3 juin 2015** transposant la directive 2014/27/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 et modifiant le code du travail afin de l'aligner sur le règlement (CE) n°1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges :

**Article R. 4412-60 :**

On entend par agent cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction les substances ou mélanges suivants :

1° Toute substance ou mélange qui répond aux critères de classification dans la catégorie 1A ou 1B des substances ou mélanges cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction définis à l'annexe I du règlement (CE) n° 1272/2008.

2° Toute substance, tout mélange ou tout procédé défini comme tel par arrêté conjoint des ministres chargés du travail et de l'agriculture.

**Décret n° 2008-244 du 7 mars 2008** relatif au code du travail (partie réglementaire) consolidée au 21 juin 2016:

OBLIGATIONS DU MAITRE D'OUVRAGE POUR LA CONCEPTION DES LIEUX DE TRAVAIL :

**Article R. 4212-2** – Les installations de ventilation sont conçues de manière à :

1° Assurer le renouvellement de l'air en tous points des locaux.

2° Ne pas provoquer, dans les zones de travail, de gêne résultant notamment de la vitesse, de la température et de l'humidité de l'air, des bruits et des vibrations.

3° Ne pas entraîner d'augmentation significative des niveaux sonores résultant des activités envisagées dans les locaux.

**Article R. 4212-3** – Toutes dispositions sont prises lors de l'installation des équipements de ventilation, de captage ou de recyclage pour permettre leur entretien régulier et les contrôles ultérieurs d'efficacité.

**Article R. 4212-4** – Les parois internes des circuits d'arrivée d'air ne comportent pas de matériaux qui peuvent se désagréger ou se décomposer en émettant des poussières ou des substances dangereuses pour la santé des travailleurs.

**Article R. 4212-7** – Le maître d'ouvrage précise, dans une notice d'instructions qu'il transmet à l'employeur, les dispositions prises pour la ventilation et l'assainissement des locaux et les informations nécessaires à l'entretien des installations, au contrôle de leur efficacité et à l'établissement de la consigne d'utilisation prévue à l'**article R. 4222-21**.

*Sources : <http://www.legifrance.gouv.fr>*

## ANNEXE 2 : NOTRE LISTE NON EXHAUSTIVE DES SOURCES INTÉRIEURES POUVANT ÊTRE À L'ORIGINE D'UNE EXPOSITION AU FORMALDÉHYDE

### 1. Le mode de vie des occupants :

- toute forme de combustion (fumée de tabac, cuisson des aliments, poêle à bois, chauffage des bâtiments, utilisation d'encens, bougies parfumées, parfums d'ambiance, etc.)
- apports alimentaires (fruits, légumes, viande de porc, poisson cuit)
- métabolisme humain et autres êtres vivants : émission par les bactéries, les algues, le plancton et la végétation
- cosmétiques (agent de conservation, savon, liquide, shampooing, vernis à ongles, durcisseur d'ongles)
- certains nettoyeurs pour sols, détergents, détartrants, agents désinfectants et stérilisants
- sprays, insecticides, désodorisants
- traitement des plantes, conservateurs de bouquets
- papier à copier sans carbone, les magazines neufs
- apprêt des textiles : rideaux, tissus infroissables

### 2. Les équipements :

- moquettes, tapis ou nettoyeurs pour tapis, textiles d'ameublement infroissables
- l'ameublement :
  - Planchers ou parquets stratifiés
  - Meubles fabriqués avec des panneaux\* de particules
  - Bois collés avec des résines :
    - aminoplastes (urée-formol, mélamine-urée-formol) : les plus émissives ; panneaux de fibres de moyenne densité (MDF), contreplaqués de bois de feuillus
    - phénoplastes (phénol-formol, résorcine-phénol-formol) : moins émissives ; panneaux d'OSB, bois lamellé-collé, contreplaqués de bois de résineux

#### Pourcentage de formaldéhyde utilisé pour la fabrication de résines en Europe en 2004 :

Résines aminoplastes urée-formol	55%
Résines aminoplastes mélamine-formol	14%
Résines phénol-formol	7%
Résines polyacétals	6%
MDI (méthylène dianiline et phosgène ; base du polyuréthane)	5%

#### \* Il existe trois principaux types de panneaux agglomérés :

- le panneau de particules, le plus vendu en France
- le MDF (Medium Density Fiber), très utilisé dans l'ameublement et par les bricoleurs

- l'OSB (Oriented Strand Board), essentiellement utilisé dans la construction à ossature bois mais peu présent en France. (Emission plus faible)



Photographies de chutes de bois (OSB) issues d'une construction de maison en ossature bois

### 3. Les caractéristiques du bâtiment :

- les constructions en ossature bois, les charpentes légères
- les cloisons ; les bardages.
- les dalles de faux plafonds (résine urée-formol).
- matériaux d'isolation comme les mousses urée-formol.
- laines minérales de verre ou de roche imprégnée avec des liants phénol-formol.
- divers conservateurs utilisés dans les peintures dont peinture à l'eau et vernis de vitrification pour parquets.
- enduits et préservation du bois.
- colles en phase aqueuse, certains papiers peints et décolleurs de papiers peints, agent d'imprégnation de toiles de store.

### 4. L'apport extérieur :

- véhicules dans les garages intégrés aux habitations.
- la proximité des axes de circulation routiers à fort trafic, de sites industriels, ou d'espaces agricoles.
- sols contaminés.

*Sources utilisées : Mai 2009 rapport relatifs aux risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements professionnels – étude de filières saisine AFSSET 2004/016*

### ANNEXE 3 : TABLEAU DES MALADIES PROFESSIONNELLES N° 43 ET 43 BIS DU RÉGIME GÉNÉRAL

#### Régime général Tableau 43

#### Affections provoquées par l'aldéhyde formique et ses polymères

Date de création : décret du 10 avril 1963

Dernière mise à jour : décret du 15 janvier 2009

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Dermites irritatives.	7 jours	Préparation, emploi et manipulation de l'aldéhyde formique, de ses solutions (formol) et de ses polymères, notamment : - Fabrication de substances chimiques, à partir de l'aldéhyde formique ; - Fabrication de matières plastiques à base de formol ; - Travaux de collage exécutés avec des matières plastiques renfermant un excès de formol ; - Opérations de désinfection ; - Apprêtage des peaux ou des tissus.
Lésions eczématiformes récidivant en cas de nouvelle exposition au risque ou confirmées par un test épicutané.	15 jours	
Rhinite récidivant en cas de nouvelle exposition au risque ou confirmée par test.	7 jours	
Asthme objectivé par explorations fonctionnelles respiratoires récidivant en cas de nouvelle exposition au risque ou confirmé par test.	7 jours	

#### Régime général Tableau 43BIS

#### Affections cancéreuses provoquées par l'aldéhyde formique

Date de création : décret du 15 janvier 2009

Dernière mise à jour : -

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Carcinome du nasopharynx	40 ans  (sous réserve d'une exposition de 5 ans)	Préparation de l'aldéhyde formique et de ses solutions (formol) à l'exception des travaux effectués en système clos. Utilisation de l'aldéhyde formique dans les laboratoires d'histologie, d'anatomo-cyto-pathologie et en thanatopraxie à l'exception des travaux effectués en système clos. Traitements des peaux mettant en oeuvre de l'aldéhyde formique à l'exception des travaux effectués en système clos. Fabrication de résines urée formol, mélamine formol, mélamine urée formol, phénol formol à l'exception des travaux effectués en système clos. Travaux de fabrication des panneaux de bois constitués de fibres, particules ou lamelles mettant en oeuvre des résines à base d'aldéhyde formique : préparation du mélange collant, collage et pressage, refroidissement des panneaux. Imprégnation de papiers par des résines urée formol et mélamine formol. Vernissage de parquets mettant en oeuvre des résines urée formol. Utilisation de résines urée formol pour la consolidation de terrain (mines et travaux publics). Travaux d'apprêt et finition de voiles de tulle mettant en oeuvre de l'aldéhyde formique. Travaux d'extinction d'incendies.

**Durée de l'exposition** : Le salarié doit avoir été exposé au formaldéhyde au minimum 5 ans.

**Délai de prise en charge** : 40 ans (délai maximal entre la date de fin d'exposition et l'apparition du cancer).

**Liste limitative des travaux** : La liste des travaux qui ouvrent droit à indemnisation est limitative, c'est-à-dire que l'activité professionnelle doit figurer dans cette liste pour prétendre à une prise en charge éventuelle du cancer du nasopharynx au titre des maladies professionnelles.

Source : Les maladies professionnelles (Livre)

**ANNEXE 4 : PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES DU FORMALDÉHYDE ET  
MÉTABOLISME CHEZ L'HOMME**

Forme physique	Gaz incolore à température ambiante, odeur « piquante »
Poids moléculaire	30,026 g.mol <sup>-1</sup>
Point d'ébullition	-19,1°C
Point de fusion	-92 °C
Pression de vapeur	440 kPa à 20 °C ; 516-519 kPa à 25 °C
Densité	1,03 à 1,06 (air = 1)
Facteurs de conversion	1 ppm = 1,23 mg.m <sup>-3</sup> à 25°C
Solubilité	Très soluble dans l'eau (400-500 g.L <sup>-1</sup> ) ; Soluble dans les solvants organiques : éther, alcool, etc.
LogKow <sup>4</sup>	0,35 à 25°C
Koc <sup>5</sup>	11,75 g/g
BCF <sup>6</sup>	1,07 L.kg <sup>-1</sup>
BAF <sup>7</sup>	3,2 L.kg <sup>-1</sup>
Produits de dégradation environnementale	Essentiellement acide formique, méthylène glycol, H <sub>2</sub> O et CO <sub>2</sub> .
Point d'éclair	85°C
Température d'auto-inflammation	424-430°C
Limites d'explosivité dans l'air	Inférieure : 7% ; Supérieure : 73%

<sup>4</sup> *LogKow* : logarithme du coefficient de partage octanol-eau. Il correspond au ratio entre la concentration de substance dans l'octanol et celle dans l'eau à l'équilibre. Il est corrélé à la solubilité dans l'eau, et reflète indirectement les potentiels de bioconcentration et de bioaccumulation d'une substance.

<sup>5</sup> *Koc* : Coefficient d'adsorption sur la matière organique. C'est le ratio entre la quantité de substance adsorbée par le sol par unité de poids de carbone organique et la concentration de la substance en solution, à l'équilibre. Il reflète donc la mobilité de la substance dans les sols.

<sup>6</sup> *Bioconcentration factor* : facteur de bioconcentration, c'est le rapport entre la concentration de la substance dans un organisme aquatique et sa concentration dans l'eau. Il exprime donc l'accumulation de la substance dans un organisme aquatique, c'est-à-dire la capacité qu'a un organisme (en particulier aquatique) d'extraire et concentrer les substances de l'environnement qui l'entoure (eau).

<sup>7</sup> *Bioaccumulation factor* : Facteur de bioaccumulation. La bioaccumulation est la capacité qu'a un organisme (généralement aquatique) d'extraire et concentrer les substances, à la fois directement à partir de l'environnement qui l'entoure (bioconcentration), mais aussi indirectement à partir de la nourriture.

La concentration du formaldéhyde à l'état gazeux peut s'exprimer en particules par millions (ppm), en mg.m<sup>-3</sup>, ou µg.m<sup>-3</sup>. A 25°C et 760 mmHg : 1 ppm = 1,227 mg.m<sup>-3</sup>, 1 mg.m<sup>-3</sup> = 0,815 ppm

*Sources : Valeurs guides de qualité de l'air intérieur. Le formaldéhyde ANSES*

## ANNEXE 5 : EXTRAIT DU RÈGLEMENT CLP

## FORMALDEHYDE

Classification et étiquetage au 1<sup>er</sup> janvier 2016

Numéro index	Identification chimique internationale	Numéros CE	Numéros CAS	Classification CLP (Règlement (CE) 1272-2008)		Étiquetage CLP (Règlement (CE) 1272-2008)			Limites de concentrations spécifiques, facteurs M
				Code(s) des classes et catégories de danger	Code(s) des mentions de danger	Code(s) des pictogrammes, mentions d'avertissement	Code(s) des mentions de danger	Code(s) des mentions additionnelles de danger	
605-001-00-5	<del>Formaldéhyde</del> ...%	200-001-8	50-00-0	<del>Carc. 1B</del> <del>Muta. 2</del> <del>Acute Tox. 3*</del> <del>Acute Tox. 3*</del> <del>Acute Tox. 3*</del> <del>Skin Corr. 1B</del> <del>Skin Sens. 1</del>	H350 H341 H301 H311 H331 H314 H317	GHS 08 GHS 06 GHS 05 Dgr	H350 H341 H301 H311 H331 H314 H317	* Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 25 % Skin Irrit. 2; H315: 5 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 5 % ≤ C < 25 % STOT SE 3; H335: C ≥ 5 % Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,2 %	
Numéro index	Classification chimique internationale	Numéros <del>CE</del>	Numéros CAS	Classification DSD (Directive 67/548/CEE)	Étiquetage DSD (Directive 67/548/CEE)	Limites de concentrations spécifiques,			
605-001-00-5	<del>Formaldéhyde</del> ...%	200-001-8	50-00-0	<del>Carc. Cat. 2; R45</del> <del>Muta. Cat. 3; R68</del> <del>T; R23/24/25</del> <del>C; R34</del> <del>R43</del>	T R: 23/24/25-34-43-45-68 S: 45-53	T; R23/24/25: C ≥ 25 % <del>Xn</del> ; R20/21/22: 5 % ≤ C < 25 % C; R34: C ≥ 25 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 25 % R43: C ≥ 0,2 %			

\* La classification et l'étiquetage des solutions aqueuses d'aldéhyde formique dépendent de leur concentration

## ANNEXE 6 : RÈGLES DE SUBSTITUTION

La substitution est une obligation légale qui s'impose à l'employeur (*article L. 4121-2 du code du travail renforcé par l'article R. 4412-66*). Elle vise à se protéger des effets toxiques du produit en question mais peut faire émerger des problèmes potentiels (toxicité des produits substitutifs voire libération de formaldéhyde). Il faut éviter un transfert de risque pour les professionnels ou avoir un contrôle parfait des émissions. Les propriétés techniques du formaldéhyde sont intéressantes, mais sont difficilement retrouvées dans les produits de substitution actuels car les garanties de qualité diagnostique ne sont pas équivalentes.

De nombreux facteurs doivent être pris en considération :

- Les risques doivent être moindres, et les effets sur la santé des produits alternatifs doivent être connus.
- Le coût et la mise en œuvre doivent être acceptables techniquement, sans perte qualitative.
- Les possibilités d'approvisionnement doivent être suffisantes (la disponibilité des matières premières se pose, par exemple pour l'industrie du bois qui est la plus grosse utilisatrice de formaldéhyde).
- Les propriétés recherchées doivent être conservées.

Cas des résines : La substitution de résine à base de formaldéhyde n'est actuellement pas envisageable, mais des alternatives sont à l'étude.

Cas des peintures : Des peintures qui capteraient les composés volatils et assainiraient l'air auraient été élaborées. Elles absorberaient les COV et les restitueraient sous la forme de vapeur d'eau.

Cas des désinfectants de surface : Le formaldéhyde pourrait être remplacé par :

- des préparations à base d'acide peracétique, hypochlorite de sodium (eau de javel), peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée),
- des mélanges de détergent : ammonium quaternaire, glutaraldéhyde, acide sulfamique, alcool, etc.

Certaines plantes permettraient de réduire les polluants grâce à leur métabolisme mais la littérature à ce sujet reste pour le moment sommaire et contradictoire.

*FAS 10 : fiche d'aide à la substitution mise à jour Déc. 2015 : <http://www.inrs.fr/actualites/nouvelles-far-fas.html> ; [www.substitution-cmr.fr/](http://www.substitution-cmr.fr/) ; Afsset · rapport « formaldéhyde – étude de filières » Saisine n° 2004/016*

## ANNEXE 7 : DESCRIPTIF CAS CONCRET NUMÉRO 1

### Description qualitative et quantitative de l'établissement concerné :

Le bâtiment a été acquis en 2006 dans une zone industrielle, où des sources de pollution potentielles ont été identifiées dans un rayon de 500 mètres (une entreprise de fabrication de peintures (mitoyenne), un métallier et d'autres entreprises du secteur industriel et tertiaire). Il est situé au 2<sup>e</sup> étage sur un seul niveau et compte, un accueil, 11 bureaux, parmi lesquels 4 sont des bureaux aveugles, mais équipés de skydomes (3 à l'entrée, 1 dans le couloir et 7 au fond du local, ainsi qu'une salle de réunion et une salle de pause). Le chauffage est assuré par un système de climatisation réversible dans chaque pièce et 7 bureaux sont équipés de fenêtres en aluminium, ouvrables avec double vitrage. Les fenêtres des 2 bureaux à l'entrée donnent sur un parking tandis que celles des 5 bureaux restants donnent sur un second parking avec une route à trafic dense en contrebas. Un faux plafond sur toute la surface de l'établissement permet d'assurer l'isolation thermique et phonique. La ventilation était au départ essentiellement assurée par l'aération naturelle, en l'absence de ventilation mécanique. Il n'y avait pas d'infiltration d'eau, ou de risque de moisissures ni de risque bactériologique.

- Type de revêtement de sol : carrelage.
- Type de revêtement des murs : lambris.
- Nature du mobilier : contreplaqué/aggloméré
- 2006 : travaux d'isolation sur un défaut de continuité dans une cloison
- 2012 : travaux pour l'ouverture des skydomes
- 2014/2015 : remplacement des plaques de faux plafonds et installation d'une ventilation mécanique double flux.



### Détail des métrologies réalisées :

Prélèvements d'air en plusieurs points intérieurs du bâtiment, et à l'extérieur, en instantané (valeur court terme) : sonde de mesure à cellule électrochimique (plage de mesure: de 0 à 5 ppm), puis confirmés par badges passifs, positionnés au centre de la pièce testée à environ 2 mètres de hauteur (valeur long terme : du lundi matin au vendredi après-midi, soit une durée de 4,5 jours, comparable à la VLEP sur 8 heures et aux VGAI préconisées par le HCSP). Les concentrations ont été exprimées dans les conditions d'exposition des occupants puisque les valeurs de référence ne sont pas établies selon une température ou un taux d'humidité relative définies.



Deux séries de prélèvements : avant, pendant, et après le changement des dalles ; en Juin et en Novembre 2014 (périodes contrastées climatiquement), afin d'obtenir une évaluation la plus proche de la réalité possible.

- Moyenne des températures à l'intérieur du local : 24°C
  - Moyenne de l'humidité relative à l'intérieur du local : 45 %
- } Ces conditions étaient homogènes pour chaque local mesuré.

(Valeur de référence : Température de 18 à 22°C, et Humidité relative de 40 à 70% selon le guide technique : « Diagnostic et prise en charge des syndromes collectifs inexplicables- INVS 2010 »).

$$(A\ 25^{\circ}C\ et\ 760\ mmHg : 1\ ppm = 1,227\ mg.m^3, 1\ mg.m^3 = 0,815\ ppm)$$

Lieu 1	Mesures directes de la concentration en formaldéhyde exprimée en ppm (particules par million) 10/06/2014
Bureau auxiliaire 4	0,29 et 0,63 (en fin de matinée)
Accueil	0,09
Bureau IPRP 1	0,09
Bureau auxiliaire 2	0,22

Tableau 1 : Mesure directe de la concentration en formaldéhyde par **sonde électrochimique** le 10/06/2014 (avant changement des dalles)

Lieu 1	Concentration en formaldéhyde exprimée en ppm (particules par million) 26/11/2014
Bureau auxiliaire 4	0,15
Accueil	0,06
Bureau IPRP 1	0,07
Bureau auxiliaire 2	0,11

Tableau 2 : Mesures directes de la concentration en formaldéhyde par **sonde électrochimique** le 26/11/2014 (après le retrait des dalles de faux plafonds)

Lieu 1	Concentration en formaldéhyde exprimée en ppm (particules par million) 17/03/2015
Bureau auxiliaire 4	0,16
Accueil	0,02
Bureau IPRP 1	Non détecté
Bureau auxiliaire 2	0,05

Tableau 3 : Mesures directes de la concentration en formaldéhyde par **sonde électrochimique** le 17/03/2015, après changement des plaques de faux plafonds et mise en fonction de la ventilation

Lieu 1	Mesures sur 8 heures en ppm (particules par millions)
Bureau auxiliaire 4	0,14
Accueil	0,09

Tableau 4 : Mesures par **badges par prélèvements passifs** sur 8 heures le 10/06/2014 (Prélèvements de dalles de faux plafonds pour analyse au laboratoire de l'INRS le même jour)

Une dernière mesure par **badges passifs** sur 8 heures a été réalisée du 30/03/2015 au 03/04/2015 dans le bureau de l'auxiliaire 4. La moyenne des taux retrouvés a été de 0,012 ppm soit 15 µg.m<sup>-3</sup>.

#### Analyse des FDS des produits d'entretien utilisés :

- « **sutter professional A.pino** » : détergent pour surface dure : ne contient pas de formaldéhyde mais phrase « R36 », irritant pour les yeux.

#### 11. INFORMATION TOXICOLOGIQUE

- Toxicité orale ..... Nuisible
- Toxicité cutanée ..... Aucune
- Toxicité pour les voies respiratoires ..... Aucune
- Toxicité oculaire ..... Légèrement irritant
- Exposition chronique / Contact cutané ..... Aucune
- Exposition chronique / Inhalation ..... Aucune
- Exposition chronique / Contact oculaire ..... Légèrement irritant
- Corrosion / Contact cutané ..... Aucune
- Corrosion / Contact muqueux ..... Aucune
- Corrosion / Contact oculaire ..... Légèrement irritant



- « **sutter professional FORTE** » : Ne contient pas de formaldéhyde mais présence d'alcool éthylique pouvant fausser la sonde électrochimique en mesure directe

11. INFORMATION TOXICOLOGIQUE	
• Toxicité orale .....	Nuisible
Toxicité cutanée .....	Irritant
Toxicité pour les voies respiratoires .....	Aucune
Toxicité oculaire .....	Irritant
• Exposition chronique / Contact cutané .....	Irritant
Exposition chronique / Inhalation .....	Aucune
Exposition chronique / Contact oculaire .....	Irritant
• Corrosion / Contact cutané .....	Irritant
Corrosion / Contact muqueux .....	Irritant
Corrosion / Contact oculaire .....	Irritant



- « **senet entretien vitres** » : Ne contient pas de formaldéhyde mais présence d'alcool éthylique pouvant fausser la sonde électrochimique en mesure directe

11 - INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES	
La préparation ne contient aucune substance classée comme dangereuse selon la directive 67/548/CEE.	
Aucune donnée sur la préparation elle-même n'est disponible.	
Des éclaboussures dans les yeux peuvent provoquer des irritations et des dommages réversibles.	



-Aérosol désodorisant d'ambiance fleurs blanches « **Milen'Air** » : Ne contient pas de formaldéhyde



Toxicité aiguë	
- Inhalation:	Effets narcotiques. Ne pas inhaler intentionnellement. En cas d'inhalation, et si problèmes respiratoires, se reporter au paragraphe 4 "premiers secours".
- Contact avec la peau:	Données non disponibles. En cas de contact avec la peau, se reporter au paragraphe 4 "premiers secours".
- Contact avec les yeux:	Données non disponibles. En cas de contact avec les yeux, se reporter au paragraphe 4 "premiers secours".
- Ingestion:	Pas de donnée disponible. En cas d'ingestion, se reporter au paragraphe 4 "premiers secours".
<b>16. AUTRES INFORMATIONS</b>	
Législation(s) suivie(s):	Cette fiche de données de sécurité répond aux directives et adaptations: 91 / 155 / CE.
Rubrique n° 2 : Phrase(s) R	R12 Extrêmement inflammable. R10 Inflammable. R65 Nocif: peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion. R66 L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau R8 Favorise l'inflammation des matières combustibles. R25 Toxique en cas d'ingestion. R50 Très toxique pour les organismes aquatiques. R43 Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau. R52/53 Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

-Aérosol bactéricide menthe « **Ront Production** » : Ne contient pas de formaldéhyde mais présence d'alcool éthylique pouvant fausser la sonde électrochimique en mesure directe



<u>RISQUES AIGUS :</u>	
- Inhalation	<i>Dans le cas de très fortes concentrations, les vapeurs peuvent être irritantes pour les yeux et les voies respiratoires. Ces effets sont transitoires et disparaissent assez rapidement.</i>
- Contact avec la peau	<i>Des contacts fréquents ou prolongés peuvent provoquer des irritations cutanées. Action desséchante sur la peau possible.</i>
- Contact avec les yeux	<i>Peut provoquer des irritations, avec risques de lésions des tissus oculaires.</i>
- Ingestion	<i>L'absorption accidentelle peut entraîner des accidents pulmonaires graves. Action néfaste sur les reins pouvant se manifester avec retard après ingestion.</i>

**ANNEXE 8 : COURRIEL EXPLICATIF DE NOTRE TRAVAIL**

Bonjour,

Je réalise ma thèse sur **la pollution de l'air en formaldéhyde, à l'intérieur des bureaux**, et souhaiterais évaluer l'état des connaissances des médecins du travail français sur le sujet, à l'aide d'un **questionnaire individuel et anonyme** que j'ai réalisé.

En effet, les personnes travaillant dans des bureaux ne manipulent pas de produits contenant du formaldéhyde mais peuvent y être exposées à travers différents équipements et mobiliers au même titre que les personnes à leur domicile.

Les services de santé au travail se préoccupent souvent des travailleurs manipulant le formaldéhyde tel qu'en laboratoire d'anatomie et cytologie pathologique, mais la teneur en formaldéhyde des locaux de travail du secteur tertiaire est peu étudiée.

Pour participer, il suffit de cliquer sur ce lien: <http://www.add-ms.fr/julie>, et que le médecin renseigne son adresse email afin que le questionnaire lui soit envoyé de manière anonyme depuis le logiciel de sondage (il est également possible de faire un copier-coller du lien dans la barre d'adresse du navigateur internet).

Je vous transmets donc ce courriel, afin d'avoir votre accord pour diffuser le lien ci-dessus, dans la mesure du possible, aux médecins du travail de votre service.

Vous trouverez en pièce jointe, le descriptif rapide en format word de mon questionnaire, ainsi que ma méthodologie détaillée, et les remarques sur la protection de la vie privée.

Je reste à votre disposition pour toute demande d'information complémentaire.

Veillez agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de mes salutations les plus cordiales.

LEMAIRE Julie

Interne en médecine du travail.

## **ANNEXE 9 : EXPLICATION DE LA PROCÉDURE INFORMATIQUE UTILISÉE, ENVOYÉE PAR COURRIEL AUX MÉDECINS**

Le questionnaire adressé aux médecins du travail de France a été édité et géré à l'aide du logiciel LimeSurvey ([www.limesurvey.org](http://www.limesurvey.org)).

Lime Survey est un système de gestion de sondage permet de : créer des sondages, enquêtes ou études pouvant être ouverts au public ou limités à une liste de participants invités avec la possibilité de garantir leur anonymat. Les résultats peuvent être retranscrits sous forme de statistiques ou de graphiques. J'ai donc choisi de l'utiliser.

Le questionnaire a été configuré pour que seules les personnes invitées à le remplir ne puissent y répondre. Pour ce faire, je diffuse par mail un lien de demande de participation: <http://www.add-ms.fr/julie>. Il suffit que vous, médecin du travail, cliquiez sur ce lien, pour que votre inscription soit enregistrée (il est également possible de faire un copier-coller du lien dans la barre d'adresse du navigateur internet).

Chaque médecin recevra ensuite un second lien sur son adresse email, et n'aura qu'à cliquer dessus pour accéder directement au questionnaire et le remplir. Les réponses sont attendues pour le 30 Novembre 2015 au plus tard.

Le questionnaire est envoyé directement par un logiciel par soucis d'anonymisation. Les résultats sont recueillis sans enregistrer la date et l'heure, et l'enregistrement des réponses ne contient aucune information permettant de vous identifier. Il est géré sur une base séparée, où il sera uniquement indiqué que vous avez (ou non), finalisé le questionnaire. Les adresses emails ne sont pas stockées. Un code unique est généré dans une base de données cryptée lors de l'inscription, et il n'existe aucun moyen de faire correspondre votre code d'inscription à vos réponses sur ce questionnaire.

J'ai choisi cette procédure afin de respecter l'anonymat des participants, conformément à la législation, et sans nécessité de déclaration auprès de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés.

## ANNEXE 10 : QUESTIONNAIRE ANONYME D'ÉVALUATION DES CONNAISSANCES DES MÉDECINS DU TRAVAIL FRANÇAIS SUR LE FORMALDÉHYDE

Première page du questionnaire en ligne :

### Auto-questionnaire anonyme d'évaluation des connaissances des médecins du travail Français sur le formaldéhyde

Instructeur : LEMAIRE Julie

Fonction : Interne en médecine du travail

Période : 2015

But: Ce questionnaire a pour but d'évaluer l'état des connaissances actuelles des médecins du travail en France, concernant la pollution en formaldéhyde de l'air à l'intérieur des bureaux.

Objet: Les réponses à ce questionnaire feront l'objet de ma thèse de médecine du travail.

#### Instructions :

Questionnaire **ANONYME**.

À compléter s'il vous plaît, **avant le 30 Novembre 2015** au plus tard.

**IMPORTANT : Pour l'intérêt de mon étude, si vous ne connaissez pas la réponse, merci de ne pas répondre par hasard et veuillez cocher la case « je ne sais pas ».**

Cela devrait vous prendre environ 15 minutes. Je vous remercie d'y répondre avec le plus grand sérieux. Il y a 25 questions dans ce questionnaire.

Les résultats sont recueillis sans enregistrer la date et l'heure de réponse par soucis d'anonymisation encore une fois.

Sortir et effacer vos réponses

#### Remarque sur la protection de la vie privée

Ce questionnaire est anonyme.

L'enregistrement de vos réponses à ce questionnaire ne contient aucune information permettant de vous identifier, à moins que l'une des questions ne vous le demande explicitement. Si vous avez utilisé un code pour accéder à ce questionnaire, soyez assuré qu'aucune information concernant ce code ne peut être enregistrée avec vos réponses. Il est géré sur une base séparée où il sera uniquement indiqué que vous avez (ou non) finalisé ce questionnaire. Il n'existe pas de moyen pour faire correspondre votre code à vos réponses sur ce questionnaire.

Suivant ▶

Auto-questionnaire anonyme d'évaluation des connaissances des médecins du travail Français sur le formaldéhyde

LEMAIRE Julie INTERNE

#### Données sociodémographiques

##### \* Votre région d'exercice :

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous

Veillez choisir ...

Veillez choisir ...

Alsace

Aquitaine

Auvergne

Basse-Normandie

Bourgogne

Bretagne

Centre

Champagne-Ardenne

Corse

Franche-Comté

Haute-Normandie

Île-de-France

Languedoc-Roussillon

Limousin

Lorraine

Midi-Pyrénées

Nord-Pas-de-Calais

Pays de la Loire

Picardie

Suivant ▶

**Données sociodémographiques****\* Secteur d'activité des entreprises que vous suivez :**

Cochez la ou les réponses

- Primaire (collecte et exploitation de ressources naturelles (matériaux, énergie, et certains aliments))
- Secondaire (industries de transformation des matières premières)
- Tertiaire (industries du service (essentiellement immatériel : conseil, assurance, formation, études et recherche, administration, services à la personne, sécurité, nettoyage, etc.))

Suivant ▶

Version imprimable du questionnaire :

**Auto-questionnaire anonyme d'évaluation des connaissances des médecins du travail Français sur le formaldéhyde**

**Données sociodémographiques**

**Votre région d'exercice :** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Alsace                                      Corse                                      Nord-Pas-de-Calais
- Aquitaine                                      Franche-Comté                                      Pays de la Loire
- Auvergne                                      Haute-Normandie                                      Picardie
- Basse-Normandie                                      Île-de-France                                      Poitou-Charentes
- Bourgogne                                      Languedoc-Roussillon                                      Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Bretagne                                      Limousin                                      Rhône-Alpes
- Centre                                      Lorraine Outre-mer
- Champagne-Ardenne                                      Midi-Pyrénées

**Votre âge :** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- 25 à 30 ans                                      31 à 40 ans                                      41 à 50 ans                                      Plus de 50 ans

**Sexe :** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Féminin                                      Masculin

**Depuis quand exercez-vous la médecine du travail ?** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Plus de 10 ans                                      Moins de 10 ans

**Secteur d'activité des entreprises que vous suivez :** Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- Primaire (collecte et exploitation de ressources naturelles : matériaux, énergie, et certains aliments)
- Secondaire (industries de transformation des matières premières)
- Tertiaire (industries du service essentiellement immatériel : conseil, assurance, formation, études et recherche, administration, services à la personne, sécurité, nettoyage, etc.)



**En milieu professionnel, la principale voie d'exposition au formaldéhyde est respiratoire :** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Vrai                                       Faux                                       Je ne sais pas

**Les émissions en formaldéhyde dépendent de la température et de l'hygrométrie du local :** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Vrai                                       Faux                                       Je ne sais pas

**Des textes réglementaires existent, concernant la surveillance des taux de formaldéhyde dans l'air intérieur :** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Vrai                                       Faux                                       Je ne sais pas

**Pratiques professionnelles :**

**Durant votre carrière, avez-vous déjà été confronté au problème du formaldéhyde dans l'air intérieur des bureaux ?** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui     Non

**La problématique « pollution environnementale » fait-elle partie de votre propre évaluation des risques ?** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui     Non

**La vérification des débits de ventilation des locaux fait-elle partie de votre pratique en matière de fiche d'entreprise ?** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui     Non

**Votre bureau comporte-t-il des plaques de faux plafonds ?**

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui     Non

**Votre bureau comporte-t-il des meubles stratifiés ?** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui     Non

**Avez-vous déjà préconisé des actions de métrologies environnementales (formaldéhyde, benzène, COV, isocyanates) ?** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui     Non

**Disposez-vous dans votre service de sondes formaldéhyde ?** Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- Oui     Non

Merci pour votre participation.

## ANNEXE 11 : RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE ENVOYÉ AUX MÉDECINS

Je vous remercie d'avoir répondu au questionnaire.

Vous trouverez **ci-dessous les réponses** au questionnaire sur le formaldéhyde.

### REPONSE AU QUESTIONNAIRE SUR LE FORMALDEHYDE :

-Le formaldéhyde peut être sous forme aqueuse, solide, ou gazeuse : **Vrai**

*Le formaldéhyde se polymérise facilement à l'état gazeux, et est vendu sous forme solide ou aqueuse.*

-Le formaldéhyde peut être émis directement et par formation secondaire lors de réactions chimiques dans l'atmosphère : **Vrai**

*Les émissions peuvent provenir du formaldéhyde lui-même contenu dans les produits, mais aussi de phénomènes de réactivité chimie conduisant à la formation secondaire de formaldéhyde.*

-Le formaldéhyde est utilisé comme fixateur pour les pièces histologiques : **Vrai**

*C'est le fixateur de tissus international en laboratoire d'anatomie et cytologie pathologique (liquide de Bouin).*

*Le formaldéhyde est également utilisé comme bactéricide, fongicide, et virucide : désinfectant efficace à des concentrations relativement élevées, contre les micro-organismes comme les bactéries, les virus, les champignons et les parasites. Cette propriété explique son emploi dans de nombreux produits : désinfectants, inactivateur de virus dans les vaccins, pâtes gingivales, etc.*

-Parmi ces propositions, cochez selon vous celle(s) qui peu(t) (vent) être source(s) de formaldéhyde dans notre air intérieur : **Toutes**

Dalles de faux plafonds, fumée de tabac, sprays, insecticides, désodorisants, panneaux de bois contreplaqués, agglomérés, stratifiés, laine de verre/laine de roche

*Voir Liste non exhaustive des sources intérieures possibles d'exposition au formaldéhyde.*

-Parmi ces propositions, cochez selon vous le(s) symptôme(s) qui peu(t)(vent) être ressenti(s) lors d'une inhalation de formaldéhyde : **Tous**

*-Picotements, démangeaisons, larmoiements, brûlures, rougeurs, sécheresse ou gonflements oculaires*

*-Gorge sèche, irritée, mal de gorge, voix enrouée, nez bouché ou qui coule, saignements de nez, éternuements répétés*

*-Gêne respiratoire, toux irritative ou quinte de toux, respiration sifflante, oppression thoracique*

*-Apparition ou aggravation d'un asthme (Le formaldéhyde favoriserait le développement d'asthme, mais la réaction allergique n'est pas évidente car le plus souvent une réaction irritative des voies respiratoires existe).*

À des concentrations faibles, une exposition chronique peut entraîner des épisodes asthmatiformes, des maladies respiratoires, des irritations des muqueuses, et des réactions d'hypersensibilité de type dermite de contact allergique, ou urticaire de contact. Une atteinte de la mémoire, de la concentration, et du sommeil sont possibles.

-Le formaldéhyde est un gaz irritant à faibles doses : Vrai

**Tableau 7 : Relations dose-effet pour le formaldéhyde chez l'homme par voie aérienne (toxicité aiguë)**

Seuil d'odeur	30 – 600 µg.m <sup>-3</sup> (10 <sup>ème</sup> au 90 <sup>ème</sup> percentile)
Inconfort, larmoiements, toux	100 – 3000 µg.m <sup>-3</sup>
Irritation oculaire	600 – 1200 µg.m <sup>-3</sup>
Seuil de tolérance	Environ 6000 µg.m <sup>-3</sup>

Source : Saisine n° 2004/016 Afsset · rapport « Toxicité du Formaldéhyde »

-Le formaldéhyde est un cancérigène avéré : Vrai

En juin 2004, le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) a reclassé le formaldéhyde du groupe 2A (substance probablement cancérigène pour l'homme) au groupe 1 (substance cancérigène avérée pour l'homme). Il est classé cancérigène de catégorie 1B en Europe :

**Le règlement (UE) N° 605/2014 de la COMMISSION du 5 juin 2014** a officialisé la nouvelle classification et le nouvel étiquetage de la substance FORMALDEHYDE (n° CAS 50-00-0) en catégorie «cancérigène 1B» (substance dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est supposé) et «mutagène 2» (substance préoccupante du fait qu'elle pourrait induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains). Voir les pages L 167/43 et /47 du règlement. Ce règlement a été modifié en mars 2015 par le règlement (UE) 2015/491 du 23 mars 2015 qui reporte la date d'entrée en vigueur du paragraphe 3 de l'article 1er au **1er janvier 2016**.

-Par voie aérienne, les effets irritants seraient des effets précurseurs de l'induction des tumeurs : Vrai

Les effets irritants respiratoires et oculaires sont considérés comme précurseurs du cancer du nasopharynx. Ce constat soutient l'hypothèse d'un mécanisme cancérigène à seuil d'action, et le choix des effets irritants comme effets critiques.

-L'effet reprotoxique du formaldéhyde chez l'homme n'est pas avéré : Vrai

En l'état actuel des connaissances, il n'existe pas de données concluantes démontrant que le formaldéhyde a un effet prénatal chez l'humain, sur la reproduction et le développement embryofœtal.

L'augmentation d'avortements spontanés et la diminution du poids de naissance parfois observés restent suspects d'autant que le rôle d'autres facteurs de risques ne peut être exclu.

Source : Publication IARC MONOGRAPHS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS Monographs vol 88

-Le formaldéhyde est naturellement présent dans l'organisme : **Vrai**

*Le formaldéhyde est présent dans l'organisme soit par apport exogène, soit par formation endogène au cours du métabolisme des acides aminés et des xénobiotiques (molécules étrangères à l'organisme et souvent toxique), en faible quantité (concentration sanguine d'environ 2.7 mg/l). (Majorité des organismes vivants, émission par les bactéries, les algues, le plancton, et la végétation, combustion de la biomasse (feux de forêts))...*

-En milieu professionnel, la principale voie d'exposition au formaldéhyde est respiratoire : **Vrai**

*Substance très volatile.*

-Les émissions en formaldéhyde dépendent de la température et de l'hygrométrie du local : **Vrai**

*Les émissions de polluants chimiques sont fonction de la source (nature, poids, surface, utilisation...), des phénomènes d'absorption et de réémission, des paramètres de climat intérieur (température, humidité), du renouvellement de l'air, de la vitesse de l'air et des activités humaines.*

-Des textes réglementaires existent, concernant la surveillance des taux de formaldéhyde dans l'air intérieur : **Vrai**

*L'arrêté du 13 juillet 2006, (JO du 26 juillet 2006 modifiant l'arrêté du 5 janvier 1993), est venu ajouter les travaux exposant au formaldéhyde à la liste des procédés considérés comme cancérogènes.*

*- Le décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène.*

*- 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.*

*- Les articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail, créé par le décret n°2008-244 du 7 mars 2008, relatifs aux règles d'aération et d'assainissement des locaux.*

*Les articles R. 4412-59 à R. 4412-93 du Code du travail créé par le décret n°2008-244 du 7 mars 2008, relatifs aux mesures de prévention des risques chimiques (agents cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction dits CMR, de catégorie 1A ou 1B). Ils régissent les obligations de l'employeur vis-à-vis de l'utilisation des produits CMR...*

Sources : <http://www.legifrance.gouv.fr>

## ANNEXE 12 : DÉMARCHE DE PRÉVENTION (CRÉÉE DANS LE CADRE DE CETTE ÉTUDE)

### DOCUMENT PREVENTION

L'évaluation et la traçabilité des risques relèvent de la responsabilité de l'employeur (fiche de prévention des expositions individuelles renseignant la nature du risque, le délai et la durée des expositions...). Il doit prendre toutes les dispositions pour éliminer ou réduire le risque au maximum et assurer des niveaux aussi bas que techniquement possible, avec une obligation de résultat.

### PREVENTION PRIMAIRE

La prévention primaire est **fondamentale**. Elle **permet d'intervenir en amont et d'éviter de coûteux travaux de remplacement sur le bâtiment. Il faut l'envisager dès la conception du bâtiment**. Dans le cadre des bureaux de travail, les mesures préventives sont essentiellement collectives. **Le médecin du travail doit être consulté afin de diffuser une information sur les risques inhérents au formaldéhyde, les moyens de prévention, et orienter sur le choix des équipements. Il est en liaison avec le CHSCT qui doit être consulté avant toute décision d'aménagement important, et en tant que conseiller de l'entreprise, il recueille les plaintes des travailleurs afin de dépister précocement la survenue d'une pathologie**. Les fiches de données sécurité, (FDS), et les étiquettes de produits sont également des éléments importants pour l'analyse toxicologique.

Mesures générales et conseils à dispenser par le médecin du travail :

Eviter si possible la construction à proximité d'une zone industrielle ou d'une route à fort trafic.

Choisir des matériaux peu émissifs :

- L'achat de produits labélisés :

NF Environnement	Écolabel européen	Nature Plus, Ange bleu	Label européen GUT
 <p>Ecolabel officiel français pour la qualité écologique des peintures, vernis...</p>	 <p>Peinture, vernis, revêtement de sols durs, ampoules et tubes électriques à économie d'énergie</p>	 <p>Selon les émissions en COV des peintures, dérivés du bois, revêtements de sol, isolants...</p>	 <p>Garantit l'absence d'émission de COV des moquettes</p>

**Tableau 1 : Exemple de labels européens existants**

Sources : Atlas de poche de Médecine de l'environnement 9 juillet 2002 de Franz-Xavier Reichl

- Marqués A+ ou A (depuis le 1er Septembre 2013, tous les produits concernés commercialisés en France doivent comporter une étiquette indiquant leur niveau d'émission en polluants : A+<10  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  ; A<60  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  ; B<120  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  ; C>120  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
- Meubles fabriqués à partir de bois aggloméré ou de bois massif, moins émetteurs de formaldéhyde.
- Le bois non à nu (effet barrière des enduits, et revêtements en plastique essentiellement).
- Le chanvre, le liège en granulés ou aggloméré et des panneaux de bois fabriqués sans adjonction de liant ou avec des résines faiblement émissives, plutôt que des fibres à base de laine de roche et laine de verre pouvant contenir du formaldéhyde.
- Parquet, linoléum ou carrelage, plutôt que moquettes ou tapis.

Isoler les sources d'émission potentielles qui ne peuvent être évitées : par exemple, prévoir une salle pour les imprimantes et photocopieurs avec ventilation renforcée (pollution spécifique).

Assurer une bonne **ventilation des locaux** pour le renouvellement de l'air intérieur et l'évacuation des polluants, en particulier en cas de bureaux aveugles. Une ventilation générale est recommandée pour les sources diffuses (**conforme aux dispositions réglementaires**) :

- Par **aération naturelle** chaque fois que possible, environ 10 minutes par jour (grille d'aération, interstices de fenêtres, ouverture des portes et des fenêtres). Elle reste l'aération minimale à privilégier en l'absence de ventilation mécanique.
- En cas de complément par une **ventilation mécanique**, il faut veiller à éloigner les travailleurs des zones ventilées où les vitesses d'air sont élevées (courant d'air, et risque de remise en suspension des poussières déposées), ne pas obstruer les entrées et sorties d'air, s'assurer que la zone de rejet ne soit pas à proximité des zones d'entrée d'air neuf, elles-mêmes placées hors zone de toute pollution aérienne pour éviter le recyclage de polluants.

Un **entretien régulier** des installations de ventilation et de climatisation est indispensable (changement de filtres, nettoyage des gaines, vérification du caisson de ventilation...).

Locaux à pollution non spécifique	Locaux à pollution spécifique
<p><i>Tous les ans :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● débit global minimal d'air neuf</li> <li>● examen de l'état des éléments de l'installation</li> <li>● conformité des filtres de recharge à la fourniture initiale</li> <li>● dimensions, perte de charge des filtres</li> <li>● examen de l'état des systèmes de traitement de l'air (humidificateurs-échangeurs)</li> <li>● pressions statiques et vitesses d'air</li> </ul>	<p><i>Tous les ans :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● débit global d'air extrait</li> <li>● pressions statiques et vitesses d'air</li> <li>● examen de l'état de tous les éléments de l'installation</li> </ul> <p><i>Tous les six mois (s'il y a un système de recyclage) :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● concentrations en poussières dans les gaines de recyclage ou à leur sortie dans un écoulement canalisé</li> <li>● contrôle de tous les systèmes de surveillance</li> </ul>

**Tableau 2 : Contrôles périodiques**

Sources : ED 695 de l'INRS

Il faut garantir un niveau de confort hygrothermique constant (valeur de référence : température de 18 à 22°C, et humidité relative de 40 à 70%).

Informé, sensibiliser l'entreprise (sur les risques additionnels (tabac...), facteurs d'influence...).

Conseiller, effectuer des métrologies d'ambiance, en s'appuyant sur les VGAI (concentration atmosphérique en formaldéhyde, hygrométrie, température, vitesse de l'air, bruit généré...), et rechercher les sources prépondérantes d'émissions directes/indirectes, afin de les hiérarchiser selon leur contribution dans l'environnement intérieur.

**Privilégier le bien-être au travail**, éviter les risques psycho-sociaux, les sources de stress pouvant exacerber la symptomatologie, et le nombre de plaintes : **groupe d'écoute, de soutien... Le confort environnemental participe à la qualité de vie au travail et inversement.**

#### PREVENTION SECONDAIRE

Elle met l'accent sur l'individu en cas d'apparition d'une symptomatologie et/ou de la découverte d'une pollution au formaldéhyde. La dimension socio-psychologique associée peut générer une anxiété, aggraver les effets sur la santé et participer à la multiplication des plaintes au sein d'un collectif de travail.

Eloigner si possible en premier lieu les travailleurs de la source (en particulier les personnes sensibilisées ou vulnérables).

Supprimer le risque à la source (remplacer les dalles de faux plafonds dégradées, limiter l'utilisation d'aérosols, vaporisateurs, désodorisants, insecticides, parfums d'ambiance, sprays, bougies, encens, préférer la formulation gel ou liquide, les produits étiquetés « sans solvant ». En cas de contamination de matériel, le

rabotage ou le ponçage de surface en bois ou l'utilisation de laques pour isoler la surface peuvent être envisagés pour empêcher la diffusion du carbonylé). Substituer par un autre produit non dangereux, ou qui l'est moins, en cas d'impossibilité de suppression totale du risque. De nombreuses techniques pour faire diminuer les taux de formaldéhyde dans l'air intérieur sont à l'étude.

Effectuer des mesures correctives concernant les facteurs d'influence pouvant se surajouter : température, hygrométrie, tabac...

Assurer le suivi et le soutien des travailleurs exposés. Pour les cas les plus sévères, la symptomatologie peut générer un véritable handicap socio-professionnel. Il est donc important de les identifier précocement et de leur **porter une écoute attentive** (si besoin prise en charge psychologique cognitivo-comportementale).

Privilégier le bien-être au travail, éviter les risques psycho-sociaux, les sources de stress pouvant exacerber la symptomatologie, et le nombre de plaintes : groupe d'écoute...

L'éviction des personnes sensibilisées de la zone de travail ayant posé problème et/ou des zones à risques est le plus souvent envisagée.

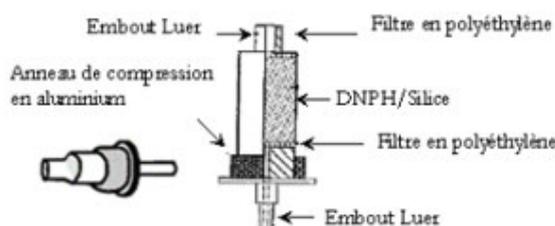
### CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR LE CHOIX DE LA METHODE DE MESURES

Les dosages urinaires et sanguins sont peu sensibles, peu spécifiques, et principalement utilisés dans les cas d'intoxication aiguë. De plus, il existe peu de corrélation entre l'intensité de l'exposition et le dosage urinaire.

L'analyse du formaldéhyde doit être réalisée par désorption chimique, suivie d'une analyse par chromatographie liquide haute performance couplée à un détecteur ultra-violet. La méthode d'analyse doit respecter une limite de quantification inférieure à  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une durée de prélèvement de 4,5 jours (**décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012**, relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuée au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public).

Un grand nombre de techniques de mesure ont émergé sur le marché, du fait de la place prépondérante du formaldéhyde dans l'air intérieur. Parmi les systèmes les plus utilisés pour prélever les aldéhydes, on trouve :

- Les prélèvements d'air actifs : les plus fiables. Ils sont effectués par pompage de l'atmosphère. Le support est constitué de gel de silice imprégné de 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH).



Photographie de pompes atmosphériques (à gauche) et schéma avec photographie (à droite) d'une cartouche imprégnée de DNPH

Source : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air 2013 : Métrologie et niveaux de concentration du formaldéhyde en air intérieur : étude bibliographique

La quantification est réalisée par chromatographie liquide haute performance (HPLC) puis la détection par spectrophotométrie ultraviolet. Le prélèvement peut être effectué sur une durée allant de 10 minutes à 8

heures. Il est donc plus adapté à des mesures court terme. L'inconvénient de ces pompes est qu'elles sont bruyantes et encombrantes.

- Les prélèvements passifs par badge : Moins coûteux, légers, et non bruyants, leur petite taille et leur facilité d'utilisation font qu'ils sont largement utilisés. Ils sont effectués à l'aide de tubes à diffusion radiale, constitués d'un filet en acier inoxydable. Ce dernier, recouvert de réactif (DNPH ou autre), est contenu dans un corps diffusifs cylindriques poreux permettant la diffusion et l'adsorption du composé sur toute la surface du cylindre. L'extraction est ensuite effectuée à l'acétonitrile, et l'éluat est analysé par chromatographie liquide haute performance, avec détection par spectrophotométrie infrarouge. Ils sont plus appropriés pour la surveillance vis-à-vis des valeurs repères long terme, puisque la durée du prélèvement peut s'étaler de 8 heures à 7 jours. Néanmoins, ces durées sont fonction de la nature du polluant recherché, de sa concentration atmosphérique, du type d'adsorbant, de la durée d'échantillonnage et des conditions environnementales (température ambiante lors du prélèvement, vitesse de l'air...).



Photographie d'une cartouche et du corps diffusif dans lequel elle doit être introduite pour le prélèvement

Source : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air 2013 : *Métrologie et niveaux de concentration du formaldéhyde en air intérieur : étude bibliographique*

- La méthode qualitative de diagnostic rapide : Très simple d'utilisation, elle est surtout utile pour mesurer les pics d'exposition. Un détecteur électrochimique au sein de l'appareil permet l'obtention d'un résultat instantané, par une lecture directe sur l'écran de contrôle. Il convient donc parfaitement à la surveillance ou encore à la recherche de source émettrice de formaldéhyde pour des atmosphères intérieures. Néanmoins, il peut exister des interférences, du fait de co-expositions à d'autres polluants fréquemment rencontrés (alcools de type éthanol, propanolol...). Un étalonnage préalable est donc nécessaire.



Photographies des détecteurs électrochimiques de formaldéhyde (utilisés dans le cas concret n° 1)



### SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

## RÉSUMÉ

**Introduction** : Le formaldéhyde, polluant ubiquitaire de notre air intérieur, provoque à faible concentration des symptômes à type d'irritation qui sont des effets précurseurs de tumeurs. Cancérogène avéré pour le nasopharynx, il est peu documenté pour les bureaux de travail. Une réparation est possible mais ces affections sont sous déclarées. Notre objectif principal était d'analyser la prise en compte de cette pollution par les médecins du travail dans leur évaluation des risques des bureaux.

**Méthodes** : Nous avons créé et envoyé par courriel aux médecins du travail français volontaires de 270 services interentreprises, un questionnaire anonyme d'évaluation des connaissances et des pratiques professionnelles entre le 1er Septembre 2015 et le 30 Novembre 2015. Une population de référence de 20 spécialistes du travail était souhaitée. Elle a été constituée selon la même démarche, sur un échantillon aléatoire de 30 médecins figurant sur la liste exhaustive des médecins du travail exerçant en France. Nous avons isolé dans notre questionnaire quatre questions relatives à des domaines de connaissances importants pour l'évaluation des risques des bureaux, calculé un score global et recherché un ou plusieurs facteurs indépendamment liés au niveau de connaissances.

**Résultats** : Cent soixante et un médecins ont été inclus. Nos populations sont comparables. La moyenne générale est de 8,5/13. Parmi les médecins jamais confrontés au formaldéhyde dans les bureaux, 68,5% ne tiennent pas compte de la pollution et aucuns ne vérifient la ventilation. Les médecins intégrant la problématique vérifient d'avantage les débits de ventilation (60,3% contre 39,7% avec  $p < 0,0001$ ). Seuls 34,2% ont répondu correctement à la question sur le risque tumoral induit par les effets irritants, question d'intérêt majeur pour la surveillance médicale et la réparation en maladie professionnelle. Nous n'avons pas retrouvé de facteurs de confusion, ni de facteurs indépendamment liés au niveau de connaissances global.

**Discussion** : Ce travail a identifié les lacunes pouvant faire l'objet d'une formation ciblée. Nous proposons aux médecins du travail une démarche structurée de prévention du risque associé au formaldéhyde.

**Mots clés** : Formaldéhyde, immeubles de bureaux, pollution environnementale, inhalation