



(ID Modèle = 454913)

Ineris-20-178314-2201674-v2.0

14/10/2020

**Synthèse bibliographique des valeurs  
repères et réglementaires dans l'air  
intérieur à l'échelle internationale en lien  
avec les sites et sols pollués**



## **PRÉAMBULE**

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R131-36 du Code de l'environnement.

La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser ce document après cette date.

Au vu de ses missions qui lui incombent, l'Ineris, n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Nom de la Direction en charge du rapport : Direction des Risques Chroniques

Rédaction : Anis AMARA – Laurence LETHIELLEUX

Vérification : Nathalie VELLY

Approbation : Document approuvé le 14/10/2020 par RAMEL MARTINE

Personnes ayant contribué à l'étude : Maimouna BARRY

## Table des matières

1	Contexte et objectifs .....	9
2	Valeurs repères et réglementaires pour l'air intérieur et signification .....	10
2.1	Valeurs repères et réglementaires en France .....	10
2.2	Valeurs repères à l'étranger .....	14
2.2.1	Guideline Values - GVII, GVI (Allemagne).....	15
2.2.2	Guideline Values - GV (Pays-Bas, USA, UK).....	15
2.2.3	Tolerable Concentration in Air - TCA (Pays-Bas).....	16
2.2.4	Maximum Exposure Limits - MEL (Canada).....	16
2.2.5	Indoor Air Reference Level - IARL (Canada).....	16
2.2.6	Valeur de référence - VR (Belgique).....	16
2.2.7	Target indoor Air Concentration - TAC (USA) .....	17
2.2.8	Concentration Limits for indoor air pollutants - CL (Chine).....	17
2.2.9	Recommended Standards et Air Quality Standards - RS et AQS (Corée du Sud).....	17
3	Périmètre et déroulement de la recherche des valeurs repères et réglementaires internationales 17	
4	Approches globales d'établissement des valeurs.....	18
4.1	Approche toxicologique .....	18
4.2	Approche empirique.....	19
5	Valeurs repères et réglementaires dans l'air intérieur identifiées à l'issue de la recherche bibliographique .....	20
5.1	Benzène (Numéro CAS : 71-43-2).....	20
5.2	Toluène (Numéro CAS : 108-88-3).....	26
5.3	Ethylbenzène (Numéro CAS : 100-41-4).....	28
5.4	Xylènes (Numéro CAS : 95-47-6 ; 108-38-3 ; 106-42-3 ; 1330-20-7).....	30
5.5	Mercure (Numéro CAS : 7439-97-6).....	32
5.6	Naphtalène (Numéro CAS : 91-20-3) .....	34
5.7	Trichloroéthylène (Numéro CAS : 79-01-6) .....	36
5.8	Tétrachloroéthylène (Numéro CAS : 127-18-4).....	40
5.9	Autres composés volatils .....	43
6	Conclusion et perspectives.....	46
6.1	Conclusion .....	46
6.2	Perspectives .....	47
7	Références .....	48

## Liste des figures et tableaux

Figure 1 : Démarche d'élaboration des VGAI françaises (Anses, 2016b).....	11
Figure 2 : Schéma de principe de l'évolution temporelle de la valeur repère de qualité d'air dans l'air intérieur selon les concentrations extérieures attendues à l'échéance (source HCSP 2009).....	13
Tableau 1 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le benzène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – septembre 2020.....	23
Tableau 2 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le toluène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	27
Tableau 3 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour l'éthylbenzène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	29
Tableau 4 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour les xylènes – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	31
Tableau 5 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le mercure – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	33
Tableau 6 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le naphtalène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	35
Tableau 7 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le trichloroéthylène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	38
Tableau 8 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le tétrachloroéthylène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	41
Tableau 9 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le dichlorométhane, le trichlorométhane, le 1,2-dichloroéthane, le 1,1,1-trichloroéthène, le 1,2-dichloropropane, le benzo(a)pyrène, le styrène et le 1,4-dichlorobenzène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	44

## Liste des abréviations et acronymes

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

Ademe : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

AGÖF : Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (en français : Groupe de travail de l'institut de recherche écologique)

Afssa : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (jusqu'en 2010)

Afsset : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (jusqu'en 2010)

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, du travail et de l'environnement issue de la fusion de l'Afsset avec l'Afssa en 2010

ARS : Agence Régionale de Santé

ATSDR : Agency for toxic substances and disease registry (en français : agence américaine des substances toxiques et du registre des maladies)

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes

CAS : Chemical Abstracts Service

CDEP : Connecticut Department of Environmental Protection (en français : département de la protection de l'environnement du Connecticut)

CL : Concentration Limite

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

COMEAP : Committee on the Medical Effects of Air Pollutants

COV : Composé Organique Volatil

COHV : Composé Organique Halogéné Volatil / Composé Organohalogéné Volatil

DREAL : Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

DJT : Dose Journalière Tolérable

ERU : Excès de Risque Unitaire

ERI : Excès de Risque Individuel

EPAQS : Expert Panel on Air Quality Standards

GV : Guidelines Value

GV I : Guide Value I

GV II : Guide Value II

HCSP : Haut Conseil de la Santé Publique

IARL : Indoor Air Reference Levels

IEM : Interprétation l'Etat des Milieux

Ineris : Institut national de l'environnement industriel et des risques

IRIS : Integrated Risk Information System (en français : système d'information sur les risques)

LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level

MEL: Maximum Exposure Limits

MPR : Maximum Permissible Risk (terme général utilisé par le RIVM pour désigner les valeurs toxicologiques de référence)

NICE : National Institute for Care and Excellence

NOAEL : No Observed Adverse Effect Level

NOAEL<sub>Hec</sub> : NOAEL adjusted for dosimetric differences across species to a human equivalent concentration

NYSDOH : New York State Department of Health

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

PBPK : Physiologically-based pharmacokinetic (en français : Pharmacocinétique/Pharmacodynamique)

PCE : Perchloroéthylène ou Tétrachloroéthylène

PM : Particule matter (en français : particules fines)

PNSE : Plan National Santé Environnement

PRSE : Plan Régional Santé Environnement

PQAI : Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur

QD : Quotient de Danger

QAI : Qualité de l'Air Intérieur

RIVM : RijksInstituut voor Volksgezondheid en Milieu

SSP : Sites et Sols Pollués

TCA : Tolerable Concentration in Air

TCE : Trichloroéthylène

TIAC : Target Indoor Air Concentration

US-EPA : United States Environmental Protection Agency (agence américaine de protection de l'environnement)

VAR : Valeur d'action rapide

VC : Valeur cible

VR : Valeur de Référence (Belgique) ou Valeur Repère (France)

VG : Valeur guide

VGAI : Valeur Guide de qualité d'Air Intérieur

VR : Valeur repère

VRAI : Valeur Repère pour l'Air Intérieur

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

WHO : World Health Organization (Organisation Mondiale de la Santé)

## Résumé

La présence de composés volatils dans les sols peut engendrer des risques sanitaires par inhalation de vapeurs dans les environnements intérieurs. En effet, les vapeurs issues des pollutions du milieu souterrain, sol ou eaux souterraines, peuvent pénétrer dans les bâtiments et dégrader la qualité de l'air intérieur.

D'une façon plus générale, la qualité de l'air intérieur est devenue au fil des années une préoccupation sanitaire majeure, alors que nous passons en moyenne 80 % du temps dans les environnements intérieurs et que pour éviter le gaspillage énergétique, les bâtiments sont de plus en plus isolés de l'extérieur.

Pour pallier le manque de vision globale sur les valeurs guide de la qualité de l'air intérieur (valeurs réglementaires et valeurs repère) utilisées dans les situations de sols pollués et disponibles à l'échelle internationale, l'Ineris a réalisé une synthèse bibliographique d'identification de ces valeurs, dans le cadre d'un projet cofinancé par l'Ademe. Les travaux ont été centrés sur les substances volatiles rencontrées le plus couramment lors de pollutions du milieu souterrain : BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes), COHV (composés organo-halogénés volatils), mercure et naphtalène. Ils ont concerné en particulier 13 pays (Allemagne, Belgique, Canada, Chine, Corée du Sud, Etats-Unis, Finlande, France, Hong-Kong, Japon, Royaume-Uni, Pays-Bas, Portugal) sélectionnés sur la base de leur engagement politique en faveur de la gestion de la qualité de l'air intérieur. Outre l'identification de valeurs existantes, le projet avait pour objectif de préciser les critères sur la base desquels ces valeurs avaient été fondées et leur utilisation dans le cadre de la gestion de la qualité de l'air intérieur.

Les informations recherchées dans les différentes bases de données bibliographiques internationales ont concerné : la méthodologie et les critères de dérivation des valeurs repères ou réglementaires retenues par les différents pays ainsi que leur mise en œuvre dans le cadre de la gestion de la qualité de l'air intérieur. Lorsqu'elles sont disponibles, ces informations ont été regroupées dans des tableaux par substance concernée.

Une constante évolution des valeurs repères dans le temps est constatée. Les premières valeurs notamment pour le benzène sont apparues à partir de 2001. Entre 2004 et 2017, plusieurs pays ont cherché à mettre en place des valeurs repères de la qualité de l'air intérieur pour plusieurs polluants fréquemment retrouvés. Certains pays proposent des approches pour plusieurs substances comme pour les COV. Peu de pays disposent de valeurs réglementaires. La France dispose quant à elle de valeurs réglementaires pour certaines substances comme notamment le benzène et le tétrachloroéthylène.

L'ensemble des données recueillies a permis tout d'abord de mettre en évidence la difficulté d'établissement des valeurs repères et leur relative rareté (nombre limité de substances et de pays concernés). Ensuite il est constaté que différents facteurs comme la pollution de l'air extérieur ou les contraintes réglementaires associées aux produits de consommation courante, peuvent conduire des pays géographiquement proches à élaborer des valeurs repères différentes. Enfin, à l'exception des Pays Bas, la gestion des sols pollués ne semble pas être un critère retenu en amont de l'établissement des valeurs.

Comme les valeurs présentées dans ce document peuvent être amenées à évoluer, à l'instar du trichloroéthylène en France pour lequel une nouvelle publication du HCSP a été réalisée en août 2020, il est pertinent d'effectuer une veille régulière pour suivre l'évolution de ces valeurs internationales. Cette veille pourrait concerner un plus large panel de substances d'intérêt pour le suivi de la qualité de l'air intérieur. Enfin, les valeurs ne sont pas toujours homogènes entre elles d'un pays à l'autre, ce qui soulève la pertinence de la réflexion concernant une harmonisation européenne et des difficultés que cela pourrait engendrer en terme de gestion, compte tenu des contextes d'établissement de valeurs parfois très différents.

## **Abstract**

The issue of outdoor air quality has been a major concern for people and public authorities for many years. While outdoor air quality is often mediated, indoor air quality is a major public health issue at the boundary between environmental quality and the protection of human health. Volatile compounds in the soil may induce health risks due to the inhalation of vapors in indoor environments. In fact, vapors from pollution of the underground environment, soil or groundwater, can enter buildings and degrade indoor air quality.

Over the years, indoor air quality has become a major concern for several reasons. We spend an average of 80% of the time in indoor environments and to avoid energy waste, buildings are increasingly isolated from the outside.

In order to have a global vision on indoor air quality management values used in situations of polluted soils available on an international scale, Ineris performed a bibliographic summary, in as part of a project co-funded by Ademe. The work focused on the volatile substances most commonly encountered during pollution of the underground environment: BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes), COHV (volatile organo-halogenated compounds), mercury and naphthalene. The bibliographic research concerned 10 countries (France, United States, Germany, Canada, Japan, Belgium, United Kingdom, Hong-Kong, China, South Korea, Finland, Portugal and Netherlands) selected for their engaged policy of management of indoor air quality. In addition to identifying existing values, the project aimed to clarify the criteria on the basis of which these values were based and their use in the management of indoor air quality.

A constant evolution for guide values is observed. The first indoor air quality management values, in particular for benzene, appeared from 2001. Between 2004 and 2017, several countries have defined indoor air quality guide values for several frequently pollutants. Some countries propose approaches for several substances such as for VOCs. Few countries have regulatory values. France, has regulatory values for some substances such as benzene and tetrachlorethylene.

France's position is safe for the most toxic substances (benzene and TCE). In addition, it is found that substances with a high health stake such as benzene, trichlorethylene, tetrachloroethylene have reference values in most countries. These substances are indeed multi-source and can be present in indoor air as well as in outdoor air.

This work highlights the difficulty of establishing guide values for indoor air and their relative scarcity (limited number of substances and countries concerned). Different factors, such as outdoor air pollution or the regulatory context for consumer products, can lead geographically close countries to develop different guide values.

The values presented in this document can always evolve, like in France for trichlorethylene for which a new value was published by HCSP in August 2020, it seems important to carry out a regular watch to follow the evolution of these international values. Finally, the values are not always homogeneous between them from one country to another, which raises the relevance of the thinking concerning an European harmonization and the difficulties that it could generate in terms of management, taking into account the different contexts of establishment of these values.

### **Pour citer ce document :**

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Synthèse bibliographique des valeurs de gestion dans l'air intérieur à l'échelle internationale dans le cadre de la gestion des sites et sols pollués Verneuil-en-Halatte : Ineris-20-178314-2201674-v2.0, 14/10/2020.

### **Mots-clés :**

Air intérieur, Valeur guide de qualité d'air intérieur, Valeur réglementaire, Valeur repère

# 1 Contexte et objectifs

La présence de composés volatils dans les sols peut engendrer des risques sanitaires par inhalation de vapeurs dans les environnements intérieurs. En effet, les vapeurs issues des pollutions du milieu souterrain, sol ou eaux souterraines, peuvent pénétrer dans les bâtiments et dégrader la qualité de l'air intérieur.

D'une façon plus générale, la qualité de l'air intérieur est devenue au fil des années une préoccupation sanitaire majeure, alors que nous passons en moyenne 80 % du temps dans les environnements intérieurs et que pour éviter le gaspillage énergétique, les bâtiments sont de plus en plus isolés de l'extérieur.

Alors qu'il n'existe pas à ce jour de cadre européen pour la qualité de l'air intérieur, la France apparaît pionnière en la matière à travers la réglementation mise en place pour améliorer la qualité de l'air intérieur, les plans nationaux santé environnement, le financement de campagnes de mesures dans plusieurs logements pour avoir une estimation du niveau d'exposition de la population et ainsi être en mesure de proposer des valeurs de gestion.

En cas de pollutions volatiles résiduelles sur un site donné, les composés volatils présents dans les sols, dans les eaux souterraines et dans les gaz du sol sont susceptibles de se transférer dans l'air intérieur si un bâtiment est sus-jacent. Les mesures effectuées dans ces milieux dans le cadre de diagnostics environnementaux font ensuite l'objet de comparaison aux valeurs réglementaires et aux valeurs guides existantes. Ces mesures sont utilisées en cas échéant pour évaluer les risques sanitaires associés aux substances mesurées et identifier les situations nécessitant des mesures de gestion voire des actions de remédiation.

Actuellement, il existe un certain nombre de valeurs de gestion concernant les polluants de l'air intérieur sur le plan national.

Ainsi, sur le plan réglementaire, le décret 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène, s'adresse aux gestionnaires des établissements recevant du public (ERP).

Par ailleurs, un processus encadre en France la fixation de valeurs guides sur la qualité de l'air intérieur :

- l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) est chargée d'élaborer des « valeurs guides » de la qualité de l'air intérieur (VGAI). Ces valeurs sont fondées uniquement sur des critères sanitaires, elles sont de nature indicative ;
- à partir des VGAI de l'Anses, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) propose des « valeurs repères d'aide à la gestion » de l'air des espaces clos, ainsi qu'un calendrier pour leur déploiement, sur la base de considérations pratiques, réglementaires, toxicologiques, juridiques, économiques et sociologiques. Des recommandations ont ainsi été publiées pour le formaldéhyde, le benzène, le tétrachloroéthylène, le naphthalène et le trichloroéthylène. Ces valeurs peuvent être amenées à évoluer au regard des connaissances scientifiques actuelles, de la révision de certaines valeurs guides de l'air intérieur (VGAI) par l'Anses. C'est par exemple le cas du trichloroéthylène dont les valeurs ont été mises à jour en août 2020.

La définition des valeurs repères et réglementaires françaises pour l'air intérieur, leurs portées et les actions mises en œuvre en cas de dépassements sont détaillées dans le chapitre 2.

L'Ademe a publié en 2017 une étude visant à comparer les politiques publiques mises en œuvre à l'international pour préserver et améliorer la qualité de l'air intérieur (rapport Ademe 2017 « Benchmark international des politiques publiques de la qualité de l'air »).

Cette étude, globalement orientée sur les mesures de gestion des bâtiments ou sur leur construction ou rénovation, a permis de mettre en évidence :

- qu'un nombre réduit de valeurs réglementaires pour apprécier la qualité de l'air intérieur et ces valeurs elles-mêmes concernent encore assez peu de pays,
- que peu de substances sont en lien avec des problématiques de pollution des sols et des eaux souterraines.

Il n'existe pas actuellement de vision globale sur les valeurs de gestion de la qualité de l'air intérieur utilisées dans les situations de sols pollués et disponibles à l'échelle internationale. Dans ce contexte, l'Ineris a réalisé une synthèse bibliographique d'identification (de type benchmark<sup>1</sup>) de ces valeurs, dans le cadre d'un projet cofinancé par l'Ademe. Outre l'identification des valeurs existantes, le présent projet vise à préciser les critères sur la base desquels ces valeurs ont été fondées et leur utilisation dans le cadre de la gestion de la qualité de l'air intérieur.

## 2 Valeurs repères et réglementaires pour l'air intérieur et signification

Les différents types de valeurs repères et réglementaires utilisées en France et à l'étranger sont présentées dans ce chapitre, ainsi que leurs spécificités lorsque ces informations sont disponibles.

Dans la suite du rapport le terme « repères » désigne les valeurs identifiées à l'issue de la recherche bibliographique dans les pays pour lesquels elles ont été établies quel que soit leur statut (les valeurs guides, les valeurs repères, les valeurs de référence, les valeurs réglementaires).

### 2.1 Valeurs repères et réglementaires en France

Il existe différents types de valeurs repères pour la gestion de la qualité de l'air intérieur qui sont différenciées selon leur statut.

- Les valeurs guides de la qualité de l'air intérieur (VGAI) :

La définition communément reconnue pour une valeur guide de qualité de l'air est celle de l'OMS, à savoir *une valeur de concentration dans l'air associée à un pas de temps en dessous de laquelle, en l'état actuel des connaissances, aucun effet sur la santé n'est attendu pour la population générale.*

Les valeurs guides de la qualité de l'air intérieur sont définies par l'Anses comme des concentrations dans l'air d'une substance chimique en dessous desquelles aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé n'est attendu pour la population générale en l'état des connaissances actuelles. Une VGAI vise à définir et proposer un cadre de référence destiné à protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air par inhalation. Il s'agit de contribuer à l'élaboration de recommandations visant *in fine* à éliminer, ou à réduire à un niveau acceptable du point de vue sanitaire, les contaminants ayant un effet néfaste sur la santé humaine et le bien-être, que cet effet soit connu ou supposé.

Les valeurs guides de qualité de l'air intérieur sont de nature indicative et n'ont pas de portée réglementaire. Elles ne concernent pas les expositions professionnelles pour lesquelles la réglementation du travail s'applique et des valeurs limites spécifiques existent. Ces dernières sont hors du champ de la présente étude, de même que les polluants d'origine naturelle y compris lorsque leur origine est liée au sol comme le radon.

En France, les VGAI sont établies par l'Anses<sup>2</sup>, exclusivement sur la base des données toxicologiques, cliniques et épidémiologiques disponibles. Elles n'intègrent aucun critère technico-économique (faisabilité technique de la mesure dans l'air, réduction à la source du polluant, par exemple). La démarche d'élaboration des VGAI françaises est décrite dans le diagramme de la Figure 1.

A défaut de valeurs françaises pour certains composés, les VGAI établies par l'OMS en 2010 (WHO, 2010) ou reconnues à l'échelle européenne (cas du projet INDEX<sup>3</sup>(Koistinen *et al.*, 2008)) peuvent être utilisées (OQAI, 2019). Avant de proposer une VGAI française, les experts de l'Anses procèdent à une

---

<sup>1</sup> Benchmark : terme marketing qui désigne l'ensemble des démarches, d'observations et d'analyse des pratiques utilisées et des performances atteintes par d'autres organisations pour s'en inspirer.

<sup>2</sup> Anses : Agence de sécurité sanitaire née de la fusion de l'Afsset (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail) et de l'Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments).

<sup>3</sup> Le projet européen INDEX "Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU" a été financé par la Commission européenne (2002-2004). Il a pour but d'élaborer une liste de polluants chimiques prioritaires des environnements intérieurs susceptibles d'être réglementés dans le futur et de proposer des valeurs guides de qualité d'air intérieur.

analyse critique de la valeur proposée par l'OMS si elle existe. Une revue de la littérature est alors réalisée pour rechercher l'étude ayant servi à déterminer l'effet critique retenu par l'OMS. En cas d'accord avec l'effet critique retenu, l'Anses conserve la VGAI retenue par l'OMS et rédige un document retraçant le choix et la méthode d'élaboration de la VGAI. En cas de désaccord, l'Anses justifie l'exclusion de la VGAI produite par l'OMS et élabore une valeur guide en choisissant l'effet critique le plus pertinent à prendre en compte.

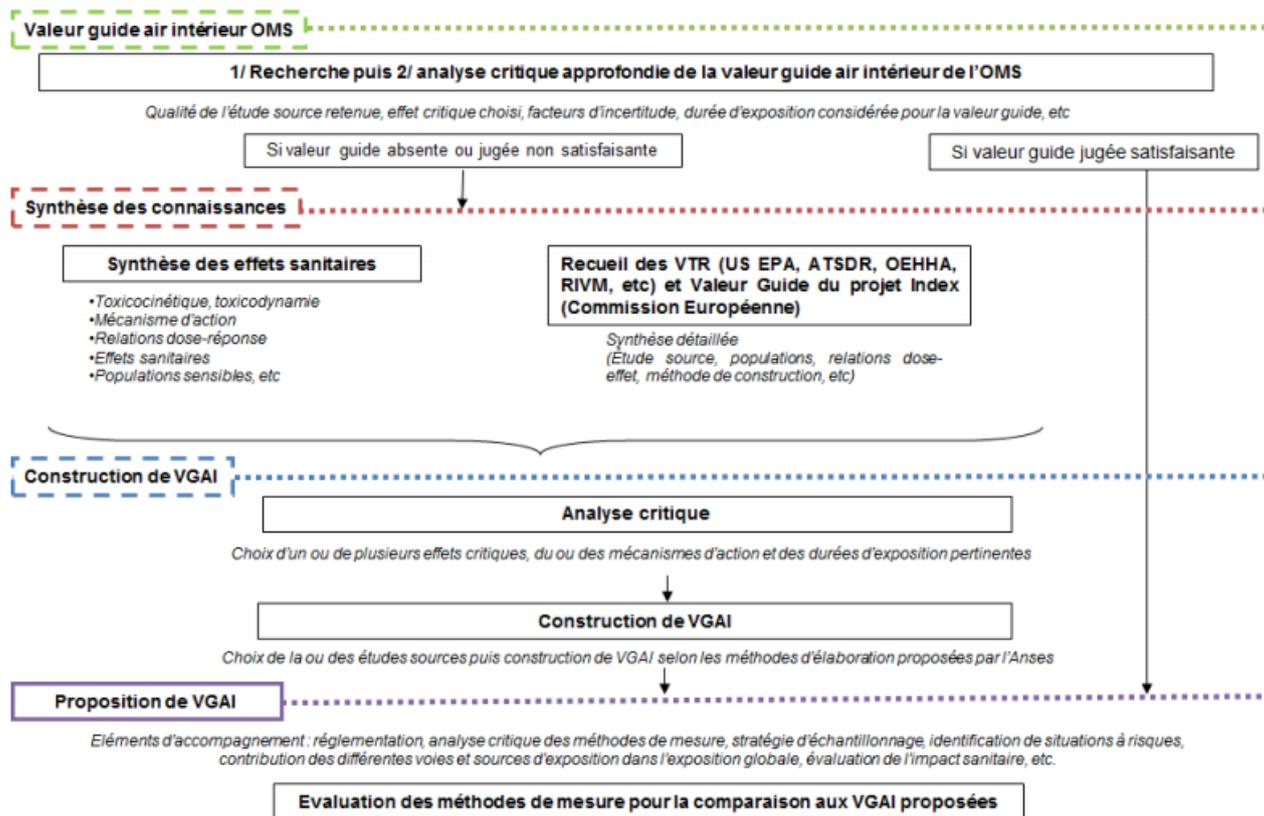


Figure 1 : Démarche d'élaboration des VGAI françaises (Anses, 2016b)

Selon le polluant retenu, plusieurs valeurs guides sont établies pour des durées d'exposition différentes :

- VGAI court terme si l'effet critique apparaît après une courte durée d'exposition (15 mn, 1 ou 2 heures...), généralement unique ;
- VGAI long terme si l'effet critique apparaît suite à une exposition continue et/ou répétée à long terme, c'est-à-dire sur plusieurs mois ou années, jusqu'à 40 ou 70 ans ; cette dernière durée correspond à une exposition « vie entière » ;
- VGAI intermédiaire si l'effet critique apparaît après des temps d'exposition situés entre ces deux termes, en général pour une durée de l'ordre d'une semaine à un mois.

Dans le cadre de la présente étude, seules les VGAI long terme ont fait l'objet d'une recherche bibliographique au niveau international.

- Les valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos :

Une fois les valeurs établies par l'Anses sur la base de critères sanitaires, afin de guider les pouvoirs publics dans l'élaboration de valeurs opérationnelles pour mettre en place des actions d'amélioration de la qualité de l'air intérieur, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) peut être saisi pour proposer des valeurs repères d'aide à la gestion, le cas échéant selon un échéancier temporel de concentrations afin de mieux gérer la décroissance visée des concentrations mesurées dans l'air intérieur. Les valeurs repères du HCSP tiennent compte de considérations pratiques, réglementaires, juridiques, économiques et sociologiques.

En effet, le HCSP formule des propositions afin d'éclairer les gestionnaires du risque sur les niveaux de concentration à partir desquels des actions sont à entreprendre.

Deux types de valeurs repères d'aide à la gestion sont proposées pour les différents polluants :

- Valeur repère pour l'air intérieur (VRAI) : c'est la concentration en dessous de laquelle il n'y a pas d'action spécifique à engager à court terme. En termes de gestion, elle peut être considérée comme une teneur maximale provisoire vis-à-vis du polluant considéré dans les conditions d'occupation régulière d'un local. La valeur initiale de cette VRAI est fixée, par convention, non en référence à la VGAI de l'Anses mais, en tenant compte de la distribution des concentrations mesurées dans les environnements intérieurs. Lorsqu'elle est plus élevée que la VGAI, le respect de cette valeur maximale ne garantit pas l'absence de toute conséquence sanitaire à long terme. C'est pourquoi le HCSP recommande une décroissance progressive par échéances temporelles vers une valeur cible qui correspond à la VGAI de l'Anses, impliquant un effort constant d'amélioration ;
- Valeur d'action rapide (VAR) : elle correspond à un dépassement important (facteur 5) de la VRAI qui doit conduire à identifier dans les plus brefs délais les causes de cette pollution élevée afin de les neutraliser en engageant à court terme des travaux et actions d'amélioration.

A noter enfin que pour certains composés comme le formaldéhyde, le HCSP a proposé également un troisième type de valeur repère : les valeurs d'information et de recommandations (VIR) qui se situent entre la VRAI et la VAR : ces valeurs déterminent un niveau de contamination qui ne doit pas être dépassé dans un local habité. Si c'est le cas, il est nécessaire d'identifier les sources et de réduire dans les meilleurs délais (de l'ordre de quelques mois) celles dont l'impact est le plus important. Cette valeur connaît également une décroissance linéaire afin d'atteindre également à terme la VGAI de l'Anses (HCSP, 2009).

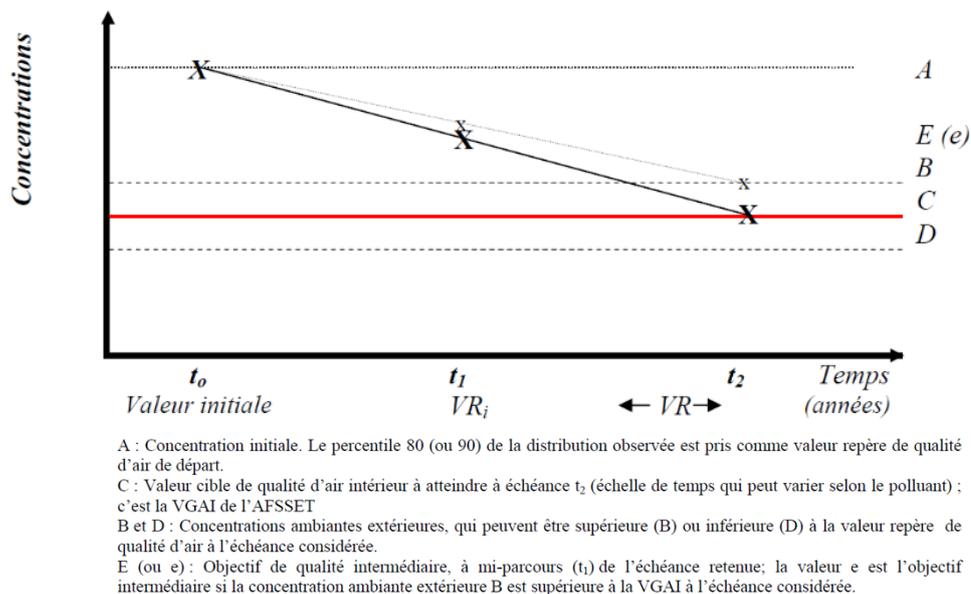


Figure 2 : Schéma de principe de l'évolution temporelle de la valeur repère de qualité d'air dans l'air intérieur selon les concentrations extérieures attendues à l'échéance (source HCSP 2009)

La démarche suivie pour la fixation des valeurs repères de qualité de l'air intérieur prend en considération les facteurs suivants : l'effet critique retenu pour la fixation de la VGAI correspondante, la concentration du polluant dans l'air intérieur, la concentration moyenne annuelle du polluant dans l'air extérieur, l'évaluation des moyens de remédiation et le calendrier d'application (HCSP, 2009).

Le HCSP souligne que les valeurs repères qu'il propose, « au fil de cette décroissance, et jusqu'à l'atteinte de la VGAI, ne constituent aucunement des niveaux de risque jugés « acceptables ». Il s'agit plutôt de repères devant conduire les pouvoirs publics et tous les acteurs concernés à engager des actions lorsque les concentrations observées les dépassent. En ce sens, ces valeurs constituent un compromis provisoire entre un état de la situation et un objectif à atteindre sur une échelle de temps jugée réaliste en raison des moyens disponibles ou prévisibles à moyen terme » (HCSP, 2009).

Cette approche par pallier est tout à fait similaire à celle conduite en Europe pour l'élaboration de valeurs réglementaires dans l'air extérieur. Selon le HCSP : « un état périodique des concentrations mesurées dans les environnements intérieurs devrait permettre de s'assurer des échéances temporelles initialement proposées par cette approche méthodologique » (HCSP, 2019).

Dans le domaine de la gestion des sites et sols pollués, les valeurs du Haut Conseil de la Santé Publique sont considérées comme des valeurs sur lesquelles la démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) imposée réglementairement va s'appuyer (MTES, 2017)

- Les valeurs réglementaires :

Les valeurs réglementaires sont des valeurs publiées dans les textes à caractère juridique : règlement, directive, loi, décret d'application, arrêté et sont opposables. Il existe aujourd'hui des valeurs réglementaires, exprimées en niveau de concentration dans l'air intérieur à ne pas dépasser, pour plusieurs composés dont deux en lien avec les problématiques des sites et sols pollués :

- le benzène :  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une exposition de longue durée. Cette valeur a été mise en place avec le décret no 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène, s'adressant aux gestionnaires des établissements recevant du public (ERP) ; à noter que le formaldéhyde dispose d'une valeur réglementaire dans ce

décret, mais il ne fait pas l'objet de ce rapport qui privilégie les substances volatiles en lien avec les sites et sols pollués.

- le tétrachloroéthylène : 1 250 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition de longue durée en référence au décret n° 2015-1926 du 30 décembre 2015 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public. En complément des valeurs d'action réglementaires, ce décret fixe les moyens d'aération et de mesure à mettre en œuvre au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur pour certains établissements recevant du public. Il fixe ainsi les seuils au-delà desquels des investigations complémentaires doivent être menées et le préfet du département du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé. Ces valeurs sont des seuils permettant d'alerter sur la nécessité de mettre en place des actions afin de diminuer les concentrations d'exposition de façon à atteindre une concentration inférieure à la valeur-guide réglementaire. Au-delà du tétrachloroéthylène, ce décret considère 3 autres substances/paramètres comme le formaldéhyde, le benzène et l'indice de confinement.
- Les valeurs R1, R2, R3 et les valeurs d'analyse de la situation (VAS)

Le 2<sup>ème</sup> plan national santé environnement (2009-2013) a prévu dans son action 19 la réduction des expositions aux substances préoccupantes dans les bâtiments accueillant les enfants. L'État a engagé, sur l'ensemble du territoire, une démarche de diagnostics environnementaux de chacun de ces établissements accueillant des enfants et des adolescents (dit établissements « sensibles ») avec des diagnostics spécifiques adaptés à la configuration des lieux et à la nature des activités industrielles passées.

Des documents techniques<sup>4</sup> pour la mise en œuvre de la démarche et des diagnostics ainsi que différents outils de communication ont été élaborés avec l'appui technique du groupe de travail interministériel. Le guide de gestion des résultats des diagnostics intitulé « Gestion des résultats des diagnostics réalisés dans les lieux accueillant enfants & adolescents » élaboré par l'Ademe, le BRGM, l'Ineris et l'InVS (actuel Santé Publique France) comprend en particulier des valeurs repères d'interprétation des diagnostics. Ce guide de gestion est accompagné notamment d'un rapport Ineris distinct (Ineris, 2020) qui a pour objet d'actualiser les valeurs repères et de préciser la méthode de construction des repères R1, R2 et R3 pour les substances volatiles. Ce rapport est établi dans le cadre de la mise à jour annuelle par l'Ineris de la liste des valeurs utilisées pour évaluer l'exposition par inhalation.

Ces choix de valeurs sont présentés dans le tableau récapitulatif de construction des repères R1, R2 et R3, disponible sur le portail substances chimiques<sup>5</sup> de l'Ineris. Les concentrations mesurées dans les milieux d'exposition sont comparées à ces valeurs.

Les valeurs repères R1, R2 et R3 disponibles pour des expositions par inhalation sont utilisées dans la construction des valeurs d'analyse de la situation (VAS) dans le cadre de l'interprétation de l'état des milieux (IEM) proposée dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

Au-delà du principe de spécificité propre aux études menées dans le cadre de la gestion de sites et sols pollués, les VAS visent à aider les acteurs du domaine des sites et sols pollués à appréhender rapidement une situation et, le cas échéant, leur permettre d'orienter les mesures de gestion et les suites à donner.

## 2.2 Valeurs repères à l'étranger

Les valeurs repères étrangères ont des appellations différentes en fonction des pays qui les éditent. Les paragraphes suivants présentent leurs définition et spécificité lorsque ces informations sont disponibles.

---

<sup>4</sup> L'ensemble des documents est disponible : <http://ssp-infoterre.brgm.fr/page/documentation-ets>.

<sup>5</sup> <https://substances.ineris.fr/fr/page/21>

### 2.2.1 Guideline Values - GVII, GVI (Allemagne)

L'Allemagne a défini des valeurs guides pour l'environnement intérieur depuis le milieu des années 1990. Les valeurs guides s'appliquent aux logements mais aussi à d'autres environnements intérieurs. Des groupes de travail définissent des valeurs guides (guideline values) sur la base d'un cadre de travail pré-établi (RIVM, 2007).

Les différentes étapes suivies sont les suivantes :

- détermination du seuil d'effet, de préférence sur la base d'études humaines, sinon en utilisant des études animales,
- conversion des données animales en données humaines,
- considération des groupes sensibles,
- prise en compte du schéma d'exposition,
- prise en compte des différences physiologiques dans la population,
- identification d'autres aspects pertinents (par exemple : exposition par d'autres voies).

Deux types de valeurs sont alors définies :

• Valeur guide II (GVII) : une action est nécessaire si cette valeur est dépassée. Cette valeur représente la concentration d'un polluant dans l'air intérieur au-dessus de laquelle il faut agir immédiatement car cette concentration est susceptible de mettre en danger la santé des personnes sensibles, y compris des enfants, en particulier lorsqu'ils restent dans ces espaces de manière constante et prolongée. Des mesures correctives doivent être prises pour réduire l'exposition. Il peut être nécessaire de recommander la fermeture des salles concernées ;

• Valeur guide I (GVI) : représente la concentration d'un polluant dans l'air intérieur qui, considérée individuellement, ne devrait pas entraîner d'effets néfastes sur la santé des personnes sensibles, même en cas d'exposition à vie, selon les connaissances actuelles. Les concentrations supérieures à cette valeur sont considérées comme associées à une exposition indésirable pour l'hygiène au-dessus des niveaux habituels. Pour des raisons de précaution, il est également nécessaire d'agir dans l'intervalle de concentration compris entre GVI et GVII. GVI peut servir de valeur cible de correction. Il ne faut pas simplement s'y conformer, c'est-à-dire les concentrations doivent rester en dessous de GVI si possible.

Cette concentration est déterminée en divisant la GVII par 10. Si un seuil d'odeur existe et que la concentration est inférieure à la GVI, c'est le seuil d'odeur qui est utilisé.

### 2.2.2 Guideline Values - GV (Pays-Bas, USA, UK)

Aux Pays-Bas, le RIVM (RIVM, 2007) a déterminé des valeurs guides (GV : Guideline Value) pour de nombreuses substances. Ces valeurs guides n'ont aucun statut juridique, mais sont souvent utilisées pour soutenir des politiques sur la pollution des sols ou la qualité de l'air aux Pays-Bas. Ces valeurs guides sont basées sur des critères sanitaires. Il s'agit de la concentration qui, pour une exposition sur la vie entière, n'induit aucun effet sur la santé ou qui présente un risque acceptable.

Pour le trichloroéthylène (TCE), aux Etats-Unis (New York State Department of Health, 2013), la valeur guide prend en compte une exposition continue pour une vie entière en considérant les personnes sensibles. Après prise en compte des effets potentiels de la substance chimique sur la santé, des niveaux du bruit de fond dans l'air et des techniques analytiques, le New York State Department of Health fixe une valeur guide et recommande de maintenir une concentration moyenne dans l'air en dessous de cette valeur guide.

Au Royaume-Uni, des valeurs guides ont été déterminées par le Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP, 2004). Ces valeurs ne sont pas considérées comme des normes. Selon le COMEAP, ces valeurs fixent des concentrations maximales d'exposition.

En Allemagne, l'AGÖF a présenté en 2013 une liste de plus de 300 valeurs guides (AGÖF, 2013). En plus des paramètres statistiques tels que la taille de l'échantillon (nombre de données considérées), le 50<sup>ème</sup> et le 90<sup>ème</sup> percentile, le document a fourni également une valeur indicative ou valeur guide. C'est cette valeur guide qui indique le seuil au-dessus duquel la concentration d'un composé dans l'air intérieur doit être considérée comme problématique sur la base de la signification statistique ou des

connaissances toxicologiques. Lorsque la valeur guide est atteinte ou dépassée, l'AGÖF recommande de vérifier si des actions préventives supplémentaires sont nécessaires pour réduire davantage les expositions aux COV.

### 2.2.3 Tolerable Concentration in Air - TCA (Pays-Bas)

Le RIVM (RIVM, 2007) a déterminé des TCA pour de nombreuses substances. Il s'agit de la concentration qui n'affecte pas la santé après une exposition à vie (70 ans, 365 jours/an, 24 heures/jour). Les groupes à risque particuliers tels que les personnes malades, les femmes enceintes, les personnes âgées et les enfants sont pris en compte lors de la dérivation de ces valeurs. Pour les cancérogènes génotoxiques, il est supposé qu'il n'y a pas de valeur en dessous de laquelle il n'y a aucun effet : toute dose, même faible, est associée à un risque de cancer.

Ces TCA n'ont aucun statut juridique, mais sont souvent utilisées pour soutenir les politiques de pollution du sol ou de qualité de l'air.

### 2.2.4 Maximum Exposure Limits - MEL (Canada)

En 2007, le gouvernement canadien (Santé Canada, 2011b) a publié le cadre réglementaire des émissions atmosphériques. Il s'agit d'un plan national visant à élaborer et à mettre en œuvre des règlements et des mesures afin de réduire les émissions atmosphériques. Dans ce cadre, Santé Canada a élaboré une liste prioritaire de contaminants de l'air intérieur qui ont une portée nationale et exigent une action gouvernementale.

Des lignes directrices résumant les risques pour la santé de certains polluants de l'air intérieur ont été élaborées. Elles fournissent des renseignements concernant : les effets connus sur la santé des contaminants de l'air intérieur, les sources de contaminants de l'air intérieur, les limites d'exposition recommandées et les recommandations pour réduire l'exposition à des polluants. Ces lignes directrices recommandent des limites d'exposition pour des contaminants qui nuisent à la qualité de l'air intérieur. Ces limites incluent : les limites d'exposition à long terme pour des problèmes de santé qui peuvent apparaître à la suite d'une exposition continue et répétée sur une période de plusieurs mois ou années et les limites d'exposition à court terme pour des problèmes de santé qui peuvent survenir immédiatement après une brève exposition. Par exemple, pour le toluène, la limite d'exposition à long terme a été déterminée à partir d'études épidémiologiques. L'exposition à des concentrations dans l'air intérieur supérieures à ces limites peut entraîner des effets potentiels sur la santé.

### 2.2.5 Indoor Air Reference Level - IARL (Canada)

L'Indoor Air Reference Level (IARL) (Santé Canada, 2017) est une estimation d'une limite de concentration pour des expositions chroniques par inhalation continues (vie entière) en dessous de laquelle des effets nocifs sur la santé ne devraient pas se produire. Dans le cas des substances cancérigènes, l'IARL est une estimation de l'exposition continue sur la vie entière associée à un risque de cancer jugé « négligeable » (inférieur ou égal à  $10^{-5}$  sur la vie entière).

Les IARL sont destinés à compléter les normes pour la qualité de l'air intérieur des résidences de Santé Canada, qui sont fondées sur des revues exhaustives de la littérature, examinées par des pairs et soumises aux commentaires du public. Lors de l'élaboration des IARL, l'examen de Santé Canada se limite aux évaluations faites par les organismes sanitaires et environnementaux internationalement reconnus et aux principales études identifiées dans ces évaluations.

### 2.2.6 Valeur de référence - VR (Belgique)

Les concentrations de polluants mesurées dans l'air intérieur sont comparées à des valeurs repères axées sur la santé et spécifiques à une substance étudiée, à partir desquelles des effets non cancérigènes sont susceptibles de survenir. Ces valeurs de référence (VR) (Conseil Supérieur de la Santé, 2017) correspondent au seuil en dessous duquel l'exposition chronique à une substance donnée est peu susceptible de provoquer des effets indésirables non génotoxiques. Si les concentrations mesurées sont inférieures à la VR, cela signifie donc qu'aucun effet néfaste n'est à redouter. Pour mesurer les risques induits par les substances à l'origine d'effets cancérigènes génotoxiques, les cas de cancer supplémentaires attribuables à une exposition à des polluants sont calculés (sous réserve que des coefficients de risque soient disponibles pour cette substance).

En matière d'évaluation des risques pour la santé, le Conseil Supérieur de la Santé belge classe un environnement intérieur dans la catégorie « danger élevé pour la santé » lorsque l'exposition à une substance excède la valeur de référence sanitaire de la substance en question. À l'inverse, un environnement intérieur est considéré comme présentant un « danger limité pour la santé causé par la QAI » si l'exposition à une substance est inférieure à la valeur de référence de cette substance.

### 2.2.7 Target indoor Air Concentration - TAC (USA)

La Target indoor Air Concentration TAC (CDEP, 2003) est la concentration d'une substance chimique, dans l'air à l'intérieur des maisons ou des lieux de travail, qui n'induit pas d'effet nocif sur la santé pour une exposition chronique. Les TAC reposent sur des valeurs de toxicité spécifiques à la substance chimique.

### 2.2.8 Concentration Limits for indoor air pollutants - CL (Chine)

Les Concentration Limits for indoor air pollutants sont des concentrations déterminées dans le cadre de la directive intitulée « Norme hygiénique de la qualité de l'air intérieur » émise par le ministère de la Santé chinois, entrée en vigueur le 1er janvier 2002 (Bai et al., 2003). Cette norme, non obligatoire, fixe les exigences sanitaires pour la qualité de l'air intérieur des appartements résidentiels et des immeubles de bureaux, les mesures sanitaires (ventilation et purification) et les méthodes standards utilisées pour mesurer les polluants de l'air intérieur.

### 2.2.9 Recommended Standards et Air Quality Standards - RS et AQS (Corée du Sud)

La Corée du Sud dispose de standards recommandés (recommended standards) pour une dizaine de types de lieux recevant du public avec des concentrations pour les COV totaux variant en fonction de l'affectation du lieu. La Corée du Sud propose également des valeurs limites de concentrations en polluants (contraignantes) pour les classes (« Air quality standards in classroom ») qui sont adossées à une norme de qualité spécifiée dans la loi sur la santé à l'école.

## 3 Périmètre et déroulement de la recherche des valeurs repères et réglementaires internationales

La recherche des valeurs repères et réglementaires à l'étranger se focalise en priorité sur les substances volatiles pouvant être retrouvées dans des contextes de sites pollués. En effet les polluants les plus fréquemment identifiés dans les sols et/ou les nappes en raison d'anciennes activités industrielles ou de service se répartissent dans deux familles : les hydrocarbures et les métaux et métalloïdes. Les trois familles d'hydrocarbures (minérales, chlorés, HAP) représentent un peu moins de 60 % des pollutions multiples des sols. Les cyanures, les BTEX (somme de benzène, toluène, éthylbenzène et xylène) et les autres contaminants (ammonium, chlorures, pesticides, solvants non halogénés, sulfates, substances radioactives) correspondent chacun à moins de 10 % des pollutions des sols<sup>6</sup>.

Les travaux se concentrent donc sur les substances suivantes :

- BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes,
- les composés organo-halogénés volatils et en particulier le tétrachloroéthylène et le trichloroéthylène,
- le mercure,
- le naphthalène.

Les pays initialement ciblés au démarrage de la présente étude étaient ceux identifiés dans le rapport présentant le « Benchmark international des politiques publiques de la qualité de l'air » réalisé par l'Ademe en 2017 : le Japon, la Corée du Sud, les Etats-Unis, le Canada, le Danemark, la Finlande, la Belgique, le Royaume-Uni et le Portugal. Cette liste était évolutive et pouvait être amenée à évoluer en fonction des recherches. Le périmètre géographique retenu initialement a donc été ajusté à

---

<sup>6</sup> Fiche thématique du Commissariat général au développement durable : <https://ree.developpement-durable.gouv.fr/themes/risques-nuisances-pollutions/pollution-des-sols/sites-et-sols-pollues/article/les-sites-et-sols-pollues>

l'avancement en fonction des données identifiées dans la littérature. Ainsi, 13 pays ont finalement été sélectionnés sur la base de leurs engagements politiques en faveur de la gestion de la qualité de l'air intérieur.

La liste des pays étudiés est la suivante : Allemagne, Belgique, Canada, Chine, Corée du Sud, Etats-Unis, Finlande, France, Hong-Kong, Japon, Royaume-Uni, Pays-Bas, Portugal.

Les recherches bibliographiques des valeurs de gestion ont été ciblées pour chaque substance en y associant le mot-clé « air », sans restreindre à un pays en particulier dans un premier temps.

Pour chaque pays, les valeurs repères ont été recherchées dans les bases de données de l'organisme public correspondant en charge de la santé et de l'environnement ainsi que dans la littérature scientifique.

Différentes sollicitations ont été entreprises auprès de plusieurs organismes afin d'obtenir des informations sur les valeurs repères, leurs méthodologies d'élaboration et les politiques de gestion mises en œuvre en cas de dépassement. Ces démarches n'ont pas été toujours fructueuses, ce qui a conduit à focaliser la recherche sur les documents disponibles (articles scientifiques et rapports élaborés par les différents organismes de référence).

Les parties suivantes du rapport détaillent successivement :

- les approches globales d'établissement des valeurs (chapitre 4) ;
- la liste des valeurs de gestion dans l'air intérieur identifiées à l'issue de la recherche bibliographique (chapitre 5).

## 4 Approches globales d'établissement des valeurs

La recherche bibliographique menée dans le cadre du présent projet permet d'établir un état des lieux des valeurs repères de la qualité de l'air intérieur sur le plan international, notamment dans le cadre de la gestion des sites et sols pollués. D'une manière générale, l'analyse des valeurs identifiées fait ressortir les points suivants :

- Les valeurs rapportées dans les différents articles scientifiques et par les différents organismes internationaux sont généralement déterminées dans des contextes et pour des objectifs de protection spécifiques au pays établissant la valeur (qualité de l'air extérieur, réglementation, pollutions ...).
- Les méthodologies de dérivation varient également selon ces contextes. Il apparaît important de tenir compte de ces méthodologies de construction de ces valeurs pour mieux apprécier leurs pertinences. Dans le cadre du présent projet, deux principales approches méthodologiques concernant l'établissement des valeurs de gestion ont été identifiées : une approche sanitaire et une approche s'appuyant sur des valeurs de concentrations mesurées dans les milieux d'exposition.

La description de chacune de ces approches ainsi que leurs apports et leurs limites sont discutées ci-après.

### 4.1 Approche toxicologique

Les valeurs repères sont, dans ce cas, construites à partir d'une dose critique observée à l'issue d'études épidémiologiques chez l'homme ou d'études toxicologiques chez l'animal, ajustée, le cas échéant, par des facteurs d'incertitudes. Il s'agit de l'approche d'élaboration des valeurs sanitaires suivie par la majorité des organismes internationaux (RIVM, Santé Canada, Commission européenne, OMS, etc.) et pour la majorité des valeurs rapportées dans ce document.

Cette approche a l'avantage d'obtenir un niveau d'exposition jugé non préoccupant pour la population générale.

Cependant, l'établissement de valeurs sanitaires sur cette base nécessite de disposer de données toxicologiques valides à partir d'études épidémiologiques ou d'études toxicologiques chez l'animal, jugées fiables, robustes et pertinentes. Les doses critiques issues de ces études comprennent d'inévitables incertitudes. De plus, l'extrapolation des données présente également une grande source d'incertitudes. Par ailleurs, ces valeurs peuvent s'avérer très contraignantes en termes de gestion de la

qualité de l'air intérieur, en particulier en cas de présence de sources spécifiques de pollution, et représenter des objectifs de qualité difficilement atteignables sur le court terme.

En France, les valeurs établies par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) sont des valeurs repères d'aide à la gestion proposées sur la base d'une approche toxicologique tout en tenant compte de considérations pratiques, réglementaires, juridiques, économiques et sociologiques. Ces valeurs sont destinées à éclairer les gestionnaires du risque sur les niveaux de concentration à partir desquels des actions sont à entreprendre.

## 4.2 Approche empirique

Une seconde approche consiste à établir des valeurs repères pour une substance donnée, à partir de concentrations mesurées dans les milieux d'exposition, correspondant soit à des valeurs de fond, soit à un seuil olfactif, soit au 90<sup>ème</sup> percentile des concentrations mesurées lors de campagnes de surveillance. Cette approche ne tient donc pas compte des effets toxicologiques des substances *in fine*<sup>7</sup>. Elle a été suivie par certains organismes internationaux (AGÖF en Allemagne et le CDEP aux Etats-Unis) pour l'établissement des valeurs de gestion pour le benzène, le tétrachloroéthylène et le trichloréthylène.

Le principal avantage de cette approche est la disponibilité des données de mesure d'exposition pour les substances lorsque les méthodes analytiques ont déjà été établies.

En revanche, cette approche ne garantit pas toujours la protection de la santé humaine vis à vis des substances étudiées. De plus, la représentativité des mesures réalisées en amont n'est pas toujours connue, ni vérifiée. Pour les substances organiques d'origine anthropique, il n'est pas possible de déterminer une valeur de gestion sur la base des concentrations de bruit de fond.

---

<sup>7</sup> En effet, le CDEP a retenu la valeur de fond lorsque celle-ci est supérieure aux concentrations cibles déterminées sur la base de calculs de risque.

## 5 Valeurs repères et réglementaires dans l'air intérieur identifiées à l'issue de la recherche bibliographique

Les recherches effectuées dans la littérature ont permis de collecter un très grand nombre de données. Plus d'une centaine de documents (rapports d'études et articles scientifiques) ont été recensés lors de la recherche bibliographique pour l'ensemble des polluants ciblés (BTEX, TCE, PCE, mercure et naphtalène) sur la base des équations de recherche définies.

Certaines de ces équations ont permis l'accès aux pages internet de certaines instances en charge de la qualité de l'air intérieur. Une recherche approfondie a ensuite été nécessaire pour y repérer des informations pertinentes. Il est important de noter que les valeurs identifiées peuvent ne pas être exhaustives. En effet, la recherche sur internet s'est limitée à la consultation des trois premières pages de résultats. Il est donc possible que des articles plus pertinents n'aient pas été consultés ou que le choix d'autres mots clés aient pu conduire à d'autres résultats.

La recherche dans la base de données Web of Science a fourni 390 publications scientifiques et la recherche de thèses en lien avec le projet n'a donné aucun résultat. La littérature accessible sur internet renferme beaucoup de données scientifiques sur les contaminants chimiques des environnements intérieurs.

La majeure partie des données trouvées provient de la France, des Etats-Unis, du Canada, de l'Australie, du Royaume-Uni et aussi de programmes de recherche européens.

Certains pays proposent des valeurs pour un groupe de substances. C'est le cas pour les COV notamment :

- La Corée du Sud dispose de standards de recommandations (« recommended standards ») pour une dizaine de types de lieux recevant du public avec des concentrations pour les COV totaux variant entre 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>8</sup>, 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>9</sup> et 1 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>10</sup> en fonction de l'affectation du lieu. La concentration totale en COV ne doit pas dépasser 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les salles de classe (pour les nouvelles écoles pendant une durée de 3 ans). Près de 40 000 établissements publics sont réglementés par cette loi depuis 2018.
- La Chine propose une concentration limite totale dans l'air intérieur pour les COV égale à 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- En Finlande, le décret du Ministère des affaires sociales et de la santé fixe une valeur limite pour la concentration totale des COV égale à 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La limite d'action pour la concentration d'un seul composé organique volatil à l'intérieur est de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (en équivalent toluène).

### 5.1 Benzène (Numéro CAS : 71-43-2)

Pour le benzène, la plage de concentrations des valeurs repères est étendue. Les valeurs sont comprises entre 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la France en 2008 et 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la Chine en 2002.

En France, l'Afsset propose en 2008 trois valeurs guides de qualité de l'air intérieur :

- une VGAI long terme (exposition supérieure à 1 an) de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour des effets hématologiques non cancérogènes,
- une VGAI long terme (exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de  $10^{-5}$ ) de 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour des effets hématologiques cancérogènes,
- une VGAI long terme (exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de  $10^{-6}$ ) de 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour des effets hématologiques cancérogènes.

---

<sup>8</sup> Etablissement médical, établissement de soins, centre de bien-être pour personnes âgées, établissement d'enseignement

<sup>9</sup> Station de métro, quartier commercial, salle d'attente au terminal de transport, terminal voyageurs à l'aéroport, salle d'attente à l'installation portuaire, salle d'attente à la gare, bibliothèque, musée, galerie, centre d'affaires, salle de spectacle publique, magasin, centre commercial souterrain.

<sup>10</sup> Garage

Le HCSP a proposé en 2010, trois valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos afin de permettre aux gestionnaires du risque de décider des actions à entreprendre en fonction des niveaux de concentrations mesurées (HCSP, 2010) :

- une valeur cible à atteindre en 5 ans (c'est-à-dire à partir de 2015) (VRAI) de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,
- une valeur repère de qualité d'air (VIR) de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ; cette valeur devant décroître de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par an jusqu'à atteindre la valeur cible au bout de 5 ans (donc dès 2015),
- une valeur d'action rapide (VAR) de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  au-delà de laquelle les sources en cause doivent être identifiées et neutralisées dans le but de ramener les teneurs en dessous de la valeur repère en 2012. Cette valeur correspond également à la valeur repère R2 choisie dans le cadre de la démarche accueillant des enfants et des adolescents et utilisée en tant que valeur d'analyse de la situation selon la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène a fixé des valeurs-guides concernant le benzène sur la base des effets cancérogènes. C'est aujourd'hui la valeur guide de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  qui s'applique depuis 2016 pour une exposition chronique. Elle correspond à la valeur cible définie antérieurement par le HCSP. Cette valeur correspond également à la valeur repère R1 choisie dans le cadre de la démarche accueillant des enfants et des adolescents et utilisée en tant que valeur d'analyse de la situation selon la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

Le 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 (ERP) fixe quant à lui des valeurs pour lesquelles des investigations complémentaires doivent être menées et pour lesquelles le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé. Pour le benzène, cette valeur d'action réglementaire est de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En Chine, à l'aide du code pour le contrôle de la pollution intérieure dans les bâtiments, le pays s'est placé en 2002, comme l'un des premiers pays à mettre en place une politique de gestion de la qualité de l'air intérieur. Quel que soit le type de bâtiments (publics, résidentiels), la valeur limite du benzène est fixée à  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Bai, Wang, Zhu, & Zhang, 2003).

Au Royaume-Uni, le Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP) avait exploité les travaux d'un autre comité anglais, l'Expert Panel on Air Quality Standards (EPAQS) qui avait considéré en 1994, à partir d'une synthèse des études épidémiologiques conduites auprès de travailleurs exposés au benzène, qu'une exposition durant toute la durée d'une carrière professionnelle à un niveau de concentration inférieur à  $1\ 620 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ne conduisait pas à une augmentation significative du risque de leucémie. Deux facteurs de sécurité ont ensuite été appliqués : un facteur 10 pour tenir compte d'une extrapolation de la durée de la vie professionnelle à la durée de la vie entière, puis un facteur 10 pour intégrer la variabilité interindividuelle. Le COMEAP a considéré ainsi que  $16,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  était une valeur guide valide pour l'air intérieur. Néanmoins, à des fins de cohérence avec la directive européenne (directive 2000/69/CE) qui fixe une concentration limite dans l'air ambiant de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le benzène, le COMEAP a choisi de retenir cette dernière valeur en guise de VGAI (COMEAP, 2004).

Le Japon, en 2015 (Jinno, 2015), et l'Allemagne, en 2013 (AGÖF, 2013), ont défini une valeur de  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour l'Allemagne, cette valeur est basée sur le 90<sup>ème</sup> percentile des concentrations mesurées lors d'études nationales réalisées dans des logements. Quant au Japon, la méthode d'établissement de la valeur n'est pas fournie dans le document consulté.

A Hong-Kong, dans le cadre de la mise en place d'un système de certification des bâtiments publics, une valeur guide de  $16,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été définie en 2003 (Hong-Kong, 2003). Une mise à jour de ce dispositif en 2019 a conduit à ré-évaluer cette valeur guide à  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hong-Kong, 2019).

En 2017, la Belgique a choisi la valeur de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en se basant sur la VTR de l'ATSDR établie en 2007. Aux Pays-Bas, le RIVM a étudié le benzène dans le cadre d'un projet sur la qualité et les risques des sols et a déterminé un risque maximal admissible pour le cancer (MPR) de 1 pour 10 000 vies. Pour le benzène, ce niveau de risque est atteint après une exposition à vie de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Baars *et al.*, 2001) (Dusseldorp *et al.*, 2007).

Un décret portugais fixe la valeur limite à  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour 8 heures d'exposition dans des bâtiments publics (écoles, hôpitaux, bibliothèques, prisons, etc.) et grands bâtiments de commerce et de services (Portugal, 2013).

La Corée du Sud dispose d'une valeur de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le benzène dans les bâtiments récents accueillant des écoles (ministère de l'environnement Coréen, 2009), ainsi qu'à la réception de nouveaux logements ou après des travaux de rénovation lourds (Green Building Development Support Act) ; des valeurs repères non contraignantes ont été établies afin d'accompagner ces mesures et la valeur pour le benzène est également de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Aux Etats-Unis, l'État du Connecticut a défini en 2003 des valeurs repères pour l'air intérieur (CDEP, 2003). La valeur guide calculée est associée à une exposition de 30 ans, 350 jours par an et à un excès de risque vie entière (sur 70 ans) de  $10^{-6}$  avec prise en compte d'un facteur de sécurité de 4. Ce facteur correspond :

- à l'application d'un premier facteur de sécurité de 2 pour tenir compte de l'exposition accrue des enfants au prorata de leur poids et de leur débit respiratoire,
- et d'un second facteur de sécurité de 2, pour intégrer la susceptibilité réputée des enfants vis-à-vis des substances cancérogènes.

Le CDEP retient la valeur de fond lorsque celle-ci est supérieure aux concentrations cibles déterminées sur la base de calculs de risque. En effet, l'excès de risque unitaire (ERU) retenu est celui proposé par l'US-EPA (IRIS) ( $8,3 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ). Sur la base de ces hypothèses et en tenant compte de valeurs de fond évaluées à  $3,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à partir de différentes mesures réalisées dans les bâtiments, une VGAI de  $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a ainsi été fixée (CDEP, 2003).

L'OMS<sup>11</sup> et le Canada considèrent qu'il n'y a pas de concentration en benzène pour laquelle il n'y a pas de risque pour la santé. Ils préconisent donc de conserver les niveaux de benzène en air intérieur les plus bas possibles (WHO, 2010).

Néanmoins, l'OMS en 2000 avait proposé des niveaux de concentrations en benzène en considérant un ERU de  $6 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  (WHO, 2000) :

- pour un excès de risque vie entière de  $10^{-4}$  :  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ;
- pour un excès de risque vie entière de  $10^{-5}$  :  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ;
- pour un excès de risque vie entière de  $10^{-6}$  :  $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

---

<sup>11</sup> WHO, World Health Organization

Tableau 1 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le benzène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – septembre 2020

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
England and Wales	COMEAP	Guidance in the effect on Health of Indoor Air Pollutants	Décembre 2004	GV	5	Toxicologique
Europe	Joint Research Centre	The INDEX project	Janvier 2005	VGAI	Pas de valeur	<sup>12</sup>
Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	GV	20	Toxicologique
France	Afsset	Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le benzène	Mai 2008	VGAI	10	Toxicologique (effet à seuil, exposition supérieure à 1 an)
France	Afsset	Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le benzène	Mai 2008	VGAI	0,2	Toxicologique (effet sans seuil basé sur ERI de $10^{-6}$ )
France	Afsset	Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le benzène	Mai 2008	VGAI	2	Toxicologique (effet sans seuil basé sur ERI de $10^{-5}$ )
France	Afsset	Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le benzène	Mai 2008	VGAI court terme	30	Toxicologique
Monde	WHO	WHO Guidelines for indoor air quality	Janvier 2010	VGAI	Pas de valeur <sup>13</sup>	-

<sup>12</sup> - : Non rapporté dans le document disponible consulté

<sup>13</sup> Niveau le plus bas possible

Tableau 1 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le benzène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – septembre 2020 (suite)

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
France	HCSP	Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – le benzène	Juin 2010	Valeur cible	2	Toxicologique
France	HCSP	Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – le benzène	Juin 2010	VAR = valeur repère R2	10	Toxicologique
Scotland and Northern Ireland	DEFRA	UK and EU Air Quality Limits	Décembre 2010	GV	3,25	-
France	Gouvernement	Journal Officiel de la République Française	Décembre 2011	Valeur réglementaire = valeur repère R1	2	Toxicologique
France	Gouvernement	Journal Officiel de la République Française (concerne certains ERP)	Janvier 2012	Valeur réglementaire	10	Toxicologique
Canada	Health Canada	Guidance for Benzene in Residential Indoor Air	Janvier 2013	MEL	Pas de valeur <sup>7</sup>	-
Allemagne	AGÖF	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Novembre 2013	GV	3	Empirique
Portugal	Gouvernement	Decreto-Lei n° 118/2013 & Portaria n°353-A/2013 (JO du 4/12/2013)	Décembre 2013	Valeur réglementaire pour 8 heures	5	-
Japon	Hideto Jinno	Current Indoor Air Quality in Japan	Novembre 2015	GV	3	-
Belgique	Conseil Supérieur de la Santé	Indoor air quality in Belgium	Septembre 2017	VR	10	Toxicologique

Tableau 1 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le benzène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – septembre 2020 (suite)

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
USA	Connecticut Department of Environmental Protection	Connecticut's Remediation Standard Regulations Volatilization Criteria	Mars 2003	TAC	3,3	Empirique <sup>7</sup>
Hong-Kong	Gouvernement	A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places	Janvier 2019	GV	17	-
Chine	Gouvernement	Indoor air quality related standards in China	Septembre 2002	CL Moyenne horaire	90	-
Corée du Sud	Gouvernement	School Health Act	2009	Valeur réglementaire	30	-
Corée du Sud	Gouvernement	Green building development support Act	2013	Valeur réglementaire	30	-

## 5.2 Toluène (Numéro CAS : 108-88-3)

Concernant le toluène, une valeur guide est définie depuis 2018 pour la France. Cette valeur est la plus élevée parmi toutes celles définies par les 9 autres pays ayant établi une valeur repère. Elle est basée sur une analyse approfondie des valeurs toxicologiques de référence ayant conduit l'Anses à définir une nouvelle VTR. Les effets neurologiques observés chez l'Homme ont été retenus pour la construction de cette VTR. La VTR aiguë sur un pas de temps de 24 heures étant pratiquement équivalente à la VTR chronique, respectivement 21 et 19 mg.m<sup>-3</sup>, les experts proposent une unique VGAI à 20 mg/m<sup>3</sup> (valeur arrondie) à respecter pour une mesure sur le court terme et sur le long terme (Anses, 2018). Cette valeur correspond par ailleurs à la valeur repère R1 choisie dans le cadre de la démarche accueillant des enfants et des adolescents et utilisée en tant que valeur d'analyse de la situation selon la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. D'après les retours d'expérience, ce composé est souvent retrouvé en air intérieur avec d'autres polluants comme le benzène et l'éthylbenzène. Le benzène étant plus dangereux que le toluène, la mise en œuvre de mesures de réduction de la concentration en benzène dans l'air intérieur conduit automatiquement à réduire la concentration du toluène ou de l'éthylbenzène. Par ailleurs, les niveaux mesurés jusqu'ici par l'OQAI dans les environnements intérieurs sont très faibles et sont en moyenne de l'ordre de quelques dizaines de µg/m<sup>3</sup>.

Au Canada, une limite d'exposition à long terme a été établie à partir d'une NOAEL de 98 mg/m<sup>3</sup> tirée des études de Seeber *et al.* (Andreas Seeber *et al.*, 2005) (Seeber *et al.*, 2004) sur des employés d'imprimerie exposés au toluène depuis plus de 20 ans et soumis à un dépistage des effets neurocomportementaux (capacité d'attention, fonction psychomotrice, mémoire). Cette valeur a ensuite été ajustée pour tenir compte de la différence de durée d'exposition des personnes au travail par rapport à une exposition résidentielle. Un facteur d'incertitude de 10 (3,16 pour la pharmacocinétique et 3,16 pour la pharmacodynamique) a été appliqué à cette valeur afin de prendre en compte les différences potentielles de sensibilité entre les individus. Il en résulte la définition d'une valeur guide de 2 300 µg/m<sup>3</sup> en 2011 (Santé Canada, 2011a). Cette valeur guide est du même ordre de grandeur que la valeur d'action rapide de l'Allemagne qui est de 3 000 µg/m<sup>3</sup> (GV II).

Au Pays-Bas, en 2001, le RIVM a étudié le toluène pour un projet sur la qualité et les risques du sol (Baars *et al.*, 2001). Ceci a conduit à établir une concentration tolérable dans l'air (TCA) de 400 µg/m<sup>3</sup> (Dusseldorp *et al.*, 2007).

L'Allemagne, le Japon et la Belgique ont des valeurs repères proches : 300 µg/m<sup>3</sup> pour l'Allemagne (GV I) et 260 µg/m<sup>3</sup> pour le Japon et la Belgique qui ont conservé la valeur guide de l'OMS définie en 2000 (WHO, 2000).

Un décret portugais fixe la valeur limite à 250 µg/m<sup>3</sup> pour 8 heures d'exposition dans des bâtiments publics (écoles, hôpitaux, bibliothèques, prisons, etc.) et des grands bâtiments de commerce et de services (Portugal, 2013).

En Corée du Sud, la loi impose depuis 2013 des mesures pour le toluène, à la réception de nouveaux logements ou après des travaux de rénovation lourds (Green Building Development Support Act), ; la valeur repère non contraignante est de 1 000 µg/m<sup>3</sup>.

Tableau 2 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le toluène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
USA	Connecticut Department of Environmental Protection	Connecticut's Remediation Standard Regulations Volatilization Criteria	Mars 2003	TAC	210	Toxicologique
Europe	Joint Research Centre	The INDEX project	Janvier 2005	VGAI	300	Empirique
Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	TCA	400	Toxicologique
Monde	WHO	WHO Guidelines for indoor air quality	Janvier 2010	VGAI pour une semaine	260	Toxicologique
Canada	Health Canada	Residential Indoor Air Quality Guideline: Toluene	Janvier 2011	MEL	2 300	Toxicologique
Allemagne	AGÖF	Guidance Values for Volatile Organic Compounds in Indoor Air	Novembre 2013	GV	30	Empirique
Portugal	Gouvernement	Decreto-Lei n° 118/2013 & Portaria n°353-A/2013 (JO du 4/12/2013)	Décembre 2013	Valeur réglementaire pour 8 heures	250	.12
Japon	Hideto Jinno	Current Indoor Air Quality in Japan	Novembre 2015	GV	260	-
Belgique	Conseil Supérieur de la Santé	Indoor air quality in Belgium	Septembre 2017	VR	260	Toxicologique
France	Anses	Proposition de VGAI pour le toluène	Octobre 2017	VGAI = valeur repère R1	20 000	Toxicologique
France	Anses	Proposition de VGAI pour le toluène	Octobre 2017	Valeurs repères R2 et R3	21 000	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV I	300	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV II	3 000	Toxicologique
Corée du Sud	Gouvernement	Green building development support Act	2013	Valeur réglementaire	1 000	-

### 5.3 Ethylbenzène (Numéro CAS : 100-41-4)

En France, l'Anses a décidé d'établir sa propre VTR chronique afin de proposer une VGAI (1 500 µg/m<sup>3</sup>). L'Anses soutient que la VTR de l'ATSDR est applicable pour des durées d'exposition subchroniques<sup>14</sup> et qu'elle est construite en considérant comme effet critique le déplacement du seuil auditif tandis que l'effet apparaissant pour de plus faibles concentrations est la perte des cellules ciliées externes (Anses, 2016a). Cette valeur correspond à la valeur repère R1 choisie dans le cadre de la démarche accueillant des enfants et des adolescents et utilisée en tant que valeur d'analyse de la situation selon la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

En Allemagne, une valeur guide de 10 µg/m<sup>3</sup> a été établie en 2013. Cette valeur correspond au percentile 90 des concentrations mesurées lors de campagnes nationales de mesure dans des logements. Il n'y pas de détail sur la méthode d'établissement de la valeur guide I de 200 µg/m<sup>3</sup> établie en 2013 (AGÖF, 2013). Cependant, le comité allemand d'hygiène en air intérieur a mis à jour ces valeurs guides en 2019 et a choisi de garder la valeur de 200 µg/m<sup>3</sup>. Afin de déterminer cette valeur, un comité national a suivi la procédure allemande d'évaluation des risques basée sur la toxicologie dans laquelle les modèles pharmacocinétiques à base physiologique (PBPK), les NOAEL/LOAEL, des benchmark doses sont définis afin d'évaluer la toxicité d'un polluant et ensuite établir une valeur de référence (Indoor Air Hygiene Commission, 2012).

Les Pays-Bas ont défini une valeur de 770 µg/m<sup>3</sup>. Cette valeur, qui date de 2007, est basée sur des études toxicologiques en laboratoire sur des animaux avec une NOAEL de 430 mg/m<sup>3</sup> (Dusseldorp *et al.*, 2007).

Au Canada, une limite d'exposition à long terme a été établie à partir d'une NOAEL de 57 mg/m<sup>3</sup> tirée des études de Chan *et al.* (Chan *et al.*, 1998). Cette valeur a ensuite été ajustée en exposant des souris et des rats (6 h par jour, 5 jours par semaine, pendant 2 ans). Un facteur d'incertitude de 30 ( $UF_H^{15} = 10$ ,  $UF_A^{16} = 3$ ) a été appliqué à cette valeur. Il en résulte une valeur guide de 2 000 µg/m<sup>3</sup> établie en 2017.

En Corée du Sud, la loi impose depuis 2013 des mesures pour l'éthylbenzène à la réception de nouveaux logements ou après des travaux de rénovation lourds (Green Building Development Support Act), ; la valeur repère non contraignante est de 360 µg/m<sup>3</sup>.

---

<sup>14</sup> L'exposition subchronique est une exposition de durée intermédiaire entre une exposition aiguë et une exposition chronique (se rapporte à une période de vie comprise entre quelques jours et quelques années) – Source : <https://www.ineris.fr/fr/risques/comment-evaluer-risque/composantes-risque/definitions-concepts-base-risque-chronique>

<sup>15</sup>  $UF_H$ : variabilité intra-espèce

<sup>16</sup>  $UF_A$ : variabilité inter-espèce

Tableau 3 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour l'éthylbenzène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
USA	Connecticut Department of Environmental Protection	Connecticut's Remediation Standard Regulations Volatilization Criteria	Mars 2003	TAC	53	Toxicologique
Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	TCA	770	Toxicologique
Allemagne	AGÖF	AGÖF Guidance Values for Volatile Organic Compounds in Indoor Air	Novembre 2013	GV	10	Empirique
Japon	Hideto Jinno	Current Indoor Air Quality in Japan	Novembre 2015	GV	3 800	_12
France	Anses	Proposition de VGAI pour l'éthylbenzène	Octobre 2016	VGAI = Valeur repère R1	1 500	Toxicologique
France	Ineris	Mise à jour des valeurs-repères R1, R2 et R3 dans le cadre de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués - Actualisation 2020	Juin 2020	Valeur repère R2	15 000	Toxicologique
France	Anses	Proposition de VGAI pour l'éthylbenzène	Octobre 2016	VGAI court terme = Valeur repère R3	22 000	Toxicologique
Belgique	Conseil Supérieur de la Santé	Indoor air quality in Belgium	Septembre 2017	VR	260	Toxicologique
Canada	Health Canada	Indoor Air reference Levels chronic exposure VOC	Octobre 2017	IARL	2 000	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV I	200	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV II	2 000	Toxicologique
Corée du Sud	Gouvernement	Green building development support Act	2013	Valeur réglementaire	360	-

## 5.4 Xylènes (Numéro CAS : 95-47-6 ; 108-38-3 ; 106-42-3 ; 1330-20-7)

Les valeurs repères ont été recherchées pour la somme des xylènes (m,p-xylène et o-xylène) sauf pour l'Allemagne qui a défini une valeur pour chaque substance comme présenté dans le tableau 4.

La valeur repère R1 choisie par l'Ineris dans le cadre de la démarche accueillant des enfants et des adolescents et utilisée en tant que valeur d'analyse de la situation selon la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués est la VTR chronique pour les effets à seuils établie par Santé Canada (2010). Cette valeur repère est égale à 200 µg/m<sup>3</sup>. La valeur repère R2 est égale à 10 fois la valeur repère R1 et est de 2 000 µg/m<sup>3</sup>.

Le groupe de recherche européen (Joint Research Center) a déterminé en 2005 une valeur de 200 µg/m<sup>3</sup> sur la base d'effets néfastes généralement associés au système nerveux central et à une augmentation de la prévalence des irritations oculaires et des maux de gorge. Un autre groupe de recherche européen (INDEX project) a arrêté la même valeur en suivant le même raisonnement.

Au Pays-Bas, le RIVM a étudié les xylènes pour un projet sur la qualité et les risques du sol. Une concentration tolérable dans l'air (TCA) de 870 µg/m<sup>3</sup> a alors été établie, elle a été retenue en tant que valeur guide en 2007 (Baars *et al.*, 2001) (Dusseldorp *et al.*, 2007).

Le Japon retient également la valeur de 870 µg/m<sup>3</sup> en tant que valeur de gestion mais aucun élément concernant la méthode d'établissement de cette valeur n'a été identifié dans la littérature (Jinno, 2015).

En 2013, l'Allemagne a proposé 3 valeurs guides de qualité de l'air intérieur (AGÖ F, 2013):

- une valeur de 38 µg/m<sup>3</sup> qui correspond au percentile 90 des concentrations en xylènes (m,p-xylène, et o-xylène) mesurées dans des logements (N>1000),
- une valeur guide I de 100 µg/m<sup>3</sup>,
- une valeur guide II de 800 µg/m<sup>3</sup>.

Ces valeurs ont été conservées et validées par le comité allemand qui gère la qualité de l'air intérieur (German committee on indoor guide value) en 2019.

Au Canada, une limite d'exposition à long terme a été établie à partir d'une NOEL<sub>HEC</sub><sup>17</sup> de 39 mg/m<sup>3</sup> (Korsak, Wisniewska-Knypl, & Swiercz, 1994) pour une exposition de 5 jours sur 7 et 6 heures sur 24. Un facteur d'incertitude de 300 (UF<sub>H</sub> = 10, UF<sub>A</sub> = 3, UF<sub>S</sub><sup>18</sup> = 3, UF<sub>DB</sub><sup>19</sup> = 3) a été appliqué à cette valeur. Il en résulte une valeur guide de 100 µg/m<sup>3</sup> en 2017.

En 2017, la Belgique a proposé une valeur de gestion de 200 µg/m<sup>3</sup> en se basant sur la VTR établie par l'ATSDR en 2007.

Tous les pays sélectionnés pour ce projet et ayant établi une valeur guide ont défini des valeurs de concentrations assez proches, à l'exception du Japon et des Pays-Bas qui ont des valeurs plus élevées et même supérieures à la valeur d'action rapide de l'Allemagne (GV II). Pour les Pays-Bas, cette valeur correspond à la concentration tolérable dans l'air retenue en 2007 et qui a été définie par le RIVM en 2001 lors d'une étude de sols (Baars *et al.*, 2001) (Dusseldorp *et al.*, 2007). Quant au Japon, aucun détail sur la méthode d'établissement de cette valeur n'a été trouvé au cours de la recherche bibliographique.

En Corée du Sud, la loi impose depuis 2013 des mesures pour les xylènes à la réception de nouveaux logements ou après des travaux de rénovation lourds (Green Building Development Support Act) ; la valeur repère non contraignante est de 700 µg/m<sup>3</sup>.

---

<sup>17</sup> NOEL<sub>HEC</sub> : NOEL adjusted for dosimetric differences across species to a human equivalent concentration

<sup>18</sup> UF<sub>S</sub> : extrapolation pour la durée de l'étude

<sup>19</sup> UF<sub>DB</sub> : déficit de base de données ou manque de données

Tableau 4 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour les xylènes – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
USA	Connecticut Department of Environmental Protection	Connecticut's Remediation Standard Regulations Volatilization Criteria	Mars 2003	TAC	220	Toxicologique
Europe	Joint Research Centre	The INDEX project	Janvier 2005	VGAI	200	Toxicologique
Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	TCA	870	Toxicologique
Etats Unis	ATSDR	Toxicological Profile for Xylene	Aout 2007	VTR aigue	8 800	Toxicologique
Allemagne	AGÖF	AGÖF Guidance Values for Volatile Organic Compounds in Indoor Air	Novembre 2013	GV	38 xylènes	Empirique
Allemagne	AGÖF	AGÖF Guidance Values for Volatile Organic Compounds in Indoor Air	Novembre 2013	GV	29 m,p-xylène	Empirique
Allemagne	AGÖF	AGÖF Guidance Values for Volatile Organic Compounds in Indoor Air	Novembre 2013	GV	9 o-xylène	Empirique
Japon	Hideto Jinno	Current Indoor Air Quality in Japan	Novembre 2015	GV	870	_12
Belgique	Conseil Supérieur de la Sante	Indoor air quality in Belgium	Septembre 2017	VR	200	Toxicologique
Canada	Health Canada	Indoor Air reference Levels chronic exposure VOC	Octobre 2017	IARL	100	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV I	100	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV II	800	Toxicologique
France	Ineris	Mise à jour des valeurs-repères R1, R2 et R3 dans le cadre de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués - Actualisation 2020.	Juin 2020	Valeur repère R1	200	Toxicologique
France	Ineris	Mise à jour des valeurs-repères R1, R2 et R3 dans le cadre de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués - Actualisation 2020.	Juin 2020	Valeur repère R2	2 000	Toxicologique
Corée du Sud	Gouvernement	Green building development support Act	2013	Valeur réglementaire	700	-

## 5.5 Mercure (Numéro CAS : 7439-97-6)

Peu de données sont disponibles pour le mercure.

En France, la valeur repère R1 est égale à  $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , c'est la valeur de gestion choisie par l'Ineris dans le cadre de la démarche accueillant des enfants et des adolescents et utilisée en tant que valeur d'analyse de la situation selon la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, elle correspond à la VTR chronique pour les effets à seuil établie par l'OEHHA (2008). Par ailleurs, la valeur repère R2 est égale  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ATSDR, 2001 et OMS 2003).

Seuls l'Allemagne et les Pays-Bas ont défini des valeurs guides pour le mercure mais le détail sur la méthodologie appliquée pour définir ces valeurs n'est pas précisé dans les documents consultés. Le « German committee on indoor guide value » a proposé lors de la mise à jour des valeurs guides allemandes (German Committee on Indoor guide values, 2019) les valeurs suivantes :

- une valeur guide I de  $0,035 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,
- une valeur guide II de  $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les Pays-Bas ont défini une valeur de  $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2007 (Dusseldorp *et al.*, 2007).

Tableau 5 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le mercure – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
France	Ineris	Mise à jour des valeurs-repères R1, R2 et R3 dans le cadre de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués - Actualisation 2020.	Juin 2020	Valeur repère R1	0,03	Toxicologique
France	Ineris	Mise à jour des valeurs-repères R1, R2 et R3 dans le cadre de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués - Actualisation 2020.	Juin 2020	Valeur repère R2	0,2	Toxicologique
Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	TCA	0,05	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV I	0,035	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV II	0,35	Toxicologique

## 5.6 Naphtalène (Numéro CAS : 91-20-3)

Un groupe de recherche européen (Joint Research Center) a proposé une valeur guide long terme de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La même valeur a été proposée par le projet européen INDEX en 2008 et par l'Afsset en 2009. Cette valeur a été proposée comme valeur repère par le HCSP en 2012 et correspond à la valeur repère R1. Le HCSP a également proposé une valeur d'action rapide de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (HCSP, 2012b) et c'est cette valeur qui est choisie par l'Ineris pour être la valeur repère R2.

En 2010, l'OMS propose la même valeur de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO, 2010). L'étude retenue pour établir cette valeur est celle du National Toxicology Program (NTP) de 1992 (National Toxicology Program, 1992) aboutissant à un LOAEL de  $53 \text{mg}/\text{m}^3$  pour des effets sur le système respiratoire. La VGAI retenue égale à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tient compte de :

- l'ajustement temporel (6/24 heures par jour, 5/7 jours par semaine, soit un facteur 5,6) aboutissant à une valeur de  $9,5 \text{mg}/\text{m}^3$ ,
- l'application de facteurs d'incertitude tenant compte du fait que l'on considère un LOAEL et non un NOAEL (10),
- la variabilité inter-espèces (10), et de la variabilité inter-individuelle (10).

Santé Canada en 2013, le Japon en 2015 et Hong-Kong en 2019 ont décidé de garder la valeur de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  définie par l'OMS en 2010.

Aux Pays-Bas, le RIVM a choisi en 2007 une valeur guide de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à partir des données issues d'une étude, non publiée, conduite par le Huttinton research center (Grande-Bretagne) (HCSP, 2012b). L'effet critique retenu est l'inflammation de l'épithélium nasal. L'étude a conduit à un LOAEL de  $5 \text{mg}/\text{m}^3$ . Le RIVM applique à ce LOAEL un facteur d'incertitude total de 200, correspondant à un facteur 2 pour l'utilisation d'un LOAEL à la place d'un NOAEL, un facteur 10 pour la variabilité inter-espèces, et un facteur 10 pour la variabilité inter-individuelle. Aucun ajustement temporel n'est réalisé compte tenu des effets irritants pris en compte. Aucun facteur d'incertitude n'est appliqué pour la durée d'exposition (28 jours).

L'Allemagne, lors de la mise à jour de ses valeurs guides en 2019, a conservé les valeurs déjà proposées par le groupe de travail AGÖF en 2013 :

- une valeur guide I de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,
- une valeur guide II de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

AGÖF avait également proposé une valeur guide de  $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (AGÖF, 2013) qui correspondait au percentile 90 des concentrations mesurées, mais cette dernière n'a pas été retenue par le comité allemand lors de la mise à jour en 2019 (German Committee on Indoor guide values, 2019).

En Finlande, la décret du Ministère des affaires sociales et de la santé fixe une limite d'action pour le naphtalène qui est de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tableau 6 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le naphthalène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
Europe	Joint Research Centre	The INDEX project	Janvier 2005	VGAI	10	Toxicologique
Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	GV	25	Toxicologique
France	Afsset	Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail Relatif à la proposition de valeur guide de qualité de l'air intérieur pour le naphthalène	Août 2009	VGAI	10	Toxicologique
Monde	WHO	WHO Guidelines for indoor air quality	Janvier 2010	VGAI	10	Toxicologique
France	HCSP	Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos - Le naphthalène	Janvier 2012	Valeur repère = Valeur repère R1	10	Toxicologique
France	HCSP	Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos - Le naphthalène	Janvier 2012	VAR = Valeur repère R2	50	Toxicologique
Canada	Health Canada	Residential Indoor Air Quality Guideline: Naphthalene	Janvier 2013	MEL	10	Toxicologique
Finlande	Gouvernement	Décret du ministère des Affaires sociales et de la Santé sur les conditions sanitaires des logements et autres locaux d'habitation et les conditions de qualification des experts externes	Mai 2015	Valeur réglementaire	Pas d'odeur / 10 Eq. toluène	_12
Japon	Hideto Jinno	Current Indoor Air Quality in Japan	Novembre 2015	GV	10	Toxicologique
Belgique	Conseil Supérieur de la Santé	Indoor air quality in Belgium	Septembre 2017	VR	10	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV I	10	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV II	30	Toxicologique
Hong-Kong	Gouvernement	A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places	Janvier 2019	GV	10	-

## 5.7 Trichloroéthylène (Numéro CAS : 79-01-6)

Très peu de pays ont proposé des valeurs repères en air intérieur pour le trichloroéthylène.

La première valeur de gestion dans l'air intérieur a été fixée par le RIVM (Pays-Bas) en 2007 (Dusseldorp *et al.*, 2007). Cette valeur égale à  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est la concentration tolérable dans l'air intérieur ; elle a été définie lors d'un projet sur l'étude de la qualité des sols aux Pays-Bas.

En 2009, l'Afsset avait déterminé deux valeurs basées sur la VTR de l'OMS (2000) :

- $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les effets chroniques cancérogènes et une durée d'exposition vie entière, correspondant à un excès de risque de  $10^{-6}$ ,
- $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les effets chroniques cancérogènes et une durée d'exposition vie entière, correspondant à un excès de risque de  $10^{-5}$ .

En 2012, pour la France, le HCSP avait fixé une valeur guide de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et avait aussi mis en place une valeur d'action rapide<sup>20</sup> de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ces valeurs ont été révisées par le HCSP depuis que l'Anses a modifié ses VGAI en 2019. En effet, la VGAI intermédiaire est de  $3,2 \text{ mg}/\text{m}^3$  pour un effet rénal observé chez les rats, la VGAI long terme basée sur la VTR cancérogène est quant à elle de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  associée à un niveau de risque de  $10^{-5}$ . Depuis août 2020, la nouvelle VRAI est donc de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et la VAR est de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En 2010, l'Organisation Mondiale de la Santé a choisi 3 valeurs guides long terme correspondant à différents niveaux de risque :

- $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de  $10^{-6}$ ,
- $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de  $10^{-5}$ ,
- $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$  : pour une exposition vie entière correspondant à un niveau de risque de  $10^{-4}$ .

La valeur d'ERU<sup>21</sup> retenue par l'OMS a été calculée à partir de données de cancérogenèse ayant montré une augmentation de l'incidence des tumeurs de Leydig chez le rat (Maltoni *et al.*, 1988). L'OMS considère que cette augmentation de l'incidence des tumeurs testiculaires est le marqueur le plus sensible disponible (HCSP, 2012a).

Santé Canada a proposé en 2011 une valeur guide provisoire de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  qui protège à la fois des effets reprotoxiques et cancérogènes (Santé Canada, 2006) (HCSP, 2012a). Pour établir sa valeur, Santé Canada s'est basée sur l'augmentation de l'incidence de malformations cardiaques observées sur une progéniture de rates Sprague-Dawley exposées au trichloroéthylène par voie orale avant et pendant la gestation (Dawson, 1993). À partir d'une BMDL<sub>10</sub><sup>22</sup> de  $0,146 \text{ mg}/\text{kg}\text{-jour}$ , une dose journalière admissible (DJA) de  $1,46 \mu\text{g}/\text{kg}\text{-jour}$  a été établie (Santé Canada, 2005). Cette dose a ensuite pu être extrapolée à une concentration dans l'air intérieur ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en utilisant un facteur d'absorption de 80 %, un poids corporel de 70,7 kg et une quantité d'air inhalée de  $15,8 \text{ m}^3/\text{j}$  (Santé Canada, 2006) (HCSP, 2012a). L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) a approuvé le choix de l'effet et de l'étude critique retenu par Santé Canada (INSPQ, 2006) (HCSP, 2012a). L'INSPQ avait toutefois souligné qu'il aurait été préférable d'utiliser le LOAEL plutôt que la BMDL dans l'estimation de la DJA. Toutefois, comme ces deux méthodes de dérivation conduisent pratiquement à la même valeur (soit 4 et  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivement), l'INSPQ a entériné la valeur de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (INSPQ, 2006)(HCSP, 2012a).

---

<sup>20</sup> Ces valeurs correspondent aux valeurs repères R1 et R2 choisies en 2020 dans le cadre de la démarche accueillant des enfants et des adolescents et utilisées en tant que valeur d'analyse de la situation selon la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. Ces valeurs seront mises à jour début 2021.

<sup>21</sup> ERU : Excès de Risque Unitaire

<sup>22</sup> BMDL<sub>10</sub> : (Benchmark Dose (Lower confidence limit)) : dose critique déterminée à partir de modélisation. Limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95 % de la dose qui correspond à une augmentation de l'incidence de 10 % par rapport au bruit de fond.

Le New York State Department of Health (NYSDOH) a caractérisé les risques pour la santé associés à l'exposition au trichloroéthylène, lors de la révision de son critère d'air intérieur en 2006 (New York State Department of Health, 2006). Sur les bases d'un jugement professionnel, l'ancienne valeur ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a été diminuée d'un facteur de 2 pour tenir compte :

- de l'incertitude relative à la qualité des données des études sur les effets non cancérogènes, particulièrement au niveau de l'association entre le trichloroéthylène et des malformations cardiaques congénitales,
- d'insuffisances méthodologiques pour l'évaluation efficace du risque à la santé des enfants,
- du renforcement de la preuve épidémiologique quant à la cancérogénicité du trichloroéthylène pour l'homme.

Selon le NYSDOH, ce nouveau critère de qualité d'air intérieur ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) conduirait à un niveau de risque cancérogène compris entre  $10^{-4}$  et  $10^{-6}$  (New York State Department of Health, 2006). Cette valeur guide de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été mise à jour en 2015. Il en résulte une nouvelle valeur guide égale à  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (New-York State Department of Health, 2015).

La Belgique a fixé en 2017 une valeur de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en se basant sur la VTR de l'US-EPA de 2011 et Hong-Kong a décidé de retenir en 2019 une valeur de  $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dans le cadre de la mise en place d'un système de certification des bâtiments publics.

Un décret portugais fixe la valeur limite à  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour 8 heures d'exposition dans des bâtiments publics (écoles, hôpitaux, bibliothèques, prisons, etc.) et de grands bâtiments de commerce et de services (Portugal, 2013).

Tableau 7 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le trichloroéthylène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
USA	Connecticut Department of Environmental Protection	Connecticut's Remediation Standard Regulations Volatilization Criteria	Mars 2003	TAC	1	Empirique <sup>7</sup>
Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	TCA	200	Toxicologique
Monde	WHO	WHO Guidelines for indoor air quality	Janvier 2010	VGAI	230	Toxicologique (effet sans seuil basé sur ERI de $10^{-4}$ )
Monde	WHO	WHO Guidelines for indoor air quality	Janvier 2010	VGAI	23	Toxicologique (effet sans seuil basé sur ERI de $10^{-5}$ )
Monde	WHO	WHO Guidelines for indoor air quality	Janvier 2010	VGAI	2,3	Toxicologique (effet sans seuil basé sur ERI de $10^{-6}$ )
Canada	Health Canada	Valeurs guides pour le trichloroéthylène dans l'air intérieur	Mai 2011	VG	5	Toxicologique
Portugal	Gouvernement	Decreto-Lei n° 118/2013 & Portaria n°353-A/2013 (JO du 4/12/2013)	Décembre 2013	Valeur réglementaire pour 8 heures	25	. <sup>12</sup>
USA	Bureau of Toxic Substance Assessment New York State Department of Health	Trichloroethene (TCE) in indoor and outdoor air	Août 2015	GV	2	Toxicologique
Belgique	Conseil Supérieur de la Santé	Indoor air quality in Belgium	Septembre 2017	VR	2	Toxicologique
France	Anses	Proposition de VTR par voie respiratoire pour le trichloroéthylène	Juillet 2018	VTR = Valeur repère R3	3 200	Toxicologique
Hong-Kong	Gouvernement	A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places	Janvier 2019	GV	230	Toxicologique

Tableau 7 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le trichloroéthylène – septembre 2020 (µg/m3) (suite)

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en µg/m <sup>3</sup>	Méthode de construction
France	Anses	Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeur guide de qualité de l'air intérieur pour le trichloroéthylène	Novembre 2019	VGAi	10	Toxicologique (effet sans seuil basé sur ERI de 10 <sup>-5</sup> )
France	Anses	Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeur guide de qualité de l'air intérieur pour le trichloroéthylène	Novembre 2019	VGAi	1	Toxicologique (effet sans seuil basé sur ERI de 10 <sup>-6</sup> )
France	HCSP	Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le trichloroéthylène dans l'air des espaces clos	Août 2020	VRAi	10	Toxicologique
France	HCSP	Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le trichloroéthylène dans l'air des espaces clos	Août 2020	VAR	50	Toxicologique

## 5.8 Tétrachloroéthylène (Numéro CAS : 127-18-4)

Aux Pays-Bas, le RIVM, dans son rapport de 2007 (Dusseldorp *et al.*, 2007), a fixé une valeur de 250 µg/m<sup>3</sup> correspondant à la concentration limite tolérable dans l'air lors d'un projet d'étude sur l'étude de la qualité des sols (Baars *et al.*, 2001).

L'OMS a choisi la même valeur comme valeur guide dans son rapport de 2010. D'après l'OMS, cette valeur guide permet de protéger contre les effets liés à une exposition chronique par inhalation (WHO, 2000). Ce sont les effets rénaux non néoplasiques qui ont été retenus comme effets critiques. Cette valeur a été élaborée à partir d'une étude de 1992 chez des employés de pressings exposés à une concentration médiane de 102 000 µg/m<sup>3</sup> (Mutti *et al.*, 1992). Cette étude montrait que des effets néphrotoxiques apparaissaient à ce niveau d'exposition. Après ajustement temporel afin d'être applicable pour une exposition continue en population générale, le LOAEL ainsi ajusté a ensuite été corrigé par un facteur d'incertitude de 100 (10 pour la prise en compte de l'incertitude liée à l'utilisation d'un LOAEL et 10 pour la variabilité interindividuelle), ce qui conduit à la valeur de 250 µg/m<sup>3</sup>.

La Belgique et Hong-Kong ont également choisi cette valeur proposée par l'OMS.

En France, deux VGAI ont été proposées en 2010 par l'Afsset concernant le tétrachloroéthylène et sont fixées à :

- 1 380 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition aiguë sur une période de 1 à 14 jours<sup>23</sup> ;
- 250 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition chronique supérieure à un an (protégeant des effets non cancérogènes).

Le Haut Conseil de la santé publique a défini en 2010 une valeur repère de qualité d'air égale à 250 µg/m<sup>3</sup> pour l'air intérieur des immeubles d'habitation ou locaux ouverts au public. Cette valeur est actuellement choisie en tant que valeur repère R1.

Le HCSP fixe également une valeur d'action rapide (VAR) à 1 250 µg/m<sup>3</sup>, soit cinq fois la valeur repère de qualité de l'air au-delà de laquelle les sources en cause doivent être rapidement identifiées et neutralisées dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère de qualité d'air. Cette valeur correspond à la valeur repère R2.

Le décret n° 2015-1926 du 30 décembre 2015 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public (ERP) fixe une valeur pour laquelle des investigations complémentaires doivent être menées et pour laquelle le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé. Pour le tétrachloroéthylène, elle correspond à une concentration supérieure à 1 250 µg/m<sup>3</sup>.

Santé Canada a déterminé en 2017 une valeur guide de 40 µg/m<sup>3</sup> basée sur des études de l'US-EPA (2010) et de l'ATSDR (2014). L'étude de l'US-EPA correspond à une étude d'évaluation de la vision des couleurs menée chez 35 nettoyeurs à sec exposés au PCE (Cavalleri *et al.*, 1994). Les résultats ont montré que l'exposition au PCE, même à de faibles doses peut induire une altération de la vision des couleurs.

La mise à jour en 2019 des valeurs guides allemandes a permis de distinguer 2 valeurs (German Committee on Indoor guide values, 2019) :

- une valeur guide I de 100 µg/m<sup>3</sup>,
- une valeur guide II de 1 000 µg/m<sup>3</sup>.

Un décret portugais fixe la valeur limite à 250 µg/m<sup>3</sup> pour 8 heures d'exposition dans des bâtiments publics (écoles, hôpitaux, bibliothèques, prisons, etc.) et des grands bâtiments de commerce et de services (Portugal, 2013).

---

<sup>23</sup> Les valeurs correspondant à de la toxicité aiguë ne sont pas présentées dans le tableau de synthèse.

Tableau 8 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le tétrachloroéthylène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
USA	Connecticut Department of Environmental Protection	Connecticut's Remediation Standard Regulations Volatilization Criteria	Mars 2003	TAC	5	Empirique <sup>7</sup>
Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	TCA	250	Toxicologique
Monde	WHO	WHO Guidelines for indoor air quality	Janvier 2010	VGAI	250	Toxicologique
France	Afsset	Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail Relatif à la proposition de valeur guide de qualité de l'air intérieur pour le tétrachloroéthylène	Janvier 2010	VGAI	250	Toxicologique
France	Afsset	Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail Relatif à la proposition de valeur guide de qualité de l'air intérieur pour le tétrachloroéthylène	Janvier 2010	VGAI court terme = Valeur repère R3	1 380	Toxicologique
France	HCSP	Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le tétrachloroéthylène dans l'air des espaces clos	Juin 2010	Valeur repère = Valeur repère R1	250	Toxicologique
France	HCSP	Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le tétrachloroéthylène dans l'air des espaces clos	Juin 2010	VAR = Valeur repère R2	1 250	Toxicologique
France	Gouvernement	Journal Officiel de la République Française	Janvier 2012	Valeur réglementaire	1 250	Toxicologique
USA	Bureau of Toxic Substance Assessment New York State Department of Health	Tetrachloroethene (PCE) in indoor and outdoor air	Septembre 2013	GV	30	Toxicologique
Portugal	Gouvernement	Decreto-Lei n° 118/2013 & Portaria n°353-A/2013 (JO du 4/12/2013)	Décembre 2013	Valeur réglementaire sur 8 heures	250	<sup>12</sup>

Tableau 8 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le tétrachloroéthylène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (suite)

Pays	Organisme	Document/ texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
Belgique	Conseil Supérieur de la Sante	Indoor air quality in Belgium	Septembre 2017	VR	250	Toxicologique
Canada	Health Canada	Indoor Air reference Levels chronic exposure VOC	Octobre 2017	IARL	40	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV I	100	Toxicologique
Allemagne	German committee on indoor guide values	Guide values for the concentration of specific substances in indoor air	Janvier 2019	GV II	1 000	Toxicologique
Hong-Kong	Gouvernement	A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places	Janvier 2019	GV	250	-

## 5.9 Autres composés volatils

Les recherches menées sur les COHV et les HAP ont permis d'identifier d'autres substances d'intérêt pour les sites pollués, pour lesquelles des valeurs repères existent. Elles sont peu nombreuses et la comparaison entre les pays est difficile, les résultats sont toutefois présentés dans le tableau suivant, à titre informatif.

Tableau 9 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le dichlorométhane, le trichlorométhane, le 1,2-dichloroéthane, le 1,1,1-trichloroéthène, le 1,2-dichloropropane, le benzo(a)pyrène, le styrène et le 1,4-dichlorobenzène – septembre 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Substances	Numéro CAS	Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Méthode de construction
Benzo(a)pyrène	50-32-8	UK	COMEAP	Guidance in the effect on Health of Indoor Air Pollutants	Décembre 2004	GV	$2,5 \cdot 10^{-4}$	Toxicologique
Dichlorométhane (chlorure de méthylène)	75-09-2	Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	TCA	3 000	Toxicologique
Dichlorométhane (chlorure de méthylène)	75-09-2	Canada	Health Canada	Indoor Air reference Levels chronic exposure VOC	Octobre 2017	IARL	600	Toxicologique
Trichlorométhane (Chloroforme)	67-66-3	Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	TCA	100	Toxicologique
Trichlorométhane (Chloroforme)	67-66-3	Canada	Health Canada	Indoor Air reference Levels chronic exposure VOC	Octobre 2017	IARL	300	Toxicologique
1,2-dichloroéthane	107-06-2	Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	GV	48	Toxicologique
1,1,1-Trichloroéthène	71-55-6	Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	TCA	380	Toxicologique
1,2-dichloropropane	78-87-5	Pays-Bas	RIVM	Health-based guideline values for the indoor environment	Janvier 2007	TCA	12	Toxicologique

Tableau 9 : Valeurs réglementaires ou valeurs repères dans l'air intérieur pour le dichlorométhane, le trichlorométhane, le 1,2-dichloroéthane, le 1,1,1-trichloroéthène, le 1,2-dichloropropane, le benzo(a)pyrène, le styrène et le 1,4-dichlorobenzène – septembre 2020 (µg/m3)

Substances	Numéro CAS	Pays	Organisme	Document / texte	Date	Type de valeur	Valeur en µg/m <sup>3</sup>	Méthode de construction
Styrène	100-42-5	Portugal	Gouvernement	Decreto-Lei n° 118/2013 & Portaria n°353-A/2013 (JO du 4/12/2013)	Décembre 2013	Valeur réglementaire sur 8 heures	260	_12
Styrène	100-42-5	Finlande	Gouvernement	Décret du ministère des Affaires sociales et de la Santé sur les conditions sanitaires des logements et autres locaux d'habitation et les conditions de qualification des experts externes	Mai 2015	Valeur réglementaire	40 Eq. toluène	-
Styrène	100-42-5	Japon	Hideto Jinno	Current Indoor Air Quality in Japan	Novembre 2015	GV	220	-
Styrène	100-42-5	Canada	Health Canada	Indoor Air reference Levels chronic exposure VOC	Octobre 2017	IARL	850	Toxicologique
Styrène	100-42-5	Corée du Sud	Gouvernement	Green building development support act	2013	Valeur réglementaire	700	-
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	Japon	Hideto Jinno	Current Indoor Air Quality in Japan	Novembre 2015	GV	240	-

Les valeurs repères R1, R2 et R3 établies par l'Ineris ne sont pas reprises dans ce tableau qui couvre uniquement les données étrangères.

## 6 Conclusion et perspectives

### 6.1 Conclusion

Le travail bibliographique mené dans le cadre de cette étude a permis d'identifier les valeurs réglementaires et les valeurs repères de la qualité de l'air intérieur disponibles à l'étranger pour des substances rencontrées dans le cadre de sites pollués. Les pays initialement identifiés étaient ceux cités dans le rapport présentant le « Benchmark international des politiques publiques de la qualité de l'air » réalisé par l'Ademe en 2017. Le périmètre géographique retenu initialement a été ajusté à l'avancement en fonction des données identifiées dans la littérature. 13 pays ont finalement été sélectionnés sur la base de leurs engagements politiques en faveur de la gestion de la qualité de l'air intérieur : Allemagne, Belgique, Canada, Chine, Corée du Sud, Etats-Unis, Finlande, France, Hong-Kong, Japon, Royaume-Uni, Pays-Bas, Portugal.

L'ensemble des données recueillies montre une constante évolution des valeurs repères dans le temps. Les premières valeurs notamment pour le benzène sont apparues à partir de 2001. Entre 2004 et 2017, plusieurs pays ont cherché à mettre en place des valeurs repères de la qualité de l'air intérieur pour plusieurs polluants fréquemment retrouvés. Certains pays ont proposé des approches pour plusieurs substances, c'est le cas de la Corée du Sud, de la Chine et de la Finlande avec des valeurs pour les COV.

Deux principales approches méthodologiques concernant l'établissement des valeurs repères ont été identifiées : une approche sanitaire s'appuyant sur des données toxicologiques (dite approche toxicologique) et une approche empirique s'appuyant sur des concentrations mesurées dans les milieux d'exposition correspondant soit à des concentrations de fond (mesurées dans des espaces clos non pollués), soit à un seuil olfactif, soit au 90<sup>ème</sup> percentile des concentrations mesurées lors de campagnes de surveillance. Chacune de ces approches présente des avantages et des limites (voir chapitre 4). D'une manière générale, l'approche toxicologique est celle qui a été le plus souvent suivie pour les valeurs identifiées et dont la méthode de construction a été rapportée. L'approche empirique a été suivie par l'Allemagne pour l'établissement de valeurs pour les BTEX et le naphtalène ainsi que par l'état du Connecticut (Etats-Unis) pour la détermination de valeurs pour le benzène, le tétrachloroéthylène et le trichloroéthylène.

Les critères choisis par les experts établissant ces valeurs repères sont propres à chaque pays : le ou les effet(s) critique(s) retenu(s), le ou les mécanisme(s) d'action établi(s) et la ou les durée(s) d'exposition pertinente(s). Certains pays et organismes ont préféré conserver les niveaux de concentrations les plus faibles possibles sans fixer de valeurs associées (cas de l'OMS et de Santé Canada pour le benzène) tandis que d'autres ne se prononcent pas sur les seuils à atteindre (cas du trichloroéthylène en Allemagne).

En France, des « valeurs guides air intérieur » (VGAi) sont établies par l'Anses sur la base des critères sanitaires. Sur cette base, le Haut Conseil de la Santé Publique élabore des valeurs repères d'aide à la gestion selon un échancier de mise en œuvre afin de mieux gérer la décroissance visée des concentrations mesurées dans l'air intérieur. Les valeurs repères du HCSP tiennent compte de considérations pratiques, réglementaires, juridiques, économiques et sociologiques. Même si ces valeurs s'appliquent au domaine des sites et sols pollués, quelques particularités méritent d'être signalées, notamment le délai de mise en œuvre des actions correctives qui accompagnent un dépassement de la valeur d'action rapide. En effet, autant le retrait d'une source de pollution interne à un logement (aménagement, ameublement, comportement ou produits stockés) est réalisable dans un délai maximum de six mois à d'un an en fonction de la substance concernée<sup>24</sup>, autant lorsqu'il s'agit d'une source de pollution dans les sols ou les eaux souterraines, la remédiation nécessaire est plus complexe et longue à mettre en œuvre. Elle implique souvent à la fois des actions sur les voies de transfert qui vont conduire à installer des mesures constructives sur le bâtiment impacté et à la fois la recherche puis la caractérisation de la source de pollution, l'étude des solutions de traitement, incluant souvent des essais de faisabilité et de dimensionnement, avant d'engager les travaux eux-mêmes. En cas de dépassement de la VRAI, le HCSP recommande d'identifier dans un premier temps les raisons (présences de sources intérieurs ou extérieures, défauts de ventilation ...). Un plan d'action doit ensuite être engagé pour revenir sous la VRAI dans un délai de deux ans au maximum variable en fonction des

---

<sup>24</sup> Ce délai est de 3 ans pour le trichloroéthylène (HCSP, 2020).

substances<sup>25</sup>. Ce délai peut être réduit au cas par cas selon la gravité des effets associés au polluant et des raisons à l'origine de ce dépassement (HCSP, 2019).

La position de la France est sécuritaire pour les substances les plus toxiques (benzène et TCE). Par ailleurs, il est constaté que les substances avec un fort enjeu sanitaire comme le benzène, le trichloroéthylène, le tétrachloroéthylène disposent de valeurs repères dans la plupart des pays. La présence de ces substances dans l'air intérieur peut en effet être liée à d'autres sources d'émission que les sols et les eaux souterraines pollués (émissions de benzène par le transport ou par les produits de consommation par exemple).

Ce travail a permis de mettre en évidence la difficulté d'établissement des valeurs repères et leur relative rareté (nombre limité de substances et de pays concernés). Différents facteurs comme la pollution de l'air extérieur ou les contraintes réglementaires associées aux produits de consommation courante, peuvent conduire des pays géographiquement proches à élaborer des valeurs repères différentes. A l'exception des Pays Bas, la gestion des sols pollués ne semble pas être un critère retenu en amont de l'établissement des valeurs.

## 6.2 Perspectives

Toutes les informations utiles pour confronter les valeurs repères publiées dans les différents pays n'étaient pas toujours disponibles lors de la réalisation de cette étude. Afin d'approfondir leur analyse, il serait nécessaire de considérer les contextes d'établissement de ces valeurs et les objectifs de protection visés, ainsi que les modes de gestion, de maîtrise et de réduction des expositions et/ou des sources de pollution. En effet, les modes de gestion des dépassements de ces valeurs en termes d'action à mettre en œuvre ne sont pas toujours documentés.

Pourtant, les stratégies de prélèvement et de mesure (nombre de campagnes, conditions climatiques, outils de mesures et d'analyse...) sont également des éléments très importants dans la mise en œuvre des politiques publiques de contrôle et d'amélioration de la qualité de l'air intérieur. Ils peuvent être très différents (aux Etats-Unis, les prélèvements sur canister sont privilégiés, là où d'autres pays comme la France ont plutôt recours aux prélèvements passifs ou actifs sur cartouches). Une prise de contact direct avec les organismes étrangers pourrait apporter davantage d'informations sur ces éléments.

Comme les valeurs présentées dans ce document peuvent être amenées à évoluer, à l'instar du trichloroéthylène en France pour lequel une nouvelle publication du HCSP a été réalisée en août 2020, il est pertinent d'effectuer une veille régulière pour suivre l'évolution de ces valeurs internationales. Cette veille pourrait concerner un plus large panel de substances d'intérêt pour le suivi de la qualité de l'air intérieur.

En outre, il a été fait le choix de rechercher les valeurs repères associées à une substance donnée. La question des mélanges n'a donc pas été abordée dans ce travail. Une revue bibliographique spécifique pourrait compléter la liste des valeurs déjà identifiées.

Enfin, les valeurs ne sont pas toujours homogènes entre elles d'un pays à l'autre, ce qui soulève la pertinence de la réflexion concernant une harmonisation européenne et des difficultés que cela pourrait engendrer en terme de gestion, compte tenu des contextes d'établissement de valeurs parfois très différents.

---

<sup>25</sup> Ce délai est de 5 ans pour le trichloroéthylène (HCSP, 2020)

## 7 Références

- Ademe. (2017). Benchmark international des politiques publiques pour préserver et améliorer la qualité de l'air intérieur - Synthèse. 18 p.
- Affset. (2008). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le benzène. 95 p.
- Affset. (2009). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le naphtalène. 83 p.
- Affset. (2009). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le trichloroéthylène. 85 p.
- Affset. (2010). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le tétrachloroéthylène. 112 p.
- AGÖF. (2013). AGÖF Guidance Values for Volatile Organic Compounds in Indoor Air. 26 p.
- Andreas Seeber, Demes, P., Kiesswetter, E., Schäper, M., Thriel, C., & MichaelaZupanic. (2005). Changes of neurobehavioral and sensory functions due to toluene exposure below 50 ppm ?. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 19, 635–643
- Anses, CSTB, OQAI, P. K. (2014). Rapport d'étude de l'Anses relatif à « Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur ». 99 p.
- Anses. (2016a). Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur - L'éthylbenzène. 182 p.
- Anses. (2016b). Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur Méthode d'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur - Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective. 90 p.
- Anses. (2018). Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur - Le toluène. 160 p.
- Anses. (2019). Valeurs guides de qualité d'air intérieur - Le trichloroéthylène. 150 p.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. Toxicological profile for Xylenes. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Baars AJ, Theelen RMC, Janssen PJCM, Hesse JM, van A., & ME, Meijerink MCM, Verdam L, Z. M. (2001). Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. RIVM report 711701 025. 297 p.
- Bai, Z., Wang, Z., Zhu, T., & Zhang, J. (2003). Developing Indoor Air Quality Related Standards in China. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2(1), 55-60.
- Cappaert, N. L. M., Klis, S. F. L., Baretta, A. B., Muijser, H., & Smoorenburg, G. F. (2000). Ethyl benzene-induced ototoxicity in rats: A dose-dependent mid-frequency hearing loss. *JARO - Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 1(4), 292-299.
- Cavalleri, A., Gobba, F., Paltrinieri, M., Fantuzzi, G., Righi, E., Aggazzotti, G., (1994). Perchloroethylene exposure can induce colour vision loss. *Neuroscience Letters*, 179, 162-166
- Chan, P.C., Hasemani, J.K., Mahleri, J., Aranyi, C. (1998). Tumor induction in F344:N rats and B6C3F1 mice following inhalation exposure to ethylbenzene. *Toxicology Letters*, 99, 23-32
- COMEAP, D. of H. (2004). Committee on the Medical Effects of Air Pollutants: Guidance on the Effects on Health of Indoor Air Pollutants. (December), 1-10.
- CDEP. (2003). Proposed Revisions Connecticut ' s Remediation Standard Regulations Volatilization Criteria. 50 p.
- Conseil Supérieur de la Santé. (2017). Indoor air quality in Belgium. 126 p.
- Dusseldorp, A., Bruggen, M. Van, & Douwes, J. (2007). Health-based guideline values for the indoor environment. report 609021. 97 p.
- German Committee on Indoor guide values. (2019). Guide values for the concentration of specific substances in indoor air. 4(2), 6-7.
- Government of Hong-Kong. (2019). A guide on indoor air quality certification scheme for offices and public places. 60 p.
- HCSP. (2009). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos - Présentation de la démarche méthodologique. 23 p.

- HCSP. (2010a). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos - Le benzène. 34 p.
- HCSP. (2010b). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos - Le tetrachloroéthylène. 36 p.
- HCSP. (2012a). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : le trichloroéthylène. 56 p.
- HCSP. (2012b). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : le naphthalène. 47 p.
- HCSP. (2019). Valeurs repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur - Présentation de la démarche méthodologique. 23 p.
- HCSP. (2020). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : le trichloroéthylène. 61 p.
- Hideto Jinno. (2015). Current indoor air quality in Japan. *Yakugaku Zasshi : Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*, 136(6), 791-793
- Hong-Kong, I. A. Q. M. G. (2003). A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places The Government of the Hong Kong Special Administrative Region A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places. 36 p.
- Hong-Kong, I. A. Q. M. G. (2019). A guide on indoor air quality Certificatin scheme for officies and public places. 60 p.
- Ineris. (2017). Choix des valeurs permettant la construction des seuils R1, R2, R3. Rapport Ineris-DRC-17-164563-02580B.
- Ineris. (2020a). Mise à jour des valeurs-repères R1, R2 et R3 dans le cadre de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués - Actualisation 2020. Rapport Ineris-20-200358-2173530-v1.0. 13 p.
- Indoor Air Hygiene Commission. (2012). Guide values for indoor air: First update of the German risk assessment procedure (basic scheme) 1 Communication from the Ad-hoc Working Group on Indoor Guide Values of the Indoor Air Hygiene Commission and the States' Supreme Health Authorities. 55(2), 279-290.
- INSPQ. (2006). Trichloroéthylène dans l'air intérieur : Détermination d'une valeur guide. Commentaires présentés à la Direction régionale de santé publique de la Capitale-Nationale.
- Jinno, H. (2015). Current indoor air quality in Japan. *Yakugaku Zasshi*, 136(6), 791-793.
- Journal Officiel de la République Française. (2011). Décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène
- Journal Officiel de la République Française. (2012). Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public.
- Joint Research Centre. (2005). The INDEX project, Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor - Exposure Limits in the EU. 334 p.
- Kirchner, S., Arenes, J.-F., Cochet, C., Derbez, M., Duboudin, C., Elias, P., Gregoire, A., Jédor, B., Lucas, J-P., Pasquier, N., Pigneret, M. & Ramalho, O. (2007). État de la qualité de l'air dans les logements français. *Environnement, Risques & Santé*, 6(4), 259-269.
- Koistinen, K., Kotzias, D., Kephelopoulos, S., Schlitt, C., Carrer, P., Jantunen, M., ... Seifert, B. (2008). The INDEX project: Executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 63(7), 810-819.
- Korsak, Z., Wisniewska-Knypl, J., & Swiercz, R. (1994). Toxic effects of subchronic combined exposure to n-butyl alcohol and m-xylene in rats. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 7(2), 155-166.
- Maltoni, C., Lefeline, G., Cotti, G., & Perino, G. (1988). Long-Term Carcinogenicity Bioassays on Trichloroethylene Administered by Inhalation to Sprague-Dawley Rats and Swiss and B6C3F1 Mice.
- Ministere chinois de la santé. (2002). Indoor air quality related standards in China
- Ministère de l'Environnement Coréen. (2009). Indoor Air Quality Control in Public Use Facilities, etc. Act. <http://www.law.go.kr/eng/engLsSc.do?menuId=1&query=school+health+act&x=0&y=0#liBgcolor0>
- Ministère de la transition écologique et solidaire (MTES). (2017). Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, 128 p.

Mutti et al. (1992). Nephropathies and exposure to perchloroethylene in dry-cleaners.

National Toxicology Program. (1992). National toxicology program in B6C3FI MICE. *Ann N Y Acad Sci.* 534, 316-342. doi:10.1111/j.1749-6632.1988.tb30120.x

New York State Department of Health. (2006). Trichloroethene Air Criteria Document. Center for Environmental Health, Bureau of Toxic Substance. 8 p.

New York State Department of Health. (2013). Tetrachloroethene (PCE) in indoor and outdoor air. Center for Environmental Health, Bureau of Toxic Substance. 9 p.

New-York State Department of Health. (2015). Trichloroethylene (TCE) in indoor and outdoor air. Bureau of Toxic Substance Assessment New York State Department of Health. (August). 8 p.

OQAI. (2018). Qualité de l'air et confort dans les écoles en France : premiers résultats de la campagne nationale. 12 p.

OQAI. (2019). Site internet de l'OQAI (<https://www.oqai.fr/fr>).

Portugal (2013) : Decreto-Lei n° 118/2013 & Portaria n°353-A/2013 (JO du 4/12/2013).

RIVM. (2007). Health-based guideline values for the indoor environment. 97 p.

Santé Canada. (2005). Le trichloroéthylène. 59 p.

Santé Canada (2006). Valeur guide provisoire pour le trichloroéthylène dans l'air intérieur.

Santé Canada. (2011a). Valeur guide pour le trichloroéthylène dans l'air intérieur. 41 p.

Santé Canada (2011b). Residential indoor air quality guideline: toluene. 4 p.

Santé Canada. (2013a). Guidance for benzene in residential indoor air. 12 p.

Santé Canada. (2013b). Residential indoor air quality guideline: naphtalene.

Santé Canada. (2017). Indoor air reference levels chronic exposure VOC. 53p.

Seeber, A., Schäper, M., Zupanic, M., Blaszkewicz, M., Demes, P., Kiesswetter, E., & Van Thriel, C. (2004). Toluene exposure below 50 ppm and cognitive function: A follow-up study with four repeated measurements in rotogravure printing plants. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 77(1), 1-9.

WHO. (2010). WHO Guideline. Food and Nutrition Bulletin, 2(1). 3 p.

WHO. (2010b). WHO Guideline for indoor air quality

WHO. (2000). Air Quality Guidelines. *Air Quality Guidelines*, 22(8), 8 p.

Yongin University. Recently issues on Indoor air quality in Korea Jee Yeon Jeong, PhD, P.E Department of Occupational and Environment Health Yongin University

