

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Connaître, évaluer, protéger

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

Avril 2011

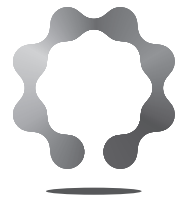
Édition scientifique

Seconde édition - mise à jour en 2016



anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Connaître, évaluer, protéger

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

Avril 2011

Édition scientifique

Seconde édition - mise à jour en 2016

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 14 octobre 2016

AVIS¹ **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,** **de l'environnement et du travail**

**relatif à l'évolution de la méthode d'élaboration
de valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI)**

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

La qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments constitue une préoccupation croissante de santé publique en France comme dans d'autres pays. Chaque individu passe en effet en moyenne, en climat tempéré, 85 % de son temps dans des environnements clos dont une majorité dans l'habitat. L'air intérieur peut par ailleurs être pollué par un grand nombre d'agents qu'ils soient physiques, chimiques ou biologiques. L'exposition aux polluants de l'environnement intérieur peut ainsi avoir des conséquences sur la santé toutefois souvent difficilement quantifiables avec précision.

Répondant à ces préoccupations, dans la continuité des plans nationaux santé environnement antérieurs, le Plan national santé environnement 2015-2019 (PNSE 3) inclut des objectifs visant à « agir pour une meilleure qualité de l'air intérieur ». A ce titre il prévoit à l'action n°49 de « mettre en œuvre le plan de qualité de l'air intérieur annoncé par le gouvernement » publié en 2013.

Le socle juridique de l'action publique dans ce domaine s'appuie par ailleurs sur les articles L.221-7 et suivants du code de l'environnement qui définissent les dispositions portant sur la qualité de l'air intérieur. L'article L.221-7 précise notamment, que « des valeurs-guides pour l'air intérieur sont définies par décret en Conseil d'Etat, après avis de l'Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail ».

Dans ce contexte, l'Agence nationale chargée de la sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (Anses) poursuit depuis 2004 une activité d'expertise visant à produire des valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI), fondées sur des critères sanitaires.

¹ Annule et remplace l'avis du 26 avril 2011. Voir annexe 1

Les VGAI ont été définies 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. Elles visent à préserver la population de tout effet néfaste lié à l'exposition aérienne à cette substance. Cette définition est directement applicable aux valeurs guides construites pour protéger d'effets à seuil de dose. Dans le cas d'effets sans seuil de dose identifiés, les VGAI sont exprimées sous la forme de concentrations correspondant à des probabilités de survenue d'un effet morbide ou d'une pathologie.

En 2011, l'Anses a fait évoluer la méthode d'élaboration des VGAI initialement proposée en 2007. Sur la base de l'expérience acquise depuis, les experts ont jugé qu'il était nécessaire d'ajuster la méthode pour l'actualiser et l'enrichir, justifiant ainsi la production du nouveau rapport joint au présent avis.

Le présent avis et le rapport qui l'accompagne présentent ainsi la méthode actualisée d'élaboration des VGAI.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

Entre 2004 et 2014, deux groupes de travail spécifiquement dédiés à la thématique « VGAI » ont été successivement mis en place par l'Anses. Les travaux conduits par ces groupes ont été systématiquement revus et validés par le Comité d'Experts Spécialisé (CES) en charge de « l'évaluation des risques liés aux milieux aériens » de l'agence.

En 2014, l'organisation de l'expertise scientifique relative aux VGAI a été revue. Les travaux d'expertise sont conduits de façon transversale par trois collectifs de l'agence :

- Le CES « Caractérisation des dangers des substances et valeurs toxicologiques de référence » chargé d'expertiser les données existantes relatives aux dangers des substances en vue de sélectionner ou de construire des VGAI. Ce collectif a discuté de la méthode d'élaboration des VGAI.
- Un groupe de travail « métrologie » spécifiquement dédié à l'expertise des méthodes de mesure des substances qui font l'objet de propositions de VLEP et de VGAI. Dédié à la métrologie, ce groupe de travail a proposé une harmonisation de la démarche d'évaluation des méthodes de mesures disponibles pour la comparaison des niveaux d'exposition sur le lieu de travail et dans l'air intérieur.
- Le CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » chargé de valider la globalité des travaux d'expertise conduits sur les VGAI et issus des deux collectifs précédents.

Le rapport d'expertise se compose des parties suivantes :

- Une première partie introduit la notion de VGAI, la définition adoptée dans le cadre des travaux et son application potentielle en santé publique, en France comme à l'étranger ;
- Une seconde partie décrit la méthode développée pour l'élaboration des VGAI s'appliquant aux substances dont l'exposition est majoritairement par inhalation ;
- Une dernière partie présente la démarche d'évaluation des méthodes de mesure dans l'air intérieur. Cette partie fait également mention et référence à l'air des lieux de travail et aux VLEP.

La définition, l'utilité et les finalités de VGAI, ainsi que la méthode d'élaboration des VGAI telles que proposée en 2011, de l'avis des experts, demeurent valides et pertinentes et n'ont donc pas été modifiées dans le présent rapport. La démarche d'évaluation des méthodes de mesure, développée dans la dernière partie du rapport, a été harmonisée par le groupe de travail « Métrologie » pour ce qui concerne les deux domaines « santé-travail » et « santé-environnement ». Cette partie présente ainsi une évolution majeure depuis le rapport de 2011. Elle résulte des travaux du groupe de travail « métrologie ». Ces travaux ont été suivis et validés par le CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » le 11 juin 2015 pour ce qui concerne les VGAI.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques via le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DES CES

3.1 Méthode d'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur

La méthode d'élaboration de VGAI s'applique aux substances dont l'exposition humaine est majoritairement par l'inhalation.

La méthode d'élaboration des VGAI varie selon l'existence ou non d'une VGAI produite par l'Organisation mondiale pour la santé (OMS) :

1. Substances faisant l'objet d'une VGAI OMS : analyse critique de la valeur proposée par l'OMS²

L'OMS, organisme de référence international concernant la proposition de valeurs guides, a engagé en 2006 l'élaboration de valeurs guides dédiées à l'air intérieur. Des valeurs guides pour quelques polluants chimiques ont été publiées par l'OMS en décembre 2010.

Afin de pouvoir prendre en compte ces éléments, une analyse préalable des valeurs proposées par l'OMS est conduite pour chaque substance étudiée.

Les experts procèdent à une analyse critique de la valeur proposée par l'OMS articulée autour du choix de l'effet critique, du mécanisme d'action, puis de l'étude source en évaluant les justifications et l'argumentaire développés par l'OMS. En cas d'accord avec la valeur de l'OMS, un document synthétisant et retraçant les choix et la méthode d'élaboration est rédigé. Si les experts estiment

² Indoor air quality guidelines (IAQG)

par ailleurs qu'une durée d'exposition supplémentaire à celle considérée par l'OMS est pertinente, ils procèdent à la construction d'autres VGAI pour les durées d'exposition ad hoc.

En cas de désaccord avec la proposition de valeur de l'OMS pour une substance donnée, les experts appliquent la méthode retenue pour l'élaboration de VGAI (cf. infra) et justifient l'exclusion des valeurs guides proposées par l'OMS.

2. Substances ne faisant pas l'objet d'une VGAI OMS : élaboration d'une VGAI

En premier lieu, une synthèse des données disponibles relatives à la substance est nécessaire, incluant des informations générales telles que l'identification de la substance et de ses propriétés physico-chimiques, la réglementation encadrant la substance, les sources d'émissions (intérieures et extérieures), les données de concentrations dans l'environnement et la contribution des différentes voies et sources d'exposition dans l'exposition globale. Le profil toxicologique de la substance est réalisé en intégrant les principales informations relatives à la toxicocinétique, à la toxicodynamie, aux effets sanitaires et repères de doses et aux populations sensibles et seuils olfactifs. Un recueil des valeurs guides et valeurs toxicologiques de référence existantes suit et les éléments ayant permis de construire ces valeurs sont synthétisés en précisant les méthodes de construction choisies et les hypothèses prises.

Dans un second temps, les experts procèdent à une analyse critique des données recueillies lors des étapes précédentes et se prononcent sur le choix d'un ou de plusieurs effets critiques, du ou des mécanismes d'action et des durées d'exposition pertinentes, en s'assurant de la convergence des études (effet corroboré par des données épidémiologiques ou expérimentales, des observations cliniques, histologiques ou biologiques, etc.) et d'un consensus international sur la nature des effets et le mode d'action associé.

Enfin, les experts proposent la construction d'une ou de plusieurs VGAI selon les principes développés dans les guides méthodologiques pour l'élaboration des VTR déjà publiés par l'agence³. Les experts sélectionnent l'étude source pour le ou les effet(s) critique(s) retenus (effets à seuil ou sans seuil) et les durées d'exposition associées. Le document d'expertise produit doit développer, de manière approfondie, le choix et la qualité de l'étude source en justifiant l'adéquation des voies d'exposition, des durées d'exposition et la forme chimique. Il renseigne également les études les plus pertinentes relatives aux effets critiques retenus et durées d'exposition associées.

Au final, des VGAI sont proposées pour 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).

Concernant les substances pour lesquelles une proposition de VGAI a été formulée antérieurement par l'agence, une veille bibliographique est entreprise par l'Anses. Ainsi, toute publication d'une valeur guide OMS ou d'une nouvelle étude d'intérêt sur les effets sur la santé liés à une exposition à un des polluants déjà étudiés fera l'objet d'une analyse critique afin d'évaluer l'opportunité de réviser la VGAI recommandée, notamment en cas de divergence entre les valeurs.

³ Voir la page internet du site de l'Anses dédié aux valeurs toxicologiques de référence (VTR) : <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-toxicologiques-de-r%C3%A9f%C3%A9rence-vtr>

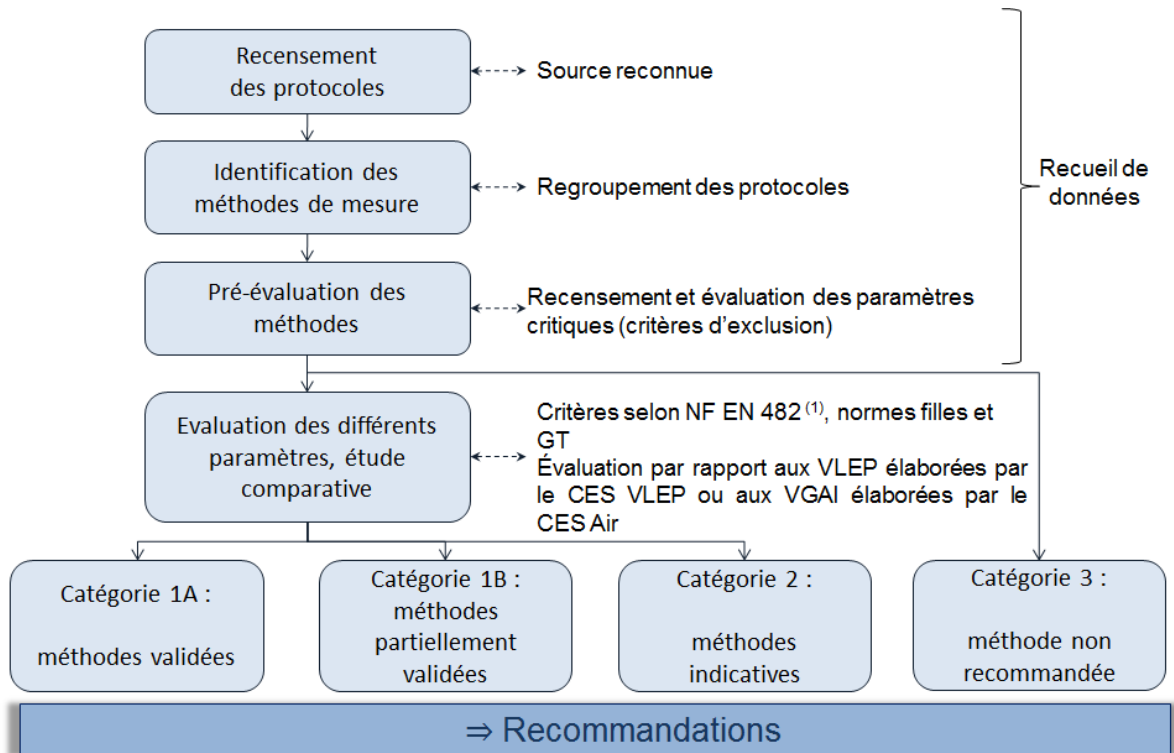
3.2 Accompagnement des valeurs guides de qualité d'air intérieur

1 Recommandations pour les méthodes de mesure et la stratégie d'échantillonnage⁴

Les méthodes de mesure sont évaluées de manière à recommander une ou plusieurs méthodes de référence permettant d'effectuer des mesures de concentration de la substance pouvant être comparées avec les VGAI proposées.

L'objectif est de présenter de manière structurée et systématique les critères permettant d'arriver à une recommandation de méthodes qui soit fondée sur un jugement scientifique.

La démarche d'évaluation des méthodes de mesure repose sur le principe général suivant :



(1) NF EN 482 : Exposition sur les lieux de travail - Exigences générales concernant les performances des procédures de mesure des agents chimiques

Figure 1 : Principe général de la démarche d'évaluation des méthodes de mesure

Cette démarche est décrite par la suite en précisant les références du domaine de la métrologie.

Dans le domaine de l'air des lieux de travail, la norme NF EN 482 établit les exigences générales de performance des procédures servant à déterminer la concentration des agents chimiques. Dans le domaine de l'air intérieur, une telle norme n'existe pas. L'évaluation des méthodes de mesure pour la comparaison des niveaux de concentration avec les VGAI est réalisée depuis 2011 sur la base des exigences de la norme NF EN 482. De ce fait, les exigences de cette norme principale pour l'évaluation des méthodes de mesure en lien avec les VLEP et les VGAI ont été retenues.

En vue d'évaluer les méthodes de mesures pour la comparaison des niveaux de concentration avec les VGAI, compte tenu des périodes de référence des VGAI élaborées par l'Anses, le GT

⁴ Seules sont reprises ici les recommandations relatives aux VGAI, sachant que le GT « métrologie » a également élaboré des recommandations en lien avec les VLEP.

« Métrologie » a construit un cadre pour l'évaluation des méthodes de mesure reposant sur le choix d'une durée de prélèvement arbitraire et cohérente avec le type de VGAI, à savoir 7 jours⁵ pour les VGAI long terme et la durée de référence de la VGAI court terme pour cette dernière.

Les méthodes de mesures sont classées en quatre catégories en fonction de leur niveau de validation :

- Catégorie 1A : méthodes validées
- Catégorie 1B : méthodes partiellement validées
- Catégorie 2 : méthodes indicatives (des critères essentiels de validation ne sont pas suffisamment explicités).
- Catégorie 3 : méthodes non recommandées. Cette catégorie englobe les méthodes inadaptées pour lesquelles des critères essentiels de validation ne sont pas remplis ou les méthodes non évaluables pour lesquels des critères essentiels de validation ne sont pas documentés.

La démarche d'évaluation des méthodes de mesures consiste à :

- Recenser les différents protocoles correspondant à des modes opératoires pour la mesure du polluant dans l'air publiés par des organismes reconnus ;
- Identifier les différentes méthodes de mesure disponibles en regroupant les protocoles mettant en œuvre les mêmes méthodes de mesure ;
- Pré-évaluer les méthodes de mesure en recherchant les critères d'exclusion qui conduisent automatiquement à un classement en catégorie 3 de façon à éviter une analyse plus approfondie alors inutile ;
- Pour les méthodes de mesure non pré-classées en catégorie 3 :
 - Répertorier différents paramètres visant à évaluer la technique de prélèvement, la technique d'analyse et les performances de la méthode ;
 - Evaluer chaque méthode non pré-classée au regard de la conformité aux exigences de performances indiquées notamment dans la norme NF EN 482 et des critères de décision ;
 - Classer chaque méthode de mesure en trois catégories en fonction de l'évaluation précédente :
 - Catégorie 1A : méthodes validées,
 - Catégorie 1B : méthodes partiellement validées,
 - Catégorie 2 : méthodes indicatives (des critères essentiels de validation ne sont pas suffisamment explicités).
- Recommander la ou les méthodes les plus appropriées pour la mesure des concentrations à des fins de comparaison des valeurs mesurées aux VGAI.

Une étude comparative et détaillée des méthodes de mesure est réalisée au regard des différentes données de validation et de la faisabilité technique, de manière à recommander la ou les méthodes les plus appropriées pour la mesure des concentrations à des fins de comparaison des

⁵ Cette durée de prélèvement de 7 jours a été retenue afin d'évaluer les méthodes de mesure pour la comparaison à des VGAI long terme sur la base d'un cadre constant. Elle ne se substitue pas à la durée de référence de la VGAI long terme ni à la durée de prélèvement à mettre en œuvre sur le terrain.

valeurs mesurées aux différentes valeurs recommandées. Il est à noter que l'évaluation des méthodes de mesure est réalisée au regard de l'ensemble des données disponibles dans les protocoles mettant en œuvre ces méthodes, et que ce sont les méthodes qui sont classées et non pas les protocoles individuellement.

Une ou plusieurs méthodes de mesure peuvent être recommandées. Dans tous les cas, les conditions d'applicabilité de chaque méthode sont précisées. Les méthodes de mesure classées en catégories 1A et 1B sont celles qui sont recommandées de façon préférentielle aux gestionnaires. Les méthodes de catégorie 2, nécessitant une validation complémentaire pour juger de leur applicabilité, sont indicatives.

En revanche, les méthodes de catégorie 3 ne sont donc pas recommandées soit du fait d'un manque de données permettant de juger de leur applicabilité soit du fait de performances non satisfaisantes pour la comparaison des valeurs mesurées aux VGAI.

Lorsqu'il s'avère qu'aucune méthode de mesure n'est suffisamment validée, l'usage ou le développement d'une méthode de mesure peuvent être recommandés en soulignant les limites de celle-ci et en précisant notamment les paramètres nécessitant une validation complémentaire.

Lorsqu'une méthode de mesure comporte un danger ou une contrainte particulière, que ce soit pendant la phase de prélèvement ou la phase d'analyse, ceux-ci sont soulignés dans le rapport d'évaluation de la méthode de mesure et des recommandations peuvent être émises pour la mise en œuvre de cette méthode ou pour des améliorations éventuelles à apporter à ses performances.

Dans le cas où aucune méthode de mesure n'est décrite pour la substance étudiée, les recommandations basées sur des informations extraites de la littérature peuvent être émises.

Enfin, des orientations concernant la stratégie d'échantillonnage sont proposées pour chaque polluant étudié afin de renseigner pour chaque VGAI le pas de temps de prélèvement, la (ou les) période(s) et fréquence de prélèvement et la notion de représentativité spatio-temporelle de la mesure.

2 Mise en perspective des VGAI construites et premiers éléments pouvant permettre la quantification de l'impact sanitaire

Les VGAI proposées, ainsi que les relations doses-effets relevées dans la littérature, doivent être comparées aux concentrations mesurées, notamment à l'échelle nationale (exemple des données de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) disponibles pour le parc de logements français). En considérant toutes les limites et les incertitudes liées à cet exercice, l'objectif est d'identifier tous les effets attendus au niveau de la population française, et ainsi d'orienter les actions éventuelles de gestion des risques.

Les résultats de l'expertise pourront attirer l'attention du gestionnaire de risque sur l'identification éventuelle de situations à risque telles que l'exposition de populations sensibles à un polluant étudié, des environnements intérieurs accueillant des populations spécifiques (écoles, maisons de retraite, hôpitaux...) ou des sources bien identifiées (par exemple : magasin de nettoyage à sec et logements à proximité).

Par ailleurs, le cas échéant l'expertise discutera la part attribuable associée à l'exposition dans les environnements intérieurs par rapport à l'exposition globale. Ces données permettront éventuellement de souligner l'existence d'autres contributeurs à l'exposition de la population générale (pollution extérieure, ...).

Enfin, si les données disponibles pour la substance étudiée le permettent, les travaux d'expertise proposeront des éléments semi-quantitatifs ou quantitatifs du gain sanitaire que pourrait permettre le respect des VGAI élaborées.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'agence endosse les conclusions et recommandations ci-dessus du CES en charge de l'évaluation des risques liés aux milieux aériens de l'agence.

L'agence rappelle qu'une VGAI vise avant tout à définir et proposer un cadre de référence destiné à protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à des polluants de l'air intérieur par inhalation. Les populations dites sensibles sont prises en compte dans l'élaboration des VGAI.

La démarche mise en œuvre prend en compte l'évaluation des méthodes de mesure disponibles pour la comparaison des niveaux dans l'air intérieur avec les VGAI. Cette évaluation permet d'orienter sur les méthodes de mesure pouvant être mises en œuvre sur le terrain.

Les valeurs guides dont l'élaboration résulte de l'application d'une démarche systématique et transparente (cf. en Annexe 2) constituent le préalable indispensable à l'élaboration de recommandations de gestion des risques visant *in fine* à éliminer, ou à réduire à un niveau acceptable du point de vue sanitaire, les contaminants ayant ou suspecté d'avoir un effet néfaste sur la santé humaine et le bien-être.

Pour mémoire, depuis 2007, l'Anses a ainsi élaboré des VGAI pour les substances suivantes : formaldéhyde (2007), monoxyde de carbone (2007), benzène (2008), naphtalène (2009), trichloroéthylène (2009), tétrachloroéthylène (2010), particules (2010), acide cyanhydrique (2011), dioxyde d'azote (2013), acroléine (2013), acétaldéhyde (2014). Ces travaux s'inscrivent dans un continuum de productions d'expertises plus largement destinées à documenter les expositions et caractériser les risques physico-chimiques et biologiques dans les environnements intérieurs auxquels la population générale peut être exposée. D'autres travaux d'expertise sur les VGAI sont en cours concernant le toluène et la révision des VGAI du formaldéhyde. Du fait de nouvelles données, en particulier sur les effets sur la santé liés à une exposition au formaldéhyde, les VGAI proposées en 2007 sont en cours de révision.

Roger GENET

MOTS-CLES

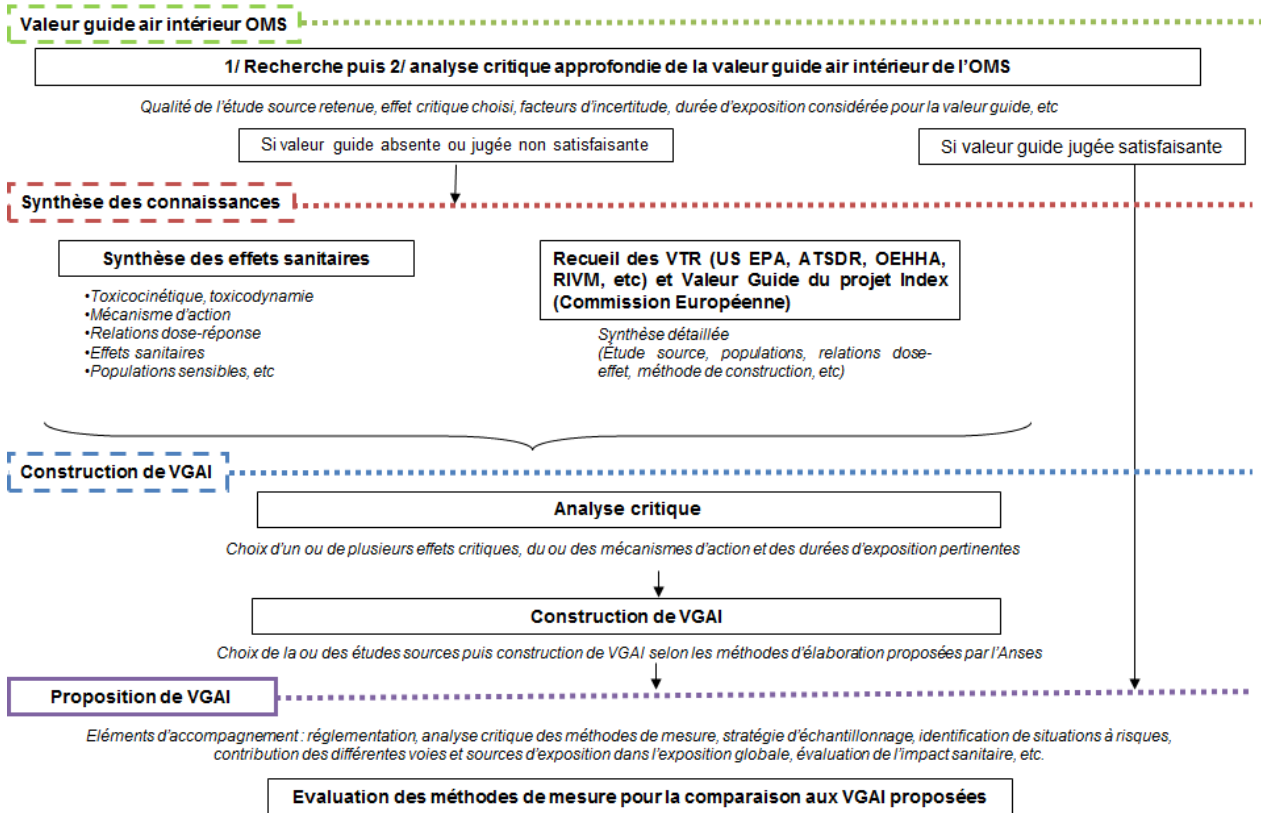
Valeur guide, air intérieur, méthodologie, substances

Guideline value, indoor air, methodological guidelines, substances

ANNEXE 1 : SUIVI DES ACTUALISATIONS DE L'AVIS

Date	Version	Description de la modification
26/04/2011	01	Première version signée de l'avis de l'Anses
Octobre 2016	02	Présentation de la nouvelle organisation de l'expertise mise en place Présentation de l'actualisation de la démarche d'évaluation des méthodes de mesures dans l'air intérieur

ANNEXE 2 : DEMARCHE D'ELABORATION DE VGAI



Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur

Méthode d'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur

Saisine « 2010-SA-0307 »
Seconde édition

RAPPORT¹ d'expertise collective

Comité d'experts spécialisé « Evaluation des risques liés aux milieux aériens »

Comité d'experts spécialisé « Caractérisation des dangers des substances et valeurs toxicologiques de référence »

Groupe de travail « Valeurs guides de qualité d'air intérieur II (VGAII) »

Groupe de travail « Métrologie »

Mise à jour 2015

¹ Annule et remplace le rapport d'expertise d'avril 2011. Voir annexe 1

Mots clés

Valeur guide, air intérieur, méthodologie, substances

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts externes, membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GRUPE DE TRAVAIL VGAI II (2009-2013)

Président

Mme Corinne MANDIN – coordinatrice de programmes Air intérieur CSTB – évaluation des risques sanitaires - expologie

Membres

M. Michel AUBIER – professeur des universités - praticien hospitalier Inserm et APHP – médecine - pneumologie - qualité de l'air (démission le 18 novembre 2010)

M. Hafid BELHADJ-TAHAR – praticien hospitalier CAP-TV Toulouse – toxicologie - qualité de l'air

Mme Myriam BLANCHARD – chargée de projet PSAS – InVS – épidémiologie - chimie et biologie de l'atmosphère

Mme Nathalie BONVALLOT – enseignant-chercheur EHESP – pharmacie - toxicologie - construction des VTR (intégration le 14 septembre 2010)

M. Pierre-André CABANES – adjoint au directeur du SEM EDF – médecine - évaluation des risques sanitaires

M. Denis CAILLAUD – chef de service CHU Clermont-Ferrand – pneumo-allergologie -épidémiologie - biocontaminants

Mme Brigitte ENRIQUEZ – enseignant-chercheur ENVA – vétérinaire -toxicologie expérimentale

Mme Ghislaine GOUPIL – responsable de la section air et mesures LCPP – métrologie - qualité de l'air

Mme Frédérique GRIMALDI – chef de département Faculté de pharmacie de Marseille – pharmacie – toxicologie - qualité de l'air intérieur

Mme Gaëlle GUILLOSSOU – évaluation des risques santé environnement SEM EDF – évaluation des risques sanitaires - études d'impacts sanitaires

Mme Juliette LARBRE – ingénieur de recherche Ineris – pharmacie – qualité de l'air intérieur

Mme Nathalie LECLERC – responsable projet air intérieur ASPA – métrologie - qualité de l'air intérieur

Mme Caroline MARCHAND – ingénieur à l'Ineris – métrologie - qualité de l'air intérieur (intégration le 14 septembre 2010)

M. Maurice MILLET – professeur des universités à l'Université de Strasbourg – chimie analytique -chimie atmosphérique

M. Luc MOSQUERON – chef de projet évaluation sanitaire Veolia Environnement Recherche et Innovation – pharmacie - toxicologie - évaluation des risques sanitaires

Mme Corinne SCHADKOWSKI – directrice de l'APPA Nord-Pas-de-Calais – physico-chimie de l'atmosphère - chimie analytique - épidémiologie

M. Ludovic TUDURI – enseignant chercheur à l'Université de Bordeaux – chimie analytique -systèmes de prélèvement

GROUPE DE TRAVAIL METROLOGIE (2014-2017)

Président

M. Raymond VINCENT – Chargé de mission à la Direction Déléguée aux Applications de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) – Compétences : chimiste, métrologie des polluants - santé travail

Vice-Présidente

Mme Caroline MARCHAND – Ingénieur à l'institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) – Compétences : métrologie - qualité de l'air intérieur - santé environnement

Membres

Mme Ghislaine GOUPIL – Chef de département Pôle Environnement au Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCPP) – Compétences : métrologie - qualité de l'air

M. Roger GROSJEAN – Retraité (anciennement Chimiste – Chef de laboratoire du Service Public Fédéral SPF Emploi, Travail et Concertation Sociale (Belgique)) – Compétences : métrologie des polluants dans l'air, hygiène industrielle, chimie

M. Horacio HERRERA - Chef de département à l'Institut universitaire romand de santé au travail (IST) – Spécialités : santé travail (hygiéniste), surveillance des ambiances de travail (métrologie, chimie analytique)

M. Jérôme NICOLLE - Chef de projet à l'Université de la Rochelle – Compétences : Chimie analytique - métrologie - air intérieur - santé environnement

Mme Nathalie LECLERC – Responsable des projets « air intérieur » à l'Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace (ASPA) – Compétences : métrologie - qualité de l'air intérieur - santé environnement

Mme Nadine LOCOGE – Professeur à l'Ecole des Mines de Douai – Compétences : Chimie - métrologie des COV - air intérieur - santé environnement

Mme Virginie MATERA – Responsable d'études au laboratoire de chimie analytique inorganique de l'INRS – Compétences : mise au point de méthode de mesure, chimie inorganique - santé travail

M. Benoît OURY – Responsable d'études au laboratoire de chimie analytique organique de l'INRS – Compétences : mise au point de méthode de mesure, chimie organique - santé travail

M. Olivier RAMALHO – Chef de projet multi-expositions au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) et responsable de la métrologie à l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) – Compétences : qualité de l'air intérieur, métrologie, odeurs, chimie analytique - santé environnement

Mme Caroline RIO – Responsable du Laboratoire Interrégional de Chimie (LIC) – Compétences : Chimie physique - aérosol organique - métrologie - air intérieur - Santé environnement

M. Michel SLOIM – Ingénieur chimiste au LCPP – Compétences : métrologie, chimie analytique - santé travail

COMITÉS D'EXPERTS SPÉCIALISÉS

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par les CES suivants :

- **Evaluation des risques liés aux milieux aériens (mandat 2010-2013)** – les 8 juin et 9 décembre 2010 et 4 février 2011.

Président

M. Christophe PARIS – Professeur des universités, praticien hospitalier (Université de Lorraine – Centre hospitalier universitaire de Nancy – Institut national de la santé et de la recherche médicale). Spécialités : épidémiologie des risques professionnels, pathologies professionnelles.

Vice-présidente

Mme Séverine KIRCHNER – Responsable du pôle Expologie des environnements intérieurs (Centre scientifique et technique du bâtiment), coordinatrice de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur – Spécialités : chimie et pollution de l'atmosphère, air intérieur, expologie.

Membres

Mme Armelle BAEZA – Maître de conférence, Habilitation à diriger des recherches Toxicologie (Université Paris Diderot) – Spécialités : toxicologie.

M. Olivier BLANCHARD – Enseignant chercheur (Ecole des hautes études en santé publique) – Spécialités : évaluation des risques sanitaires, pollution atmosphérique, qualité de l'air intérieur.

Mme Céline BOUDET-DEVIDAL – Docteur en sciences (Institut national de l'environnement industriel et des risques) – Spécialités : évaluation des risques sanitaires, pollution atmosphérique, agents polluants, toxicologie.

M. Patrick BROCHARD – Professeur des universités, praticien hospitalier (Université Bordeaux II – Centre hospitalier universitaire de Bordeaux) – Spécialités : médecine du travail, évaluation des risques sanitaires, agents polluants.

Mme Christine BUGAJNY – Responsable du groupe Air (Centre d'études techniques de l'équipement de Nord-Picardie) – Spécialités : pollution atmosphérique et transports, métrologie, évaluation des risques sanitaires.

M. Denis CHARPIN – Professeur des universités, praticien hospitalier (Université de la Méditerranée) – Spécialités : médecine, agents polluants et allergènes, épidémiologie des risques liés à l'environnement.

M. Christophe DECLERCQ – Coordonnateur du Programme de surveillance air et santé (Institut de veille sanitaire) – Spécialités : médecine (santé publique et travail), épidémiologie, statistique, évaluation des risques.

M. Guillaume GARÇON – Maître de conférences, Habilitation à diriger des recherches (Université du Littoral-Côte d'Opale) – Spécialité : toxicologie.

M. Michel GIROUX – Docteur en pharmacie (Institut national de la santé et de la recherche médicale) – Spécialités : toxicologie, épidémiologie, santé publique, environnement et travail.

M. Philippe GLORENNEC – Enseignant chercheur (Ecole des hautes études en santé publique – Institut de recherche sur la santé, l'environnement et le travail – Institut national de la santé et de la recherche médicale) – Spécialités : expologie, évaluation des risques sanitaires.

M. Horacio HERRERA – Chef de département (Institut universitaire romand de santé au travail) – Spécialités : santé travail (hygiéniste), surveillance des ambiances de travail (métrologie, chimie analytique).

M. Eddy LANGLOIS – Ingénieur, responsable de laboratoire (Institut national de recherche et de sécurité) – Spécialités : métrologie des polluants, air des lieux de travail (santé travail), surveillance et méthode d'analyse.

M. Loïc PAILLAT – Ingénieur, responsable technique (Laboratoire central de la préfecture de police) – Spécialités : pollution de l'air intérieur, de l'air ambiant et de l'air des lieux de travail, métrologie des polluants.

M. Christian SEIGNEUR – Directeur du Centre d'enseignement et de recherche en environnement atmosphérique (Ecole nationale des ponts et chaussées) – Spécialités : modélisation environnementale, chimie atmosphérique, évaluation et caractérisation des expositions.

M. Fabien SQUINAZI – Médecin biologiste, directeur (Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris) – Spécialités : air intérieur, microbiologie, pathologies professionnelles induites par la qualité de l'air.

- **Evaluation des risques liés aux milieux aériens (mandat 2014-2017)** – le 28 février 2014 et le 11 juin 2015.

Président

M. Christophe PARIS – Professeur des universités, praticien hospitalier (Université de Lorraine EA7298 INGRES, – Centre hospitalier universitaire CHU Nancy). Spécialités : épidémiologie des risques professionnels, pathologies professionnelles

Vice-présidente

Mme Séverine KIRCHNER – Directrice adjointe de la Direction santé confort (CSTB), coordinatrice de l'OQAI – Spécialités : chimie et pollution de l'atmosphère, air intérieur, expologie

Membres

M. Gille AYMOZ – Chef de service qualité de l'air (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie - ADEME) - Spécialités : physico-chimie de l'atmosphère, rejets atmosphériques.

Mme Armelle BAEZA – Professeur des universités (Université Paris Diderot) – Spécialité : toxicologie.

M. Claude BEAUBESTRE – Chef de département (Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris - LHVP) - Spécialités : pollution de l'air intérieur, microbiologie.

M. Olivier BLANCHARD – Enseignant chercheur (Ecole des hautes études en santé publique - EHESP) – Spécialités : évaluation des risques sanitaires, pollution atmosphérique, qualité de l'air intérieur.

Mme Nathalie BONVALLOT – Enseignant chercheur (EHESP) – Spécialités : toxicologie, évaluation des risques sanitaires.

M. Patrick BROCHARD – Professeur des universités, praticien hospitalier (Université Bordeaux II – Centre hospitalier universitaire CHU Bordeaux) – Spécialités : médecine du travail, évaluation des risques sanitaires, agents polluants.

M. Denis CHARPIN – Professeur des universités, praticien hospitalier (Aix Marseille Université) – Spécialités : médecine, agents polluants et allergènes, épidémiologie des risques liés à l'environnement.

M. Jean-Dominique DEWITTE - Professeur des universités, praticien hospitalier (Université de Brest) – Spécialités : Santé travail, pneumologie.

Mme Emilie FREALLE – Praticien hospitalier (Centre hospitalier régional universitaire CHRU Lille) – Spécialités : Ecologie microbienne de l'air, microbiologie analytique, évaluation et prévention du risque microbiologique, surveillance de l'environnement intérieur.

M. Philippe GLORENNEC – Enseignant chercheur (EHESP – Institut de recherche sur la santé, l'environnement et le travail, UMR Inserm 1085) – Spécialités : expologie, évaluation des risques sanitaires.

Mme Muriel ISMERT – Responsable unité impact sanitaire et exposition (Ineris) – Spécialités : écotoxicologie, évaluation des risques sanitaires, qualité de l'air intérieur – démission le 26 novembre 2014

M. Eddy LANGLOIS – Ingénieur, responsable de laboratoire (INRS) – Spécialités : métrologie des polluants, air des lieux de travail (santé travail), surveillance et méthodes d'analyse.

Mme Danièle LUCE – Directrice de recherche (Institut national de la santé et de la recherche médicale - Inserm) – Spécialités : Epidémiologie, santé travail.

Mme Christelle MONTEIL – Enseignant-chercheur (Université de Rouen) – Spécialités : toxicologie.

Mme Anne OPPLIGER – Chef de projets (IST) – Spécialités : Santé travail, bioaérosols.

M. Loïc PAILLAT – Ingénieur, responsable technique (LCP) – Spécialités : métrologie des polluants, air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail.

Mme Mathilde PASCAL – Chargée de projets (InVS) – Spécialités : épidémiologie, santé environnement, air et climat.

M. Emmanuel RIVIERE – Directeur adjoint (ASPA) – Spécialités : Méthode d'analyse et de surveillance, modélisation des émissions, évaluation de l'exposition.

Mme Sandrine ROUSSEL – Ingénieur hospitalier (Centre hospitalier régional universitaire CHRU Besançon) – Spécialités : microbiologie, pathologies respiratoires et allergiques, microorganisme de l'environnement.

M. Rémy SLAMA – Directeur de recherche (Inserm) – Epidémiologie environnementale, reproduction et fertilité, santé des enfants, milieux aériens et environnement, perturbateurs endocriniens

■ **CES « Caractérisation des dangers des substances et valeurs toxicologiques de référence » (mandat 2014-2017) – le 10 avril 2014**

Président

M. Michel GUERBET – Professeur de toxicologie à l'UFR médecine pharmacie de Rouen - Pharmacien toxicologue

Vice-président

M. Dominique LAFON – Médecin toxicologue chez Nexter Group – Médecine du travail, toxicologie, reprotoxicité

Membres

M. Marc BARIL - Professeur associé à l'Université de Montréal – Chimiste toxicologue, VLEP

M. Sylvain BILLET – Enseignant chercheur / maître de conférence en toxicologie à l'Université du Littoral Côte d'Opale – Toxicologie respiratoire, nanomatériaux

Mme Michèle BISSON – Responsable d'étude à l'INERIS – Pharmacien toxicologue, toxicologie générale - VTR

Mme Anne CHEVALIER – Epidémiologiste retraitée de l'Institut de Veille Sanitaire

M. François CLINARD – Epidémiologiste à l'Institut de Veille Sanitaire – Pharmacien toxicologue, épidémiologie, évaluation des risques sanitaires

Mme Fatiha EL-GHISSASSI – Scientifique, Section des Monographies de IARC (IMO) Centre International de Recherche sur le Cancer - Docteur es science en biochimie spécialiste en cancérogénèse et génotoxicité

Mme Mounia EL-YAMANI – Responsable d'unité à l'Institut de Veille sanitaire – Docteur es science en biochimie, toxicologie, VLEP

M. Claude EMOND – Professeur adjoint de clinique à l'Université de Montréal – Toxicologie, modèle PBPK, toxicocinétique, nanotoxicologie, perturbateurs endocriniens

M. Guillaume GARCON – Professeur de toxicologie à l'Université de Lille 2 – Toxicologie générale, cancérologie, modèles expérimentaux, toxicologie respiratoire, pollution atmosphérique

M. Ludovic LE HEGARAT – Chef d'unité adjoint Toxicologie des contaminants - Anses – Laboratoire de Fougères- Toxicologie, génotoxicité, nanomatériaux

M. Karim MAGHNI – Professeur sous octroi agrégé à l'Université de Montréal – Toxicologie, immunologie, asthme, allergies, nanomatériaux

Mme Véronique MALARD – Ingénieur chercheur en toxicologie au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Centre de Marcoule. – Toxicologie « *in vitro* », biologie cellulaire, nanotoxicologie, protéomique.

M. Fabrice MICHIELS – Médecin du travail / toxicologue à l'Association Interentreprises pour la Santé au Travail 19

M. Jean-Paul PAYAN – Chef du laboratoire Pénétration Cutanée, Cinétique et Métabolisme à l'INRS, Nancy – Pharmacien toxicologue, toxicocinétique

M. Henri SCHROEDER – Enseignant chercheur à l'URAFPA, INRA USC 340, Faculté des Sciences et Technologies, Université de Lorraine - Pharmacien biologiste - Neurotoxicité, comportement animal, développement cérébral, exposition périnatale

M. Alain SIMONNARD – Chef de département à l'INRS, Nancy - Pharmacien toxicologue, toxicologie générale et reprotoxicité, anatomopathologie

M. Olivier SORG – Chef de groupe de recherche à l'Université de Genève – Docteur es science en biochimie, toxicologie expérimentale, dermatotoxicologie

Mme Lydie SPARFEL – Professeur à l'Université de Rennes 1 / IRSET 'Institut de Recherche en Santé, Environnement et Travail' UMR INSERM 1085– Pharmacien Toxicologue, immunotoxicologie, toxicogénomique, cancérologie, biologie cellulaire et moléculaire

M. Jérôme THIREAU – Chargé de recherche au CNRS – Docteur es science, physiologie animale, biologie cellulaire, cardiotoxicité

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

M. Guillaume BOULANGER – Direction de l'évaluation des risques

Mme Marion KEIRSBULCK – Direction de l'évaluation des risques

Contribution scientifique

M. Guillaume BOULANGER – Direction de l'évaluation des risques

Mme Marion KEIRSBULCK – Direction de l'évaluation des risques

Mme Amandine PAILLAT – Direction de l'évaluation des risques

Mme Valérie PERNELET-JOLY – Direction de l'évaluation des risques

M. Christophe ROUSSELLE – Direction de l'évaluation des risques

Secrétariat administratif

Mme Sophia SADDOKI – Direction de l'évaluation des risques

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Sigles et abréviations	12
Liste des tableaux.....	14
Liste des figures	14
1 Préambule.....	15
2 Définition, utilité et finalités des valeurs guides de qualité d'air intérieur	17
2.1 Définition des Valeurs Guides de Qualité d'Air Intérieur.....	17
2.2 Distinction avec d'autres valeurs de référence.....	18
2.2.1 Valeurs limites d'exposition professionnelle	18
2.2.2 Valeurs toxicologiques de référence.....	19
2.2.3 Valeurs réglementaires ou valeurs guides de qualité de l'air ambiant	19
2.2.4 Valeurs de gestion françaises pour la qualité de l'air intérieur	19
2.2.5 Valeurs guides de qualité d'air intérieur dans les autres pays	19
2.3 Finalités des VGAI.....	21
3 Elaboration des Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur.....	23
3.1 Méthode générale appliquée pour l'élaboration des VGAI françaises	23
3.1.1 Synthèse et organisation des connaissances.....	23
3.1.1.1 Informations générale.....	23
3.1.1.2 Effets sanitaires.....	24
3.1.1.3 Recueil des valeurs guides et valeurs toxicologiques de référence	25
3.1.2 Sélection de l'étude critique	26
3.1.3 Construction d'une VGAI	26
3.2 Eléments d'accompagnement de la VGAI	27
3.2.1 Préconisations sur la stratégie d'échantillonnage	27
3.2.2 Mise en perspective des VGAI construites et premiers éléments pouvant permettre la quantification de l'impact sanitaire	28
3.3 Mise à jour des VGAI proposées.....	29
4 Méthode d'évaluation des méthodes de mesure dans l'air intérieur dans le cadre de l'élaboration des valeurs guides de qualité d'air intérieur.....	31
4.1 Rappel du contexte dans lequel se fait l'évaluation des méthodes de mesure	31
4.1.1 Objet.....	32
4.1.2 Moyens mis en œuvre et organisation.....	32
4.2 Objectifs et principe général	32
4.2.1 Terminologie générale	32
4.2.2 Définitions	33
4.2.2.1 Valeurs de référence	33
4.2.2.2 Métrologie.....	34

4.2.3	Objectif	34
4.2.4	Principe général	34
4.3	Exigences de performance pour l'évaluation de chaque méthode.....	36
4.3.1	Origine de la méthode.....	37
4.3.2	Description de la méthode	37
4.3.3	Conditions d'échantillonnage.....	37
4.3.4	Transport et conservation	38
4.3.5	Conditions d'analyse.....	38
4.3.6	Données de validation	38
4.4	Critères de décision.....	40
4.4.1	Grilles de critère de décision.....	40
4.4.2	Exceptions	43
4.4.2.1	Suivi des valeurs de référence court terme	43
4.4.2.1.1	<i>Suivi des VLCT-15min.....</i>	<i>43</i>
4.4.2.1.2	<i>Suivi des VGAI court terme</i>	<i>43</i>
4.4.2.2	Suivi des valeurs plafond	43
4.5	Eléments complémentaires.....	44
4.6	Démarche d'évaluation des méthodes	44
4.6.1	Recensement des protocoles	44
4.6.1.1	Pour la comparaison à des VLEP.....	45
4.6.1.2	Pour la comparaison à des VGAI	45
4.6.2	Identification des différentes méthodes disponibles	46
4.6.3	Recherche des critères d'exclusion	46
4.6.4	Recueil des données nécessaires à l'évaluation	47
4.6.5	Classement des méthodes	49
4.6.6	Elaboration des recommandations	49
5	Conclusions	50
6	Bibliographie.....	52
ANNEXES	57	
Annexe 1 : Suivi des actualisations du rapport.....	58	
Annexe 2 : Méthode de hiérarchisation.....	59	
Annexe 3 : Synthèse des exigences générales de l'EN 45544 (parties 1 et 2).....	67	

Sigles et abréviations

2,4 DNPH : 2,4 dinitrophénylhydrazine

AFNOR : Association française de normalisation

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire

APPA : Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique

ASPA : Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution atmosphérique en Alsace

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry

BGIA : Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz

BMD : Benchmark dose

CAP-TV : Centre Anti-Poison et Toxicovigilance

CEN : Comité européen de normalisation

CES : Comité d'experts spécialisé

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

CLHP : chromatographie liquide à haute performance (=HPLC en anglais High performance liquid chromatography)

CLI : Concentration Limite d'Intérêt

CMR : Cancérogène, mutagène et/ou toxique pour la reproduction

CO : Monoxyde de carbone

COCT : Conseil d'Orientation sur les Conditions de Travail

COFRAC : Comité français d'accréditation

COMEAP : Committee on the Medical Effects of Air Pollutants

COV : Composé organique volatil

COSV : composé organique semi-volatil

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

DALY : Disability adjusted life years

DEHP : Phtalate de di(2-éthylhexyle)

DER : Direction de l'Evaluation des Risques

DG SANCO : Direction de la Santé et de la Consommation de la Commission Européenne

EBD : Environmental burden of disease

EDF : Electricité de France

EHESP : Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique

ENVA : Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

ERI : Excès de risque individuel

ERU : Excès de risque unitaire

EPA : Environmental protection agency

GT : Groupe de travail

HCSP : Haut conseil de santé publique

HQE : Haute Qualité Environnementale

HSE: Health and Safety Executive

IEH : Institut for Environment and Health, UK (en français : institut pour l'environnement et la santé, Royaume-Uni)

IFA: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

INDEX : Critical Appraisal of the Setting and Implementation on Indoor Exposure Limits in European Union

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

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

INSHT : Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

IRIS : Integrated Risk Information System

ISO : International Standard Organisation

InVS : Institut de Veille Sanitaire

JRC : Joint Research Center

LCPP : Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris

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

LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level (en français : dose la plus faible pour laquelle est observé un effet indésirable)

LQ : limite de quantification

MAK : Maximale Arbeitsplatzkonzentration

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health

NO₂ : Dioxyde d'azote

NOAEL : No Observed Adverse Effect Level (en français: Dose Maximale Sans Effet Néfaste Observé)

OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OQAI : Observatoire de la qualité de l'air intérieur

OSHA: Occupational Safety and Health Administration

PB/PK : Pharmacocinétique/Pharmacodynamique

PM_{10/2,5} : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10/2,5 µm

PNSE : Plan National Santé Environnement

PSAS : Programme de Surveillance Air et Santé

PST : plan santé au travail

RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Institut National de Santé Publique et Environnement (Pays-Bas))

RR : Risque relatif

SEM : Service des Etudes Médicales

SBS : Sick building syndrom (en français : syndrome du bâtiment malsain)

TP : Type de Produit

VLEP : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle

VG : Valeur Guide

VGAI Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur

VGPI : Valeurs Guides dans les Poussières Intérieures

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

UBA : Umweltbundesamt (en français : agence fédérale pour l'environnement, Allemagne)

US EPA : US Environmental Protection Agency (Agence américaine de l'environnement)

Liste des tableaux

Tableau 1 : grille de décision pour le classement des méthodes – paramètres relatifs au prélèvement	41
Tableau 2 : grille de décision pour le classement des méthodes – paramètres relatifs à l'analyse	42
Tableau 3 : Exigences pour les différents types de méthodes à recenser pour le suivi des valeurs plafonds	44
Tableau 4 : Paramètre descriptifs	48
Tableau 5: Données de validation	48
Tableau 4 : Exigences générales portant sur la construction mécanique, les indications données par le dispositif, les signaux de défaut, les réglages, les batteries, le marquage et les gaz à détecter (Norme NF EN 45544 parties 1 et 2)	67
• Tableau 5 : Exigences générales portant sur le manuel d'instruction (Norme NF EN 45544 parties 1 et 2)	68
• Tableau 6 : Exigences générales portant sur les conditions d'essai (Norme NF EN 45544 parties 1 et 2)	69
• Tableau 7 : Exigences générales portant sur la méthode d'essai (Norme NF EN 45544 parties 1 et 2)	70

Liste des figures

Figure 1 : Principe général	36
Figure 2 : Représentation graphique du critère de décision relatif aux limites de quantification et étendue de mesure	42
Figure 3 : Méthodes d'élaboration de VGAI proposée par l'Anses	51

1 Préambule

La qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments constitue une préoccupation de santé publique en France, comme l'est la qualité de l'air extérieur. Chaque individu passe en moyenne, en climat tempéré, 85 % de son temps dans des environnements clos dont une majorité de ce temps dans l'habitat. L'environnement intérieur offre une grande diversité de situations de pollutions par de nombreux agents physiques et contaminants chimiques ou microbiologiques, liées notamment à la nature des matériaux de construction, aux équipements, à l'environnement extérieur immédiat et aux activités des occupants. Or ces pollutions peuvent avoir des conséquences importantes sur l'état de santé des individus, même si elles ne sont pas toutes quantifiables avec précision et s'il est souvent difficile de s'accorder sur la part des déterminants génétiques, sociaux et environnementaux dans l'apparition et le développement des pathologies observées : irritations, maladies allergiques, pathologies dermatologiques d'origine immunitaire, affections broncho-pulmonaires, intoxications aiguës, cancers, syndrome des bâtiments malsains (SBS), etc.

Depuis quelques années, une attention croissante est portée en France sur ce sujet, avec, en particulier, la mise en place par les pouvoirs publics, en 2001, de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) dont la vocation est de dresser un état des lieux des expositions aux polluants de l'air dans les lieux de vie intérieurs et d'en identifier les déterminants, afin d'apporter les informations pour l'évaluation et la gestion des risques sanitaires associés. Les données collectées ont confirmé **la nécessité de disposer, au niveau national, et par polluant, de valeurs de référence** permettant de situer les niveaux de concentrations mesurés dans les environnements clos et d'instaurer des mesures de réduction des émissions proportionnées notamment au risque potentiel encouru. Par ailleurs, le manque de niveaux de référence pour la qualité de l'air intérieur limite le développement de référentiels utiles pour la qualification, en termes sanitaires, des émissions de composés par les produits de construction, de décoration ou de consommation. Ces éléments manquent également pour la conception de protocoles en vue de la spécification de bâtiments à Haute Qualité Environnementale (HQE).

A l'échelle internationale, des valeurs guides de qualité d'air intérieur sont proposées dans certains pays et par des organismes reconnus. Le rapport du projet européen INDEX, financé par la Direction Générale de la Commission Européenne pour la santé et la protection des consommateurs (DG SANCO) et publié en 2005, a dressé une liste de polluants chimiques prioritaires des environnements intérieurs susceptibles d'être réglementés dans le futur et a proposé des valeurs guides de qualité d'air intérieur. Par ailleurs, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) s'est engagée en 2006 à proposer des valeurs guides de qualité de l'air intérieur (OMS, 2006) en distinguant trois groupes : substances chimiques, agents biologiques et polluants émis par la combustion intérieure. Une liste de neuf substances ou familles de substances chimiques a été dressée, dont les valeurs guides ont été publiées fin 2010 (OMS, 2010). Les travaux de l'OMS relatifs à l'humidité et aux moisissures ont été publiés en 2009 (OMS, 2009).

En France, une volonté d'approfondissement des connaissances dans ce domaine a été demandée dans le cadre du premier Plan National Santé Environnement (PNSE, 2004-2008). En effet, l'une des douze actions prioritaires visant à répondre à l'un des trois objectifs majeurs du plan, « garantir un air et une eau de bonne qualité », était de « mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur » (Action 14).

En juillet 2007, le Grenelle de l'environnement a été engagé afin de réunir différents collègues (État, collectivités locales, entreprises, syndicats et organisations non gouvernementales) pour définir une feuille de route en faveur de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables. Plusieurs propositions concernant la qualité de l'air intérieur ont été émises et reprises dans le PNSE II. Cette volonté constitue à présent l'une des priorités des lois 2009-967 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (articles 37 et 40) et 2010-788 portant engagement national pour l'environnement (article 180).

Dans la continuité des précédents PNSE, le plan 2015-2019 (PNSE 3) intègre plusieurs propositions relatives à la qualité de l'air intérieur en reprenant *in extenso* le Plan d'action sur la qualité de l'air intérieur publié en 2013.

Pour faire face à l'enjeu sanitaire que représente la qualité de l'air intérieur et apporter aux pouvoirs publics des éléments utiles à la gestion de ce risque, l'Agence nationale de sécurité sanitaire :

alimentation-environnement-travail (Anses)² s'est autosaisie en 2004 afin d'élaborer des valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) en France, fondées sur des critères sanitaires.

Entre 2004 et 2014, deux groupes de travail spécifiquement dédiés à la thématique « VGAI » ont été successivement mis en place par l'Anses. Les travaux conduits par ces groupes ont été systématiquement revus et validés par le Comité d'Experts Spécialisé (CES) en charge de « l'évaluation des risques liés aux milieux aériens » de l'agence.

Depuis 2014, une nouvelle organisation de l'expertise scientifique relative aux VGAI est mise en place. Les travaux d'expertise sont conduits de façon transversale par trois collectifs de l'agence :

- Le CES « Caractérisation des dangers des substances et valeurs toxicologiques de référence » chargé d'expertiser les données existantes relatives aux dangers des substances en vue de sélectionner ou de construire des VGAI. L'implication de ce collectif permet d'assurer une cohérence sur le profil toxicologique des substances traitées dans le cadre de la construction de VGAI et d'autres valeurs de référence également élaborées par l'agence comme des VTR et des VLEP.
- Un groupe de travail spécifiquement dédié à l'expertise des méthodes de mesure des substances qui font l'objet de propositions de VLEP et de VGAI (GT « métrologie »). Dédié à la métrologie, ce groupe de travail assure la cohérence des travaux d'expertise de l'Anses relatifs aux VGAI et aux VLEP en ce qui concerne l'évaluation des méthodes de mesures disponibles pour la comparaison des niveaux d'exposition sur le lieu de travail et dans l'air intérieur.
- Le CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » chargé de valider la globalité des travaux d'expertise conduits sur les VGAI et issus des deux collectifs précédents.

Ce rapport présente la méthodologie d'élaboration des valeurs guides de qualité d'air intérieur par l'Anses. Il constitue une actualisation et un enrichissement d'une version précédente élaborée en avril 2011. Il se compose des parties suivantes :

- une première partie introduit la notion de valeur guide de qualité d'air intérieur, la définition adoptée dans le cadre des travaux et son application potentielle en santé publique, en France comme à l'étranger ;
- une seconde partie décrit la méthode développée pour l'élaboration des VGAI s'appliquant aux substances dont l'exposition est majoritairement par inhalation ;
- une dernière partie présente la démarche d'évaluation des méthodes de mesure dans l'air intérieur. Cette partie fait également mention et référence à l'air des lieux de travail et aux VLEP, la démarche d'évaluation des méthodes de mesure développée ayant été harmonisée par le groupe de travail « métrologie ».

² L'Anses a été créée le 1^{er} juillet 2010, agence reprenant les missions de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'alimentation (Afssa) et l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset).

2 Définition, utilité et finalités des valeurs guides de qualité d'air intérieur

2.1 Définition des Valeurs Guides de Qualité d'Air Intérieur

En se basant sur la définition de l'OMS³, une VGAI est définie comme une valeur numérique associée à un temps d'exposition correspondant à une concentration dans l'air d'une substance chimique en dessous de laquelle aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé (dans le cas de composés odorants) ne sont en principe attendus pour la population générale. Cette définition est généralement applicable dans le cadre de valeurs guides construites pour protéger d'effets à seuil de dose.

Dans le cas d'effets sans seuil de dose identifié, tels que les effets cancérigènes pour lesquels un mode d'action génotoxique est évoqué, les valeurs guides sont exprimées sous la forme de niveaux de risque correspondant à une probabilité de survenue de la maladie.

Les populations dites sensibles sont intégrées dans les populations pour lesquelles les VGAI sont proposées. Une valeur guide ne garantit néanmoins pas l'exclusion absolue d'effet à des concentrations inférieures à la valeur proposée. Des personnes présentant une sensibilité particulière peuvent être affectées à des niveaux de concentration égaux ou inférieurs aux valeurs guides. Par ailleurs, les valeurs guides étant élaborées pour des substances évaluées individuellement, il ne peut être exclu que des effets puissent également survenir à des niveaux inférieurs aux valeurs guides du fait d'expositions simultanées à plusieurs polluants ou d'une exposition au même polluant par de multiples voies (cutanée et/ou orale).

Les effets de polluants de l'air intérieur sur la santé sont différents selon la durée d'exposition :

- les effets liés à une exposition de courte durée (de quelques heures à quelques jours). Il s'agit dans la plupart des cas de pathologies ou symptômes survenant dans des délais brefs (quelques minutes, jours ou semaines) après l'exposition ; par exemple des symptômes d'irritation des muqueuses ou du tractus respiratoire, des nausées, des céphalées, des lésions cutanées, etc. ;
- les effets liés à une exposition intermédiaire. Ce sont des symptômes apparaissant après une exposition sur une période, de quelques semaines à moins d'un an ;
- les effets liés à une exposition de longue durée (plus d'un an). Il peut s'agir de pathologies respiratoires, neurologiques, etc., voire de certains cancers.

Il est généralement observé une certaine hétérogénéité des typologies de pollution (niveaux, composition) parmi les différents milieux intérieurs de vie fréquentés au quotidien par les français (par exemple logement, restaurant, piscine, magasin, transport). Afin de prendre ce critère en considération et permettre le développement d'objectifs de qualité de l'air adaptés à l'exposition de la population générale, il est proposé, lorsque cela est pertinent, des VGAI établies sur des pas de temps courts permettant de considérer indépendamment la qualité de l'air de chaque milieu clos ou semi-clos traversé, et des VGAI établies sur des pas de temps plus longs, représentatives d'une continuité de l'exposition dans ces différents environnements intérieurs.

En fonction des durées d'exposition considérées et en s'inspirant de définitions généralement admises sur ce sujet, la construction des VGAI est proposée selon la terminologie suivante :

- **VGAI court terme** si l'effet critique apparaît après une courte durée d'exposition (15 min à quelques jours), généralement unique et à un niveau de concentration élevé. Ce type de valeur permet la protection de la population générale d'effets immédiats.

³ "A guideline value is a particular form of guideline. It has a numerical value expressed either as a concentration in ambient air (...), which is linked to an averaging time. In the case of human health, the guideline value provides a concentration below which no adverse effects or (in the case of odorous compounds), no nuisance or indirect health significance are expected, although it does not guarantee the absolute exclusion of effects at concentrations below the given value" (OMS, 2000).

- **VGAI long terme** si l'effet critique apparaît suite à une exposition continue à long terme ou s'il est observé suite à une accumulation de la substance dans l'organisme. Ce type de valeur permet la protection de la population générale exposée en continu (plus d'une année) dans les environnements intérieurs en tenant compte des variations des concentrations d'exposition.
- **VGAI intermédiaire** : proposé par certains organismes, ce type de valeur permet la protection de la population dans le cadre d'une situation particulière d'exposition à une substance pendant une durée supérieure à quelques jours mais inférieure à un an.

En fonction du polluant considéré, des effets qu'il engendre et des données disponibles dans la littérature scientifique, la VGAI peut être construite pour protéger soit :

- d'un effet à seuil de dose : dans ce cas, les valeurs sanitaires correspondantes sont généralement 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 appropriés afin d'obtenir un niveau d'exposition acceptable pour l'homme. Pour protéger la population générale de ce type d'effet, une VGAI peut alors être exprimée comme une concentration dans l'air associée à un pas de temps d'exposition ;
- d'un effet sans seuil de dose tel que proposé pour les substances cancérigènes dont le mode d'action est génotoxique. Les valeurs sanitaires associées sont généralement construites suite à la détermination d'un équivalent de dose pour l'homme, d'une modélisation de données expérimentales et de l'extrapolation vers le domaine des faibles doses. Dans le cadre d'une proposition de VGAI, celle-ci est alors exprimée sous la forme de concentrations correspondant à différentes probabilités de survenue de l'effet : niveau de risque de 10^{-5} et 10^{-6} .

2.2 Distinction avec d'autres valeurs de référence

Les VGAI élaborées ne ciblent pas de milieu intérieur spécifique ; elles visent à protéger l'ensemble de la population générale, notamment les personnes les plus sensibles. Les VGAI long terme sont établies en considérant une exposition continue 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 dans les environnements intérieurs. Elles ne tiennent pas compte du budget espace-temps-activité, mais intègrent un continuum dans les environnements intérieurs fréquentés au quotidien. Elles peuvent éventuellement être utilisées dans des environnements intérieurs où d'autres valeurs repères s'appliquent pour certains groupes de population (cas des piscines ou des bureaux, par exemple, pour les travailleurs, en respect de la réglementation du travail). Il convient dès lors de préciser que les VGAI n'ont pas vocation à se substituer à des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP).

2.2.1 Valeurs limites d'exposition professionnelle

Dans le contexte des risques professionnels, des VLEP sont proposées. Les valeurs limites réglementaires peuvent être soit contraignantes (fixées par décret), soit indicatives (fixées par arrêté) afin de protéger la santé des travailleurs en application des articles R. 4412-149 ou R. 4412-150 du code du travail.

Une VLEP est définie comme la concentration dans l'air que peut respirer la quasi-totalité des travailleurs pendant un temps déterminé sans risque connu à la date de l'expertise d'altération pour la santé. Selon la durée d'exposition considérée, différents types de valeurs peuvent être proposés :

- la valeur limite d'exposition professionnelle (8 heures) ou VLEP-8h ;
- la valeur limite court terme (15 minutes) ou VLCT-15min⁴ ou VLEP-15min ;
- la valeur plafond (concentration atmosphérique dans les lieux de travail qui ne doit être dépassée à aucun moment de la journée).

⁴ Dans le présent document la valeur limite d'exposition professionnelle court terme sera nommée VLCT-15min.

Dans l'établissement des VLEP, seule la voie respiratoire est prise en compte comme vecteur d'exposition des travailleurs aux substances potentiellement toxiques (Afsset, 2010c).

2.2.2 Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) sont construites pour une voie d'exposition (inhalation, ingestion ou contact cutané), un effet critique et une durée d'exposition. Il peut ainsi exister plusieurs VTR associées à une même substance pour une exposition chronique contrairement à la VGAI pour laquelle l'effet le plus sensible sert de base à l'élaboration de la valeur protégeant la population générale de toute pathologie. Pour les effets sans seuil de dose et contrairement à la VGAI, la VTR se définit comme un excès de risque unitaire (ERU) qui correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu développe une pathologie s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance (pente de la droite représentant la relation dose-réponse dans le domaine des faibles doses) (Afsset, 2010d ; 2010e ; 2010f).

2.2.3 Valeurs réglementaires ou valeurs guides de qualité de l'air ambiant

Même s'il est possible d'utiliser les valeurs guides élaborées pour la qualité de l'air ambiant pour évaluer, selon des critères sanitaires, les niveaux de pollution relevés en intérieur, certains composés sont néanmoins assez spécifiquement retrouvés dans l'air intérieur (cas du formaldéhyde par exemple). Par ailleurs, il existe des valeurs réglementaires pour l'air ambiant établies au niveau communautaire qui font parfois l'objet d'un échecancier afin de prendre en considération des contraintes externes (technologiques par exemple) et ne sont ainsi pas toutes basées exclusivement sur des critères sanitaires.

2.2.4 Valeurs de gestion françaises pour la qualité de l'air intérieur

Suite à la publication par l'Anses des rapports proposant des VGAI pour différents polluants, le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) a reçu du Directeur général de la santé une saisine en date du 29 juillet 2008 sollicitant son expertise pour « l'établissement de valeurs de référence pour les polluants de l'air des espaces clos » (HCSP, 2009). En s'appuyant notamment sur l'expertise réalisée par l'Anses, 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. Ces propositions sont appelées à prendre en compte « des considérations pratiques, réglementaires, juridiques, économiques et sociologiques ». La définition de valeurs repères a pour objet d'inciter à l'action en vue de tendre au respect à terme des VGAI. Ainsi, lorsqu'elles sont, provisoirement, différentes des VGAI, ces valeurs repères ne doivent pas être interprétées comme indiquant un niveau de risque durablement acceptable (ni *a fortiori* un niveau sans risque sanitaire), mais comme des valeurs à partir desquelles l'action des pouvoirs publics et des autres parties concernées doit être engagée.

Enfin, des valeurs « réglementaires » peuvent être fixées par décret après avis de l'Anses (article L221-1 du code de l'Environnement). Des valeurs ont été proposées pour le formaldéhyde et le benzène⁵ (article R221-29 du code de l'Environnement).

2.2.5 Valeurs guides de qualité d'air intérieur dans les autres pays

Les expériences étrangères de proposition de VGAI sont nombreuses et instructives (Pluschke 1999 ; OMS 2010). Un certain nombre de VGAI a déjà été proposé au niveau national et international. Selon les pays, les VGAI retenues ne concernent pas forcément les mêmes substances et, pour une même substance, peuvent être différentes du fait des populations ciblées, du mode de construction de ces valeurs (intégration ou non de critères de gestion), de l'état des connaissances au moment de l'élaboration de ces valeurs, etc.

Il est proposé ici de dresser un état des lieux des principaux organismes et institutions impliqués dans la construction de VGAI, en mentionnant notamment le contexte d'élaboration ainsi que le domaine d'application des VGAI, sans entrer dans le détail précis des méthodes, ni fournir les différentes valeurs retenues pour les polluants concernés. De telles informations seront rapportées au cas par cas dans chacune des fiches polluants élaborées.

⁵ Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011

L'**Organisation mondiale de la santé (OMS)**, considérée comme l'organisme de référence au niveau international sur la thématique, s'est engagée en 2006 à élaborer des valeurs guides de qualité de l'air intérieur (OMS, 2006) en distinguant trois groupes (substances chimiques, agents biologiques et polluants émis par la combustion intérieure). Une liste de neuf substances ou familles de substances chimiques a été dressée et les valeurs guides associées ont été publiées en 2010 (OMS, 2010). L'OMS prévoit ensuite une mise à jour à fréquence régulière (substances et valeurs). Les travaux relatifs à l'humidité et aux moisissures (recommandations qualitatives plutôt que valeurs quantitatives) ont été publiés en 2009 (OMS, 2009).

- Europe

Au sein de la **Communauté Européenne**, le projet INDEX piloté par le Joint research centre (JRC), centre communautaire de recherche, a élaboré des valeurs guides pour 14 polluants chimiques dont la présence est avérée dans les environnements clos et qui présentent des effets sanitaires connus. Les résultats de ces travaux ont été publiés en décembre 2004 (European Commission, 2005).

En **Allemagne**, l'Agence fédérale de l'environnement, (UBA) a proposé, dès 1977, une valeur guide pour le formaldéhyde dans l'air intérieur. Son élaboration a été motivée par le constat de troubles sanitaires (du type nausées, maux de tête et somnolence) associés à des concentrations élevées en formaldéhyde mesurées dans des écoles allemandes. Cette valeur guide a constitué le cadre qui a permis de faire évoluer la réglementation relative aux standards d'émission de formaldéhyde par les panneaux de particules et les mousses urée-formol. La démarche a ensuite été étendue à d'autres substances et une commission *ad hoc* rattachée à l'Agence fédérale de l'environnement a été créée. Cette commission est toujours en place et l'élaboration de nouvelles valeurs est à l'étude.

En **Autriche**, une commission *ad hoc* rattachée au ministère autrichien en charge de l'environnement (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) a produit, depuis 2003, des valeurs guides pour 6 substances ou famille de composés.

Au **Royaume-Uni**, l'Institute for Environment and Health (IEH) a travaillé sur l'élaboration de valeurs guides non contraignantes (IEH 2001). Des valeurs guides pour cinq substances ont été publiées en décembre 2004 (COMEAP 2004). Il est clairement précisé que les valeurs guides proposées sont principalement à destination :

- des fabricants de matériaux et produits susceptibles d'émettre des composés volatils dans l'air intérieur : ces valeurs doivent servir de guide pour tester le potentiel d'émission de leurs produits et les comparer entre eux ;
- des architectes et ingénieurs du bâtiment : ces valeurs doivent aider à la fixation des taux de ventilation ;
- des propriétaires et locataires afin qu'ils disposent de valeurs leur permettant de positionner les niveaux de concentration mesurés dans leur logement à leur initiative.

En 2007, l'**institut néerlandais pour la santé publique et l'environnement (RIVM)** a publié des valeurs guides sanitaires pour les environnements intérieurs en réponse à une demande du Ministère chargé de la santé et de l'environnement permettant d'évaluer la qualité de l'environnement intérieur ou les matériaux de construction. Plus d'une quarantaine de substances ou familles de substances chimiques ont été étudiées, ainsi que des agents physiques et biologiques. Les valeurs proposées reposent principalement sur des valeurs guides établies antérieurement par l'OMS ou des VTR du RIVM.

Dans les **pays scandinaves**, des valeurs guides sont proposées pour un grand nombre de composés (principalement des COV) par les pays réunis au sein du *Nordic Committee* (Nielsen *et al.*, 1996). En Finlande, les valeurs établies font partie, parmi d'autres éléments, des critères qui définissent la qualité des ambiances intérieures dans le cadre du label *Finnish Classification of Indoor Climate (2000)*.

En **Belgique**, région des Flandres (Belgisch Staatsblad 19-10-2004 binnenhuiskwaliteitsnormen) et au **Portugal** (Agencia para a Energia, 2007), des valeurs guides sont d'ores et déjà à portée réglementaire. Il s'agit de valeurs de gestion, et non exclusivement sanitaires.

- Amérique du nord

Le **Canada** est l'un des pays précurseurs dans le domaine de la gestion de la qualité de l'air intérieur, en publiant dès 1987 des « Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences » (Santé Canada, 1987). Elles ont été modifiées en 1989 (ajout du radon aux substances concernées) puis en 2006 (modification des valeurs pour le formaldéhyde). Elles sont « destinées à aider les particuliers et les organismes publics à évaluer de façon cohérente la nécessité de mesures correctives » (telles que la fixation de taux de renouvellement d'air ou l'élaboration de seuils réglementaires d'émissions par les produits de construction ou de consommation courante) au sein des locaux exclusivement résidentiels. La

mise à jour des valeurs de 1987 et la proposition de valeurs guides pour de nouvelles substances se poursuivent.

Aux **États-Unis**, plusieurs états proposent des valeurs guides pour quelques substances chimiques et certains biocontaminants. L'État de Californie est le plus proactif sur le sujet⁶.

- Asie

En **Chine**, une valeur guide pour le formaldéhyde a été proposée dès 1995. En 2001, le nouveau « Code de la pollution environnementale et du contrôle de la construction » a proposé des valeurs réglementaires pour 10 composés dans l'air intérieur des bâtiments (de tout type : habitats, bureaux...) nouvellement construits ou rénovés (Thade 2003).

Au **Japon**, un comité d'experts sur le « syndrome des maisons malsaines » mis en place en 1999 par le Ministère chargé de la santé est chargé de l'évaluation des substances sur la base de critères sanitaires en s'appuyant principalement sur les valeurs proposées par l'OMS.

Parallèlement, le Ministère de la santé a mis en place une commission chargée de la gestion. Les valeurs guides de qualité d'air intérieur proposées par le comité sont soumises à consultation sur le site du Ministère de la santé avant d'être adoptées. Le comité examine les commentaires reçus et peut être amené, dans certains cas, à reconsidérer la valeur proposée (Rousselle *et al.* 2011).

A **Hong-Kong**, des valeurs guides sont proposées depuis 2003 pour les bureaux et les établissements recevant du public, dans le cadre d'un dispositif de certification volontaire de qualité des bâtiments (Hong-Kong 2003a, 2003b).

2.3 Finalités des VGAI

Le principal objectif d'une VGAI est de proposer un cadre de référence afin de protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air par inhalation et d'éliminer, ou de réduire à un niveau minimum, les contaminants ayant un effet néfaste sur la santé humaine et le bien-être, que cet effet soit connu ou supposé.

Ainsi, les VGAI proposées par l'Anses respectent ces objectifs et prennent en compte :

- la spécificité de l'air intérieur : les polluants faisant l'objet d'une proposition de VGAI sont des polluants rencontrés plus spécifiquement dans des espaces clos ou semi-clos, tels que l'habitat ;
- les connaissances sanitaires pour ces substances : les VGAI proposées sont des valeurs construites exclusivement selon des critères sanitaires.

La finalité des VGAI est notamment de faciliter la prise de décision par les gestionnaires de risque qui pourront les utiliser comme référence pour l'élaboration de seuils réglementaires. Dans ce cas, les VGAI devront, dans la mesure du possible, être associées à une stratégie de mesurage, une procédure de mise en œuvre, ainsi que des recommandations permettant de comparer de façon satisfaisante les niveaux de concentrations ponctuellement mesurés aux seuils réglementaires établis. Par ailleurs, on rappelle que les seuils de gestion peuvent tenir compte des niveaux d'exposition existants, de la faisabilité météorologique, des actions de contrôles disponibles, des stratégies d'abattement des niveaux, ainsi que des dimensions économiques, sociétales et culturelles. Ainsi, dans certaines situations, les valeurs retenues par les gestionnaires du risque en aval de cette expertise pourront être différentes de la valeur guide proposée.

Protectrices pour la santé des populations, ces VGAI ne doivent cependant pas être considérées comme des « autorisations de polluer » car l'objectif est bien de réduire les concentrations de polluants dans l'air à des niveaux aussi bas que raisonnablement possible (principe ALARA⁷).

Les VGAI peuvent répondre aux objectifs suivants :

- Evaluation :

⁶ Téléchargeables à l'adresse : <http://www.arb.ca.gov/research/indoor/indoor.htm>

⁷ As Low As Reasonably Achievable

- elles fournissent des données nécessaires au positionnement des concentrations mesurées dans les environnements intérieurs au regard de critères sanitaires, et permettent ainsi d'explicitier *a posteriori* ou de suspecter *a priori* des effets potentiels chez les occupants exposés⁸ ;
- Gestion :
 - elles constituent des références chiffrées communes de concentrations intérieures à ne pas dépasser pour la définition d'une ventilation appropriée et/ou la limitation des émissions de substances par des produits de construction, d'ameublement, en lien direct avec l'un des engagements du Grenelle de l'environnement concernant l'amélioration de la qualité de l'air intérieur. L'Anses a ainsi travaillé dès 2004 sur un protocole permettant de qualifier les émissions et de promouvoir les matériaux et produits « faiblement émissifs ». Un premier protocole est paru en 2006 et a été actualisé en 2009. Ce protocole propose des concentrations limites d'intérêt (CLI) pour 165 substances pouvant être émises par ces matériaux et établies sur la base des connaissances sanitaires disponibles. Les VGAI sont choisies en premier niveau de choix pour la proposition de ces CLI. En aval de ces travaux, un étiquetage des matériaux vis-à-vis de leurs émissions a été proposé et est désormais obligatoire (Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils) ;
 - L'utilité des VGAI pour les fabricants et professionnels du bâtiment est également soulignée par l'OMS dans son recensement des actions de gestion pour la qualité de l'air intérieur (OMS 1999) ;
- Communication :
 - elles sont un outil d'aide afin de communiquer sur les concentrations mesurées dans les logements ou les établissements recevant du public et contribuent ainsi à une meilleure connaissance des problématiques de santé liées à l'air intérieur. Dans le contexte des démarches volontaires de Haute Qualité Environnementale (HQE) des bâtiments, les VGAI peuvent aider à s'assurer d'une qualité de l'air intérieur satisfaisante (eu égard aux substances considérées) pour la santé des occupants et ainsi à communiquer sur le respect requis par les exigences de telles certifications. Enfin, elles pourraient être utilisées pour l'élaboration d'indices de qualité d'air intérieur pour l'évaluation et la gestion de parcs de bâtiments, notamment ceux accueillant du public et en particulier des populations sensibles comme les enfants, les personnes malades, les femmes enceintes...

⁸ Sous réserve que la durée d'exposition soit cohérente avec la durée associée à la VGAI utilisée.

3 Elaboration des Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur

3.1 Méthode générale appliquée pour l'élaboration des VGAI françaises

Cette partie décline les informations nécessaires pour l'élaboration de VGAI françaises relatives à des substances dont l'exposition est majoritairement par inhalation. La démarche s'inscrit en trois étapes incluant une synthèse des données inhérentes à la substance, suivie d'une analyse critique de la qualité des données concernant notamment les valeurs guides et VTR existantes et visant à se prononcer sur le choix d'un effet critique et d'un mécanisme d'action. Enfin, la dernière étape consiste à construire des VGAI selon les effets retenus et les pas de temps associés.

En préambule à la rédaction d'une fiche, une analyse critique d'une éventuelle valeur guide de qualité d'air intérieur proposée par l'OMS⁹ est considérée comme prioritaire. En effet, l'OMS est l'organisme de référence international concernant la proposition de valeurs guides. Ainsi, en premier lieu, une analyse du rapport de l'OMS (2010) concernant le choix de l'effet critique, du mécanisme d'action, puis de l'étude source en évaluant les justifications et l'argumentaire développés est à réaliser. En cas d'accord avec les valeurs guides de qualité d'air intérieur de l'OMS (pas de connaissances plus récentes susceptibles de pouvoir remettre en question la valeur guide de l'OMS, par exemple), seul un document synthétisant et retraçant les choix et la méthode d'élaboration sera réalisé. En cas de désaccord, une fiche sera initiée en justifiant l'exclusion des valeurs guides proposées par l'OMS. Enfin, si une durée d'exposition supplémentaire de celle considérée par l'OMS est considérée pertinente, la construction d'autres VGAI sera réalisée pour les durées d'exposition *ad hoc*.

3.1.1 Synthèse et organisation des connaissances

Ce travail s'appuie sur la littérature scientifique et plus précisément sur les travaux d'expertise développés récemment par des organismes nationaux et internationaux. Ainsi, les rapports publiés par les différents organismes et institutions compétents au niveau national (Ineris, INRS, etc.) et international (OMS, Commission Européenne, US EPA (base de données IRIS), ATSDR, OEHHA, RIVM, Santé Canada, etc.) constituent une source d'informations prioritaire. Une attention particulière est également accordée aux publications les plus récentes en vue de sélectionner la ou les études source utiles à la construction de la ou des VGAI.

3.1.1.1 Informations générale

Une première partie rassemblant les données utiles à la caractérisation de la substance est proposée. Il s'agit de décrire les éléments suivants :

- identification de la substance et de ses propriétés physico-chimiques ;
- réglementation liée à la substance ;
- sources d'émissions (intérieures et extérieures) ;
- données de concentrations dans l'environnement ;
- contributions des différentes voies et sources d'exposition dans l'exposition globale.

Le recensement des sources d'émission intérieures et extérieures du polluant considéré permet d'identifier les différents contributeurs de l'exposition de la population générale.

Parmi les sources d'émission, les sources naturelles sont distinguées des sources anthropiques (issues de l'activité humaine).

⁹ Indoor air quality guidelines (IAQG)

Les données de concentrations dans les différents médias sont documentées. Les données relatives à l'habitat sont principalement issues de la campagne nationale Logements (2003-2005) de l'OQAI, dont les résultats sur un échantillon de 567 logements sont représentatifs de l'état de la pollution du parc français métropolitain des résidences principales (OQAI 2006). Ces données sont aussi complétées par les niveaux de concentration issus de la veille documentaire assurée par l'OQAI et par les mesures réalisées dans des environnements plus spécifiques dans lesquels la population générale peut être exposée (écoles, crèches, bureaux, lieux publics, garages, habitacles de voiture, voies souterraines de circulation, parcs de stationnement...). En cas d'insuffisance de données françaises, le recensement est élargi aux données européennes et le cas échéant aux données nord-américaines.

Par ailleurs et à titre informatif, les valeurs nationales (réglementaires ou indicatives) proposées pour limiter les concentrations de telles substances individuelles dans l'air intérieur seront renseignées. Celles-ci sont alors analysées de façon plus succincte. Seul un résumé des informations disponibles pour ces valeurs est inclus.

3.1.1.2 Effets sanitaires

Cette partie expose le profil toxicologique de la substance. Les principales informations sont celles relatives :

- à la toxicocinétique,

c'est-à-dire l'ensemble des phénomènes d'absorption, de distribution, de métabolisme et d'excrétion de la substance dans l'organisme en fonction du temps ;

- à la toxicodynamie,

c'est-à-dire l'étude de ses effets sur l'organisme et si connu du mécanisme d'action toxique de la substance (au niveau cellulaire ou moléculaire). Ces données sont fondamentales pour connaître l'organe cible de la substance, ainsi que les variations de réponse inter-espèces et intra-espèces de la substance et l'existence éventuelle de modèles mathématiques permettant de déterminer une relation dose-réponse. Les mécanismes d'action devront être explicités selon l'organe cible ou le type d'effet (à seuil ou sans seuil). Ces éléments permettront entre autres d'évaluer la pertinence d'une transposition des effets observés chez l'animal à l'homme ;

- aux effets sanitaires et repères de doses,

c'est-à-dire les différents effets sanitaires qui pourraient être observés à la suite d'expositions par **inhalation**, en dissociant ces effets selon les durées d'exposition associées (aiguë, sub-chronique ou chronique), les effets à seuil et sans seuil de dose et en s'attachant aux données les plus récentes dans ce domaine.

Pour plus de clarté, les effets sanitaires mis en évidence sont détaillés en mentionnant les différents éléments de l'étude source permettant de juger de la pertinence et des éventuelles limites des données fournies (population concernée, sévérité et objectivité de l'effet observé, biais éventuels, etc.). Cette analyse menée permet un regard critique sur les données collectées et un choix avisé des différents effets sanitaires pouvant être pris en considération pour le choix d'une VGAI. Un tableau récapitulatif des doses critiques (BMD, NOAEL, LOAEL) recensés dans les différentes études chez l'homme est joint à cette analyse et se présente sous la forme suivante :

Tableau X : Synthèse des doses critiques identifiées dans la littérature pour des expositions par inhalation à la substance Y (aiguë ou chronique)

Référence	Durée de l'exposition	Effet pris en compte et mesure	Nombre et type d'individus exposés	Dose ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et réponse (%)	NOAEL ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	LOAEL ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)

- au mode d'action,

c'est-à-dire l'évaluation du mécanisme d'action de la substance en identifiant les événements clés se produisant au cours du développement de l'effet. Lors de l'utilisation d'études chez l'animal, il est indispensable de discuter la plausibilité du mode d'action décrit et d'évaluer la transposition à une situation d'exposition humaine.

- aux populations sensibles et aux seuils olfactifs,

c'est-à-dire l'existence avérée ou supposée de populations sensibles, ainsi que les seuils olfactifs de détection de la substance identifiés pour l'homme.

3.1.1.3 Recueil des valeurs guides et valeurs toxicologiques de référence

Pour chaque substance candidate traitée, les différentes valeurs guides de qualité d'air fondées uniquement sur des critères sanitaires et les VTR existantes pour l'inhalation sont recensées. Par défaut, les documents de référence pris en considération sont ceux publiés par les principaux organismes et institutions reconnus au niveau national ou international.

Les éléments ayant permis de construire les valeurs guides et les VTR sont ensuite synthétisés afin de disposer de connaissances nécessaires et suffisantes à une étude critique approfondie. Cette synthèse précise donc les méthodes de construction choisies et les hypothèses prises par les organismes ayant proposé de telles valeurs.

Pour ce faire, et en fonction des éléments disponibles dans les rapports de synthèse, les éléments suivants sont alors rapportés :

- références de la VG/VTR : organisme et date
- VG/VTR proposée
- durée d'exposition et milieux de vie associés à la VG/VTR
- effets critiques considérés
- populations concernées
- références des études sources (auteurs, date)
- résultats de l'étude toxicologique ou épidémiologique (population considérée dans l'étude, significativité des effets sanitaires mis en évidence, etc.)
- doses critiques retenues dans les études
- facteurs d'incertitudes appliqués pour passer de NOAEL/LOAEL à la VG/VTR.

Les informations recueillies au cours de cette analyse sont ensuite reprises sous la forme de tableaux récapitulatifs du type :

Organisme	VTR/ BMD/ NOAEL/ LOAEL étude source	Effet critique	Milieu concerné	UF	VG/ durée d'exposition associée
Exposition court terme					
Exposition intermédiaire					
Exposition long terme					

Tableau X2 : Valeurs toxicologiques de référence du polluant Y pour des expositions par inhalation

Organisme	Méthode de construction	Effet critique	Dose critique (BMD/NOAEL/ LOAEL)	UF	VTR
Exposition aiguë					
Exposition intermédiaire					
Exposition chronique					

3.1.2 Sélection de l'étude critique

Sur la base des données collectées, synthétisées et analysées lors des étapes précédentes, les experts se prononcent sur le choix d'un ou de plusieurs effets critiques, du ou des mécanismes d'action et des durées d'exposition pertinentes en s'assurant de la convergence des études (effet supporté par des données histologiques, des observations microscopiques, des études de mécanismes moléculaires, etc.) et d'un consensus international sur la nature des effets et le mode d'action associé (seuil ou sans seuil). Ensuite, la pertinence des mécanismes d'action proposés chez l'Homme est évaluée, élément indispensable afin d'évaluer le caractère transposable d'un effet observé chez l'animal à l'homme et ainsi retenir ou non cet effet pour la proposition de VGAI. De même, en l'absence de données mécanistiques sur l'apparition de cancer, une approche protectrice considérant une absence de seuil est retenue. En revanche, une connaissance précise du mécanisme d'action permettra éventuellement d'imputer un seuil lié à l'apparition d'un cancer. L'analyse préalable du profil toxicologique doit permettre d'apprécier les durées d'exposition à prendre en compte pour la proposition de VGAI.

Après la sélection d'un ou de plusieurs effets critiques, du ou des mécanismes d'action et d'une ou des durées d'exposition pertinentes, la construction de la ou des VGAI sera réalisée.

3.1.3 Construction d'une VGAI

Il s'agit de la construction d'une ou de VTR pour la proposition d'une ou de plusieurs VGAI selon les méthodes publiées par l'Afsset (Afsset, 2010d ; 2010e ; 2010f ; Anses, 2015) et les organismes internationaux de référence tels que l'US EPA, l'OEHHA ou l'ATSDR. Par simplification de langage, on parlera dans la suite du texte uniquement de VGAI.

En premier lieu, l'étude source sera sélectionnée pour le ou les effets critiques (mécanisme d'action à seuil ou sans seuil) et les durées d'exposition associées. Ainsi, le document doit développer de manière approfondie le choix de l'étude source en justifiant de l'adéquation des voies d'exposition, des durées d'exposition et de la forme chimique. Les études menées chez l'homme, si elles sont de qualité satisfaisantes, sont favorisées aux études réalisées chez l'animal. En effet, il est envisageable de s'appuyer sur une étude menée chez l'animal même si une étude a été réalisée chez l'Homme et il faut se poser la question d'un choix raisonné si les études humaines sont de moins bonne qualité que des études animales. Lors de l'utilisation d'une étude chez l'animal la qualité de l'étude (cotation de Klimisch¹⁰) et la transposabilité de l'effet et du mode d'action de l'animal à l'homme pour la durée et la voie d'exposition considérées seront évaluées (plus le mode d'action sera plausible chez l'homme, plus la construction de la valeur sera jugée pertinente). Le document doit également expliciter la qualité de la méthode de mesure ou de l'estimation des

¹⁰ Cotation de Klimisch : Klimisch *et al.* ont établi un système de cotation des études expérimentales en prenant en compte la fiabilité des études (méthodes standardisées, Bonnes Pratiques de Laboratoire), le détail de description de la publication ainsi que la pertinence et l'utilité des données dans le cadre de l'évaluation du risque. Cette cotation est comprise entre 1 et 4 : 1 : Valide sans restriction ; 2 : Valide avec restrictions ; 3 : Non valide ; 4 : Non évaluable (Klimisch *et al.*, 1997).

expositions. Par ailleurs, le protocole de l'étude doit permettre de mettre en évidence la significativité d'un effet et d'établir une relation dose-réponse. Enfin, pour la construction d'une VGAI long terme, il est préférable de disposer d'une étude chronique, éventuellement subchronique. Si ce n'est pas le cas, le niveau de confiance sera alors inférieur. Une grille de lecture des études, présentée en annexe 2, devra être renseignée pour les études les plus pertinentes relatives aux effets critiques retenus et durées d'exposition associées et permettra ainsi une analyse critique approfondie afin d'objectiver le choix de l'étude clef.

Lors de la sélection de l'étude source, une attention particulière sera accordée aux études retenues par des organismes internationaux ayant construit une ou des VTR pour la substance étudiée, ainsi que celles retenues par le projet INDEX de la Commission Européenne (European Commission 2005). Ainsi, l'exclusion de ces études devra être justifiée de manière détaillée.

Ensuite, le choix de la dose critique devra être explicité. L'utilisation de BMD est considérée comme conduisant à un niveau de confiance plus élevé que l'utilisation d'un couple NOAEL/LOAEL lui-même conduisant à un niveau de confiance plus élevé que l'utilisation d'un seul LOAEL. La présence et la qualité de la relation dose-réponse seront évaluées. La qualité de la relation dose-réponse, qui dépend également du nombre de doses testées et de l'écart entre chacune des doses, conditionne le niveau de confiance sur le choix de la dose critique.

Concernant la construction de la valeur guide ou de la VTR à partir de la dose critique, l'utilisation et la justification d'un ajustement temporel cohérent avec la toxicité (Loi de Haber simplifiée applicable, concentration x durée d'exposition applicable) sont à privilégier. De même, l'ajustement dit allométrique à partir de la dose critique utilisant un modèle PBPK validé sera considéré comme le plus pertinent, comparativement à un ajustement utilisant des hypothèses par défaut et encore plus que l'usage d'une valeur par défaut. Pour la construction d'une valeur à seuil, l'utilisation de données toxicocinétiques ou toxicodynamiques validées pour les variabilités intra- et inter-espèces sont également jugées plus solides que l'usage de valeurs par défaut.

Au final, des VGAI seront construites pour le ou les effets critiques retenus, le ou les mécanismes d'action établis et la ou les durées d'exposition pertinentes.

3.2 Eléments d'accompagnement de la VGAI

Les éléments proposés pour à l'accompagnement de la VGAI sont notamment :

- la métrologie ;
- la stratégie d'échantillonnage ;
- les données qui permettraient de quantifier l'impact sanitaire lié au respect de la VGAI retenue.

Le chapitre 4 suivant présente l'actualisation de la démarche d'évaluation des méthodes de mesure dans l'air intérieur qui accompagne la proposition des VGAI.

3.2.1 Préconisations sur la stratégie d'échantillonnage

Pour accompagner la publication des VGAI, des orientations concernant la stratégie d'échantillonnage pour chaque polluant étudié sont proposées afin d'accompagner les VGAI. Pour cela, il est proposé de renseigner les éléments suivants dans la mesure du possible pour chaque VGAI :

- **Pas de temps de prélèvement**
- **Période(s) et fréquence de prélèvement (représentativité temporelle)**
- **Notion de représentativité spatiale de la mesure**

Plusieurs normes ont été publiées dès les années 90 pour fournir des recommandations générales sur la stratégie d'échantillonnage de polluants chimiques. Dans le cadre des travaux VGAI, les normes généralistes suivantes sont des supports à suivre :

- La norme NF ISO 16000-1 « Aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage » de 2004 qui s'applique de façon large aux environnements intérieurs ;

- La norme expérimentale XP X 43-402 « Stratégie d'échantillonnage des polluants chimiques de l'atmosphère intérieure des locaux » de 1995 qui définit des recommandations générales pour les polluants chimiques gazeux et particulaires.

Ces normes abordent les questions de période, durée, fréquence et lieu d'échantillonnage. Néanmoins, la stratégie d'échantillonnage adoptée pour une campagne de mesure envisagée devra être adaptée aux objectifs spécifiques et précisée.

Les connaissances sur la variabilité spatio-temporelle des niveaux de concentration dans les lieux concernés pour chaque substance sont à documenter. Il s'agit en effet de renseigner les facteurs pouvant influencer les niveaux de concentration qui peuvent être liés au bâtiment, aux équipements, aux activités des occupants des locaux mais aussi à la proximité de sources d'émission, à la nature des émissions (continues ou ponctuelles) et aux conditions environnementales (température et humidité) etc., afin d'adapter en conséquence l'échantillonnage.

Par ailleurs, des VGAI peuvent être établies pour chaque substance étudiée sur différentes durées d'expositions : "court-terme" (exposition aiguë), "intermédiaire" et "long-terme" (exposition chronique). Les préconisations sur la stratégie d'échantillonnage doivent considérer ces différents cas de figure :

- VGAI court terme : Dans la mesure où, dans certains contextes, des concentrations élevées sont attendues, la stratégie de mesurage devra en tenir compte en garantissant que ces concentrations « maximales » puissent être repérées et mesurées le cas échéant. VGAI long terme : suivant la connaissance de la variabilité spatio-temporelle, il s'agit de définir les périodes et la fréquence d'échantillonnage afin d'avoir une mesure visant à caractériser l'exposition représentative sur une durée d'un an minimum.
- VGAI intermédiaire : suivant la connaissance de la variabilité spatio-temporelle, il s'agit de définir les périodes et fréquence d'échantillonnage afin d'avoir une mesure visant à caractériser l'exposition représentative de moins d'un an mais différente d'une exposition court terme.

Des normes complémentaires de la série de norme ISO 16000 décrivent la stratégie d'échantillonnage pour des substances ou groupes de substances particuliers en prenant en compte les différents facteurs pouvant influencer leurs concentrations dans l'air intérieur. Par exemple, la norme NF ISO 16000-2 porte sur la mesure du formaldéhyde et la norme NF ISO 16000-5 sur les composés organiques volatils.

En l'absence de données suffisantes pour la définition d'une stratégie d'échantillonnage pour le polluant étudié, le besoin d'études complémentaires sera formulé.

3.2.2 Mise en perspective des VGAI construites et premiers éléments pouvant permettre la quantification de l'impact sanitaire

La mise en perspective des VGAI est complétée en allant, autant que possible, vers une quantification du gain sanitaire que pourrait permettre le respect d'une VGAI (quantification limitée éventuellement à un environnement intérieur donné et/ou une population donnée).

Tout d'abord, les VGAI proposées, ainsi que les relations doses-effets relevées dans la littérature, sont comparées aux niveaux de concentration du polluant étudié mesurés en France, notamment dans les logements (campagne nationale de l'OQAI), ou disponibles dans la littérature. En considérant toutes les limites et les incertitudes liées à cet exercice, l'objectif est de décrire qualitativement les effets attendus au niveau de la population française, et ainsi d'appuyer les actions de gestion éventuelles.

Dans ce contexte, l'attention des gestionnaires sera attirée sur l'identification de situations à risque telles que des populations pouvant être plus particulièrement sensibles au polluant étudié, des environnements intérieurs accueillant des populations spécifiques (écoles, maisons de retraite, hôpitaux...) ou de sources bien identifiées (par exemple, proximité avec un magasin de nettoyage à sec).

Dans cette mise en perspective, la part attribuable associée à l'exposition dans les environnements intérieurs par rapport à l'exposition globale sera discutée (données d'exposition via les autres compartiments environnementaux et/ou données de biosurveillance). Ces éléments plus globaux permettront d'élargir la réflexion sur l'importance de l'exposition associée aux environnements intérieurs et d'identifier d'autres sources contribuant à l'exposition de la population générale (pollution extérieure, alimentation...).

Dans un second temps, si les données disponibles pour la substance étudiée le permettent, le groupe proposera des éléments semi-quantitatifs ou quantitatifs du gain sanitaire que pourrait permettre le respect

des VGAI fixées. Dans le domaine de la santé environnementale, l'évaluation de l'impact sanitaire a en effet été développée pour permettre notamment de justifier l'intérêt de mesures de prévention afin de réduire, voire d'éliminer, l'exposition à un facteur environnemental ou de comparer différentes options de gestion.

L'impact sanitaire renvoie à la probabilité de survenue d'une maladie liée à une exposition à un facteur environnemental au niveau d'une population. Cela implique de disposer d'une relation causale entre un facteur de risque environnemental et une pathologie, qui peut être issue d'études épidémiologiques et/ou toxicologiques. Autant que possible, l'évaluation de l'impact sanitaire - pour la population française - lié à l'exposition via l'air intérieur à chaque substance étudiée sera réalisée. L'objectif, étant d'estimer, par exemple, le nombre de cas tels que la mortalité ou la morbidité ambulatoire attribuables à une exposition ou à un accroissement de l'exposition à une pollution dans l'air intérieur par une substance.

Dans les travaux de l'Afsset publiés en octobre 2007 concernant les études d'impact sur les coûts que représentent pour l'Assurance maladie certaines pathologies liées à la pollution, les principales étapes de l'évaluation de l'impact sanitaire sont rappelées ainsi que les limites associées aux estimations qui peuvent être produites (Afsset 2007d). Trois types d'études d'impact sanitaire sont recensés (Afsset 2007d, InVS, 2007) :

- la démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires. Les éléments décrits permettent de souligner que la quantification d'un impact sanitaire n'est réalisable que pour les polluants présentant une relation dose-réponse sans seuil (et donc disposant d'un ERU) car il résulte du produit d'une probabilité (ERI) par la taille de la population concernée ;
- la démarche d'évaluation de l'impact sanitaire. Elle est fondée sur le calcul du nombre de cas attribuables à partir de relations ou fonctions exposition-risque (exprimées par un risque relatif, RR), de la proportion de personnes exposées, des niveaux d'exposition et de l'incidence de base de l'indicateur sanitaire considéré sur la zone et la période d'étude. Elle repose sur les relations exposition-risque issues des études épidémiologiques qui sont appliquées à une population et une zone d'étude ;
- la démarche *Environmental Burden of Disease* (EBD) d'estimation de la charge de morbidité attribuable à l'environnement. Elle repose sur la méthode de quantification de « fraction attribuable ou risque attribuable » qui est fonction de la force de l'association entre le facteur de risque et morbidité et de la prévalence de l'exposition. La « fraction attribuable ou risque attribuable » correspond à la proportion de morbidité qui pourrait être évitée en réduisant l'exposition (ou en la supprimant).

L'EBD peut aussi être exprimé en « Disability adjusted life years » (DALY). Cet indicateur est issu de la démarche d'évaluation économique des effets de facteurs environnementaux sur la santé et de la difficulté d'attribuer une valeur monétaire à l'estimation de la valeur de la vie ou de sa qualité. Il représente la somme des années de vie perdues en raison d'un décès prématuré (survenant à un âge inférieur à l'espérance de vie) et des années de vie vécues avec une qualité de vie altérée, pondérées par un coefficient reflétant l'importance de cette altération.

Ces cadres méthodologiques pourront être exploités pour examiner leur applicabilité et leur faisabilité dans le contexte des expositions aux polluants de l'air intérieur.

Les données nécessaires à la quantification du gain sanitaire que pourrait permettre le respect des VGAI fixées sont les suivantes :

- relation dose-réponse sans seuil pour le polluant étudié ou relation exposition-risque déterminée par une (ou des) étude(s) épidémiologique(s) menée(s) dans une situation (lieu, population...) ayant des caractéristiques similaires à celles de la population française en terme d'exposition, de caractéristiques sociodémographiques et comportementales, et des indicateurs sanitaires identiques ;
- prévalence de l'exposition au niveau de la population française.

A ce jour, l'évaluation du gain sanitaire que pourrait permettre le respect des VGAI fixées pour les polluants de l'air intérieur n'a pas été déterminée en France. Il s'agit donc d'un nouvel axe ambitieux proposé dans le cadre des travaux d'expertise VGAI.

3.3 Mise à jour des VGAI proposées

Concernant les substances pour lesquelles une proposition de VGAI a été formulée par l'agence, une veille est entreprise par l'Anses. Ainsi, toute publication d'une valeur guide OMS ou d'une étude d'intérêt sur les

effets sur la santé (expérimentale ou épidémiologique) liés à une exposition à un des polluants déjà étudiés émise par un organisme reconnu fera l'objet d'une analyse critique afin d'évaluer l'opportunité de réviser la VGAI recommandée, notamment en cas de désaccord entre les valeurs.

4 Méthode d'évaluation des méthodes de mesure dans l'air intérieur dans le cadre de l'élaboration des valeurs guides de qualité d'air intérieur

4.1 Rappel du contexte dans lequel se fait l'évaluation des méthodes de mesure

L'Anses élabore et recommande plusieurs types de valeurs de référence dans l'air fondées sur des **critères exclusivement sanitaires**, permettant de caractériser le lien entre une exposition aérienne à une substance chimique et l'occurrence d'un effet néfaste observé. Ces valeurs peuvent ensuite être utilisées par les pouvoirs publics en vue de fixer des valeurs réglementaires :

- Les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) élaborées par le comité d'experts spécialisé (CES) « Expertise en vue de la fixation de VLEP à des agents chimiques ».
- Les valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) élaborées par le CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens »

Le dispositif français d'établissement des VLEP comporte trois phases clairement distinctes :

- une phase d'expertise scientifique indépendante confiée à l'Afsset dans le cadre du plan santé au travail 2005-2009 (PST), puis à l'Anses suite à la fusion de l'Afsset et de l'Afssa en 2010 ;
- une phase d'établissement d'un projet réglementaire de valeur limite contraignante ou indicative par le ministère chargé du travail ;
- une phase de concertation sociale lors de la présentation du projet réglementaire au sein du Conseil d'Orientation sur les Conditions de Travail (COCT). L'objectif de cette phase étant de discuter de l'effectivité des valeurs limites et de déterminer d'éventuels délais d'application, fonction de problèmes de faisabilité technico-économique.

L'existence d'une méthode de mesure validée ou la possibilité de mise au point d'une méthode de mesure validée avec un calendrier relativement précis (entrée en vigueur de la VLEP selon ce calendrier) est un des trois critères retenus par le COCT pour établir une valeur limite d'exposition professionnelle contraignante, dont le respect est obligatoire.

Le contrôle technique des VLEP est encadré par les dispositions du Code du travail (articles R. 4412-27 à R. 4412-31 pour les agents chimiques dangereux et articles R. 4412-76 à R. 4412-80 pour les agents chimiques classés cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR)). Ces dispositions sont complétées par l'arrêté du 15 décembre 2009 relatif aux contrôles techniques des valeurs limites d'exposition professionnelle sur les lieux de travail et aux conditions d'accréditation des organismes chargés des contrôles (publié au journal officiel du 17 décembre 2009).

Les VGAI proposées par l'Anses constituent le socle initial du procédé institutionnel visant à fixer des valeurs réglementaires de surveillance de la qualité de l'air intérieur.

Afin d'appuyer les pouvoirs publics dans l'élaboration de valeurs opérationnelles permettant de mettre en place des actions d'amélioration de la qualité d'air intérieur, le ministère chargé de la santé a demandé au Haut conseil de la santé publique (HCSP) de proposer, à partir des VGAI de l'Anses, des valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos, ainsi qu'un calendrier pour leur déploiement. 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. Le HCSP tient compte de considérations pratiques, réglementaires, juridiques, économiques et sociologiques.

Enfin, conformément à la loi du 1er août 2008 relative à la responsabilité environnementale, les VGAI réglementaires sont établies par le ministère chargé de l'écologie, inscrites dans le code de l'environnement et sont associées à des mesures de gestion.

La surveillance de la qualité de l'air intérieur va se mettre en place progressivement notamment dans les établissements accueillant des enfants¹¹. Les moyens d'aération devront être évalués et la mesure du formaldéhyde, du benzène et du dioxyde de carbone sera réalisée dans certains établissements recevant du public avec des dispositions particulières de prévention de la qualité de l'air¹². Les mesures de polluants seront en particulier mises en regard des valeurs-guides pour l'air intérieur et de valeurs déclenchant des investigations complémentaires.

4.1.1 Objet

Les travaux d'expertise de l'Anses concernant les VGAI et les VLEP comprennent également une évaluation des méthodes de mesures disponibles pour la comparaison des niveaux d'exposition sur le lieu de travail et dans l'air intérieur uniquement avec les valeurs recommandées par l'Anses.

La méthodologie d'évaluation des méthodes de mesure mise en œuvre par l'Anses est l'objet du présent chapitre.

La démarche ne définit pas d'éléments de stratégie d'échantillonnage comme le nombre de prélèvement à réaliser, le pas de temps de prélèvement, la (ou les) période(s) et fréquence de prélèvement et la notion de représentativité spatio-temporelle de la mesure. Ces éléments essentiels pour l'interprétation de résultats de mesure seront à définir en lien notamment avec les référentiels disponibles (exemple de la norme NF ISO 16000-1, NF X 43-298) et la réglementation en vigueur.

4.1.2 Moyens mis en œuvre et organisation

Comme indiqué dans le préambule de ce rapport, pour poursuivre les travaux d'expertise relatifs aux VLEP et aux VGAI réalisés à l'Anses depuis respectivement 2007 et 2004, un groupe de travail (GT) « Métrologie » dans une nouvelle configuration a été créé en janvier 2014. Celui-ci est à présent rattaché à 2 CES :

- « Expertise en vue de la fixation de VLEP à des agents chimiques » (CES VLEP)
- « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » (CES Air)

Ses travaux d'expertise sont répartis entre les deux CES en fonction de leur nature.

Le rôle de ce groupe de travail (GT) est d'évaluer les méthodes de mesure disponibles afin de recommander la ou les méthodes les plus appropriées pour la mesure des concentrations dans l'air aux fins de comparaison aux valeurs de référence recommandées par l'Anses.

Un retour d'expérience sur les travaux réalisés lors des expertises précédentes a conduit le GT Métrologie à faire évoluer la méthodologie d'évaluation des méthodes de mesure.

4.2 Objectifs et principe général

4.2.1 Terminologie générale

Les terminologies suivantes sont employées dans ce rapport :

- Air des lieux de travail : atmosphère des endroits désignés où les activités du travail sont accomplies (norme EN 1540)
- Air intérieur : atmosphère dans les environnements intérieurs tels que les logements ayant des salles de séjour, des chambres à coucher, des ateliers de bricolage, des salles de jeux, des caves,

¹¹ Comme prévu par le décret 2011-1728 du 2 décembre 2011

¹² Décret n°2012-14 du 5 janvier 2012 et décret 2015-1000 du 17 août 2015

des cuisines et des salles de bain; les salles ou lieux de travail dans les bâtiments qui ne sont pas soumis à des inspections d'hygiène et de sécurité concernant les polluants de l'air intérieur (par exemple bureaux, locaux de vente); les bâtiments publics (par exemple hôpitaux, écoles, jardins d'enfants, salles de sport, bibliothèques, restaurants et bars, théâtres, cinémas et autres salles) et également les habitacles de véhicules (NF EN ISO 16000-1).

- Air ambiant / air extérieur : En référence à la réglementation relative à la surveillance de la qualité de l'air (code de l'environnement – article Articles R221-1 à R221-3), le terme « air ambiant » est employé pour désigner l'air extérieur en distinction avec l'air intérieur. Dans le document, la désignation « air extérieur » correspondra à « air ambiant »

4.2.2 Définitions

4.2.2.1 Valeurs de référence

Le CES VLEP a retenu comme définition pour les VLEP :

- VLEP-8h : La valeur limite d'exposition professionnelle (8 heures) indique la limite de la moyenne pondérée dans le temps de la concentration d'un agent chimique, dans la zone respiratoire d'un travailleur au cours d'une journée de travail de 8 heures (journée de travail typique). Dans l'état actuel des connaissances scientifiques (en toxicologie, médecine, épidémiologie), la VLEP-8h est censée protéger d'effets sur la santé à moyen et long termes, les travailleurs exposés régulièrement et pendant la durée d'une vie de travail à l'agent chimique considéré.
- VLCT-15min : La valeur limite court terme (15 minutes) est la valeur limite de la moyenne pondérée sur 15 min de la concentration d'un agent chimique, dans la zone respiratoire d'un travailleur. Elle correspond à une exposition mesurée sur une période de référence de 15 minutes pendant un pic d'exposition quelle que soit sa durée. Elle vise à protéger les travailleurs des effets néfastes sur la santé (effets toxiques immédiats ou à court terme, tels que des phénomènes d'irritation), dus à des pics d'exposition.
- Valeur plafond : Concentration atmosphérique dans les lieux de travail qui ne doit être dépassée à aucun moment de la journée. Cette concentration doit être mesurée de manière continue et spécifique.

Le CES Air a retenu comme définition pour les VGAI :

En se basant sur la définition de l'OMS, une VGAI est définie comme une valeur numérique associée à un temps d'exposition correspondant à une concentration dans l'air d'une substance chimique en dessous de laquelle aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé (dans le cas de composés odorants) ne sont en principe attendus pour la population générale. Cette définition est généralement applicable dans le cadre de valeurs guides construites pour protéger d'effets à seuil de dose.

Dans le cas d'effets sans seuil de dose identifié, tels que les effets cancérogènes pour lesquels un mode d'action génotoxique est évoqué, les valeurs guides sont exprimées sous la forme de niveaux de risque correspondant à une probabilité de survenue de la maladie.

En fonction des durées d'exposition considérées et en s'inspirant de définitions généralement admises sur ce sujet, des VGAI peuvent être construites selon la terminologie suivante :

- VGAI court terme si l'effet critique apparaît après une courte durée d'exposition (15 min à quelques jours), généralement unique et à un niveau de concentration élevé. Ce type de valeur permet la protection de la population générale d'effets immédiats.
- VGAI long terme si l'effet critique apparaît suite à une exposition continue à long terme ou s'il est observé suite à une accumulation de la substance dans l'organisme. Ce type de valeur permet la protection de la population générale exposée en continu (plus d'une année) dans les environnements intérieurs en tenant compte des variations des concentrations d'exposition.
- VGAI intermédiaire : proposé par certains organismes, ce type de valeur permet la protection de la population dans le cadre d'une situation particulière d'exposition à une substance pendant une durée supérieure à quelques jours mais inférieure à un an.

4.2.2.2 Métrologie

Dans le cadre de la méthodologie d'évaluation des méthodes de mesures de concentration en polluants dans l'air, les définitions suivantes ont été retenues :

- ▶ **Protocole** : Ce terme désigne les modes opératoires publiés par des organismes reconnus.
- ▶ **Méthode** : Ce terme désigne le principe d'une méthode de mesure d'un polluant dans l'air. Il englobe la technique de prélèvement et la technique d'analyse.

Une même méthode peut donc être déclinée dans différents protocoles.

A titre d'illustration, l'une des méthodes de mesure du formaldéhyde dans l'air consiste à effectuer un prélèvement d'air à l'aide d'une pompe sur un tube de gel de silice imprégné de 2,4- dinitrophénylhydrazine (2,4 DNPH), puis une désorption avec de l'acétonitrile et une analyse par chromatographie en phase liquide à haute performance – détection aux ultraviolets (CLHP/UV). Cette méthode est notamment décrite dans les protocoles suivants : NF X 43-264, NIOSH 2016, MétroPol 001, NF ISO 16000-3, etc.

4.2.3 Objectif

Les méthodes de mesure de la concentration d'une substance dans l'air des lieux de travail et dans l'air intérieur sont évaluées de manière à recommander une ou plusieurs méthodes permettant d'effectuer des mesures de concentration de la substance à des fins de comparaison avec les VLEP recommandées par le CES VLEP et les VGAI recommandées par le CES Air.

L'objectif n'est pas de classer l'ensemble des méthodes selon un système de notation chiffrée mais plutôt de présenter de manière structurée et systématique les critères permettant d'arriver à une recommandation de méthodes qui soit fondée sur un jugement scientifique.

Les méthodes peuvent être classées en quatre catégories en fonction de leur niveau de validation :

- Catégorie 1A : méthodes validées
- Catégorie 1B : méthodes partiellement validées
- Catégorie 2 : méthodes indicatives¹³ (des critères essentiels de validation ne sont pas suffisamment explicites).
- Catégorie 3 : méthodes non recommandées. Cette catégorie englobe les méthodes inadaptées pour lesquelles des critères essentiels de validation ne sont pas remplis ou les méthodes non évaluables pour lesquels des critères essentiels de validation ne sont pas documentés.

4.2.4 Principe général

Dans ce chapitre, le principe général de la démarche d'évaluation des méthodes de mesure est décrit ainsi que les principales évolutions.

Dans le domaine de l'air des lieux de travail, la norme NF EN 482 établit les exigences générales de performance pour les procédures servant à déterminer la concentration des agents chimiques.

Dans le domaine de l'air intérieur, une telle norme n'existe pas. L'évaluation des méthodes de mesure pour la comparaison des VGAI est réalisée depuis 2011 sur la base des exigences de la norme NF EN 482. De plus, avec l'accréditation des laboratoires dans le cadre de la surveillance de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public exigée en 2012, le Comité français d'accréditation (COFRAC) a élaboré un référentiel (LABREF 30) établissant les exigences spécifiques pour les organismes procédant à ces mesures. Ce référentiel renvoie notamment à la norme NF EN 482 pour la mise au point et la validation des méthodes de mesure.

De ce fait, les exigences de cette norme principale sont retenues pour l'évaluation des méthodes de mesure en lien avec les VLEP et les VGAI.

¹³ Dans le cadre de la réglementation sur la surveillance de l'air ambiant, une méthode indicative désigne une méthode pour laquelle l'incertitude est supérieure à celle de la méthode de référence.

Pour l'évaluation des méthodes de mesure pour la comparaison aux VLEP, les durées de prélèvements doivent être les plus proches des durées des VLEP, à savoir 8h pour les VLEP-8h et 15min pour les VLCT-15min.

Pour l'évaluation des méthodes de mesures pour la comparaison aux VGAI, compte tenu des périodes de référence des VGAI élaborées par l'Anses, le GT Métrologie a construit un cadre pour l'évaluation des méthodes de mesure reposant sur le choix d'une durée de prélèvement arbitraire et cohérente avec le type de VGAI :

- VGAI long terme : 7 jours¹⁴
- VGAI court terme (VGAI CT) : durée de référence de la VGAI CT.

Que ce soit dans l'objectif d'évaluer les méthodes de mesures pour le domaine de l'air des lieux de travail ou de l'air intérieur, la méthodologie générale est identique et consiste à :

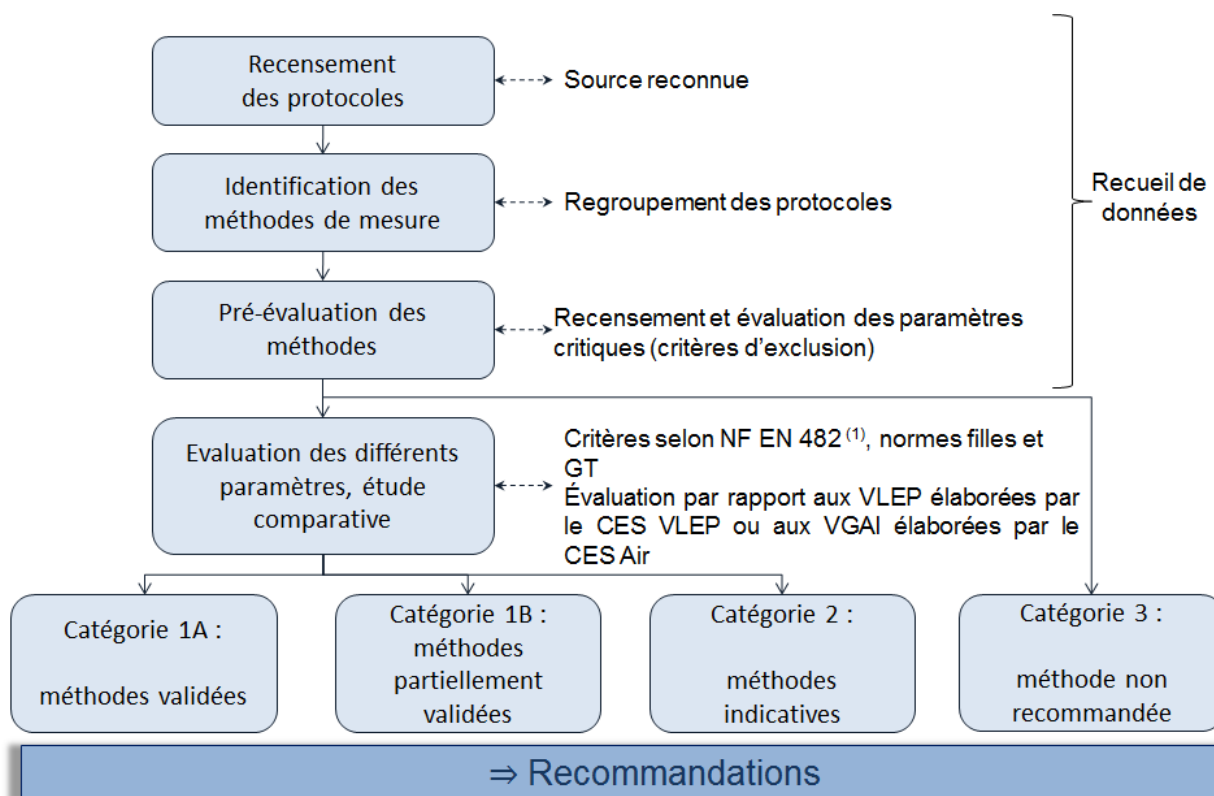
- Recenser les différents protocoles de mesure du polluant dans l'air;
- Identifier les différentes méthodes disponibles en regroupant les protocoles mettant en œuvre les mêmes méthodes ;
- Préévaluer les méthodes en recherchant les critères d'exclusion qui conduisent automatiquement à un classement en catégorie 3 de façon à éviter une analyse plus approfondie alors inutile ;
- Pour les méthodes non préclassées en catégorie 3 :
 - Répertorier différents paramètres visant à évaluer la technique de prélèvement, la technique d'analyse et les performances de la méthode globale ;
 - Evaluer chaque méthode au regard de la conformité aux exigences de performances indiquées notamment dans la norme NF EN 482 et des critères de décision détaillés plus loin dans le document ;
 - Classer chaque méthode en 3 catégories en fonction de l'évaluation précédente :
 - Catégorie 1A : méthodes validées
 - Catégorie 1B : méthodes partiellement validées
 - Catégorie 2 : méthodes indicatives (des critères essentiels de validation ne sont pas suffisamment explicités).
- Recommander la ou les méthodes les plus appropriées pour la mesure des concentrations à des fins de comparaison aux VLEP ou VGAI selon l'objectif.

Il est à noter que l'évaluation des méthodes est réalisée au regard de l'ensemble des données disponibles dans les protocoles mettant en œuvre ces méthodes, et que ce sont les méthodes qui sont classées et non pas les protocoles individuellement.

Les méthodes classées en catégories 1A et 1B sont celles qui sont recommandées de façon préférentielle aux gestionnaires. Les méthodes de catégorie 2, nécessitant une validation complémentaire pour juger de leur applicabilité, sont indicatives. En revanche, les méthodes de catégorie 3 ne sont donc pas recommandées soit du fait d'un manque de données permettant juger de leur applicabilité soit du fait de performances non satisfaisantes pour le contrôle d'une exposition en référence à des VLEP ou à des VGAI.

La Figure 1 schématise les différentes étapes de l'évaluation.

¹⁴ Cette durée de prélèvement de 7 jours a été retenue afin d'évaluer les méthodes de mesure pour la comparaison à des VGAI long terme sur la base d'un cadre constant. Elle ne se substitue pas à la durée de référence de la VGAI long terme ni à la durée de prélèvement à mettre en œuvre sur le terrain.



(1) NF EN 482 : Exposition sur les lieux de travail - Exigences générales concernant les performances des procédures de mesure des agents chimiques

Figure 1 : Principe général

4.3 Exigences de performance pour l'évaluation de chaque méthode

L'évaluation des méthodes de mesure se base :

- sur les exigences de performance générales fixées par la norme NF EN 482.
- sur les exigences complémentaires devant être satisfaites pour certains types particuliers de procédures et de dispositifs de mesurage. Ces exigences concernent notamment¹⁵ :
 - les dispositifs de prélèvement par diffusion (NF EN 838 pour l'air des lieux de travail et NF EN 13528 pour l'air ambiant et intérieur),
 - les dispositifs de prélèvement de gaz et de vapeurs par pompage (NF EN 1076)
 - les pompes de prélèvement (NF EN ISO 13137)
 - les dispositifs de prélèvement de poussières (NF EN 13205 toutes les parties, NF X 43-257, NF X 43-259...)
 - les métaux et métalloïdes (NF EN 13890)
 - les agents chimiques sous forme de mélange de particules aériennes et de vapeur (NF EN 13936)
 - les instruments à lecture directe (NF EN 45544 toutes les parties)
 - sur les exigences devant être satisfaites pour certaines substances et mentionnées dans des normes spécifiques à ces substances.

¹⁵ Liste non exhaustive.

Dans le cas où plusieurs protocoles mettent en œuvre une même méthode, celle-ci est étudiée au regard des données de validation décrites dans chaque protocole. Il peut s'avérer que certains protocoles soient peu détaillés et ne présentent pas l'ensemble des données de validation requises. Dans ce cas, il faut s'assurer que la méthode présente bien les données de validation au travers des données disponibles dans chaque protocole.

4.3.1 Origine de la méthode

Le protocole doit avoir été publié dans une source reconnue.

4.3.2 Description de la méthode

La description doit comprendre toutes les informations nécessaires pour mener à bien la procédure et indique, en outre, l'incertitude élargie qui peut être atteinte, l'étendue de mesure, la durée d'échantillonnage, les interférences et les informations relatives aux conditions environnementales ou autres qui peuvent avoir une influence sur les performances de la procédure de mesure.

4.3.3 Conditions d'échantillonnage

Sélectivité

La procédure de mesure doit spécifier les informations appropriées sur la nature et l'ampleur des interférences, ainsi que les divers moyens d'amoinrir leurs effets.

Les procédures de mesurage des agents chimiques présents sous forme de particules atmosphériques doivent stipuler une méthode pour prélever la fraction de taille à laquelle se rapporte la valeur de référence fixée pour l'agent chimique. Les fractions de taille sont définies dans la norme NF EN 481. Dans le domaine de l'air ambiant, les conventions d'échantillonnage des particules sont différentes et sont mises en relation avec les fractions de taille dans la norme NF ISO 7708.

Si des valeurs de référence différentes sont définies pour différentes espèces d'un agent, la procédure de mesurage doit déterminer chaque espèce concernée.

Description de l'échantillonneur

Dans le domaine de l'air des lieux de travail, dans le cas de l'échantillonnage d'un aérosol, la fraction conventionnelle échantillonnée doit être précisée. Le dispositif d'échantillonnage doit être conforme aux exigences de la norme NF EN 13205 en fonction de la fraction d'aérosol prélevé (inhalable ou alvéolaire). Pour la fraction inhalable, les exigences de la norme NF X43-257 s'appliquent également.

Des exigences supplémentaires spécifiées dans les normes NF EN 838, NF EN 1076, NF EN 1231, NF EN ISO 13137, NF EN 13205 (toutes parties), NF EN 13890 et NF EN 45544 (toutes parties) doivent être satisfaites pour des types particuliers de procédures et de dispositifs de mesure.

En l'absence de normes spécifiques pour l'air intérieur sur le cas d'un échantillonnage de particules en suspension, le dispositif d'échantillonnage doit être conforme aux exigences de la norme NF EN 12341 du domaine de l'air ambiant.

Des exigences pour les échantillonneurs par diffusion sont données dans les normes NF EN 13528 (toutes les parties). La norme NF EN 14412 étend ces exigences au domaine de l'air intérieur.

Volume d'air recommandé (ou durée de prélèvement) :

Concernant la durée de prélèvement, celle-ci doit être dans la mesure du possible la plus proche de la période de la valeur de référence.

Si certaines méthodes sont validées sur des durées de prélèvement très courtes, le groupe de travail vérifiera la possibilité d'allonger les durées de prélèvement en fonction des données de validation et notamment des informations relatives à la capacité du support de prélèvement pour approcher la période de référence.

Le volume prélevé recommandé doit être inférieur aux deux tiers du volume de claquage mesuré conformément à la norme NF EN 1076 dans le cas de prélèvement de gaz ou de vapeur.

Débit de diffusion :

Pour les prélèvements passifs, les débits de diffusion doivent avoir été validés expérimentalement, conformément à la norme NF EN 838 et normes NF EN 13528 ou procédure équivalente.

Rétrodiffusion :

Pour les prélèvements passifs, le biais lié au choix adsorbant non idéal doit être inférieur ou égal à 10%, conformément à la norme NF EN 838 ou procédure équivalente.

Influence des conditions environnementales

L'influence des paramètres environnementaux doit être précisée : température, humidité, pression, vitesse d'air, orientation du dispositif de prélèvement...

4.3.4 Transport et conservation

Un bref descriptif des conditions de transport et de stockage (conditionnement, température, durée...) doit être mentionné. La durée de conservation des échantillons avant analyse doit être précisée. Les études de stabilité et de conservation de l'échantillon doivent être détaillées. Le taux de récupération après stockage permettra d'apprécier les conditions de stockage optimales.

Les valeurs moyennes de récupération après conservation ne doivent pas présenter de différences supérieures à 10% de la concentration initiale pour les prélèvements de gaz et vapeurs conformément aux normes NF EN 1076 et NF EN 13528-2.

Dans le cas d'échantillons nécessitant des conditions particulières de transport et de stockage pour garantir leur intégrité, par exemple transport et stockage à 4°C ou à l'abri de la lumière, celles-ci doivent être explicitées.

4.3.5 Conditions d'analyse

Préparation de l'échantillon

- Les conditions de manipulation de l'échantillon doivent être décrites : désorption, minéralisation, etc.
- Dans le cas des aérosols, la méthode doit préciser si les dépôts sur les parois du dispositif de prélèvement sont pris en compte.

Technique analytique

- La technique et les conditions analytiques doivent être précisées.
- La linéarité du détecteur doit être vérifiée sur l'étendue minimale de mesure.
- La technique analytique doit être spécifique de la substance, les interférences doivent être nulles ou *a minima* identifiées.
- Spéciation : La méthode doit permettre l'identification de la forme chimique pour laquelle la valeur de référence est définie.

4.3.6 Données de validation

Etendue minimale de mesure :

Quel que soit le type de valeur de référence, le domaine de validation doit couvrir au minimum l'intervalle 0,1 à 2 fois la valeur de référence.

Une exception est notée pour les VLCT-15min, pour lesquelles seront considérés deux domaines de validation¹⁶ :

- 0,1 à 2 VLCT-15min pour le contrôle technique réglementaire de la VLCT-15min
- 0,5 à 2 * VLCT-15min pour le suivi des expositions court terme.

Dans le cas d'un protocole qui n'est pas validé sur ces intervalles de concentration, le groupe de travail prend en compte les limites de quantification, ainsi que les données sur la capacité de l'échantillonneur pour évaluer dans quelle mesure le protocole peut être utilisé sur la plage de concentration requise.

Efficacité de désorption

L'efficacité de désorption doit être mentionnée et la méthode de détermination précisée.

Selon les normes NF EN 1076, NF EN 838, NF EN 13528-2, le taux de récupération analytique doit être :

- $\geq 75\%$ (avec coefficient de variation $\leq 10\%$) pour les dispositifs de prélèvement de type A¹⁷
- $\geq 95\%$ (avec coefficient de variation $\leq 10\%$) pour les dispositifs de prélèvement de type B¹⁸

Selon les normes NF EN 13936 et 13890, le taux de récupération analytique doit être $\geq 90\%$ (avec coefficient de variation $\leq 5\%$ pour la norme NF EN 13890).

Volume de claquage / capacité :

Pour les prélèvements actifs sur support adsorbant, le volume de claquage ou la capacité doit avoir été déterminé.

Les conditions de détermination doivent être précisées. Selon la norme NF EN 1076, dans les conditions d'essai précisées, la quantité de substance récupérée dans la section secondaire du dispositif de prélèvement doit être inférieure ou égale à 5 % de la quantité totale récupérée.

Si la quantité est supérieure à 5 %, d'autres essais de claquage du dispositif de prélèvement sont à réaliser pour déterminer ce volume.

Limite de quantification

La limite de quantification doit être précisée et doit permettre de mesurer le dixième de la valeur de référence.

Dans le cas des VLCT-15min, elle doit permettre de mesurer la moitié de la VLCT-15min pour le suivi des expositions court terme et le dixième de la VLCT-15min dans le cadre d'un contrôle technique réglementaire. Les conditions de détermination doivent être précisées. Dans le cas où la limite de quantification n'est pas mentionnée, elle est estimée égale à environ 3,33 fois la limite de détection si cette dernière a été déterminée comme étant 3 fois l'écart-type sur les mesures du blanc.

Limite de détection

¹⁶ Les critères de validation et de performance pour les méthodes destinées au suivi des VLCT sont définis par la norme NF EN 482 sur un intervalle de 0,5 à 2 fois la VLCT. La réglementation française impose, dans le cas de contrôle technique de la valeur limite, que la méthode de mesure permette de mesurer le dixième de la VLCT-15min (Arrêté du 15 décembre 2009 relatif aux contrôles techniques des valeurs limites d'exposition professionnelle sur les lieux de travail et aux conditions d'accréditation des organismes chargés des contrôles, publié au JO du 17 décembre 2009). De ce fait, lorsque la méthode ne permet pas de mesurer le dixième de la VLCT-15min, celle-ci ne peut pas être classée en catégorie 1A ni 1B à des fins de contrôle réglementaire de la VLCT-15min. Par contre, elle pourrait être classée en catégorie 1A ou 1B uniquement à des fins d'évaluation de l'exposition professionnelle.

¹⁷ Dispositif de prélèvement de type A : dispositif basé sur l'adsorption sur un solide ou support imprégné de réactif, la désorption avec un solvant, puis l'analyse du produit de la désorption

¹⁸ Dispositif de prélèvement de type B : dispositif basé sur l'adsorption sur un solide ou support imprégné de réactif, la désorption thermique puis l'analyse du produit de la désorption

La limite de détection et les conditions de détermination doivent être précisées.

Dans le cas où la limite de détection n'est pas mentionnée, elle est estimée égale à 1/3 de la limite de quantification si cette dernière a été déterminée comme étant 10 fois l'écart-type sur les mesures du blanc.

Incertitudes :

Les données permettant d'apprécier l'incertitude de la procédure de mesure (prélèvement et analyse) doivent être mentionnées.

D'après la norme NF EN 482 l'incertitude élargie relative doit être :

- $\leq 50 \%$ sur l'intervalle $0,5$ à $2 * \text{la valeur de référence court terme (VLCT-15min ou VGAI-CT)}$
- $\leq 50 \%$ sur l'intervalle $0,1$ à $0,5 * \text{la valeur de référence long terme (VLEP-8h ou VGAI-LT)}$
- $\leq 30 \%$ sur l'intervalle $0,5$ à $2 * \text{la valeur de référence long terme (VLEP-8h ou VGAI-LT)}$

Dans le cas où l'incertitude élargie n'est pas précisée, le groupe de travail analyse les données d'incertitude disponibles (fidélité, biais, etc....).

4.4 Critères de décision

4.4.1 Grilles de critère de décision

Les méthodes doivent satisfaire les critères et exigences détaillés dans le chapitre précédent.

Néanmoins, de manière à affiner l'évaluation des méthodes et pouvoir les classer suivant les 4 catégories précédemment définies, différents critères de décision ont été établis.

Ces critères sont décrits dans les Tableaux 1 et 2. Les exceptions pour les VLCT-15 min, les VGAI court terme et les VP sont présentées dans le chapitre 4.4.2.

La Figure 2 schématise les différents classements des méthodes au regard des domaines de validation et limites de quantification.

Tableau 1 : grille de décision pour le classement des méthodes – paramètres relatifs au prélèvement

Paramètres	Critère de décision		Classement			
			1A	1B	2	3
La méthode est applicable aux contrôles des VLEP par prélèvement individuel	Oui		X			
	Non					X
Support de prélèvement adapté aux états dans lesquels se trouve l'agent chimique à la P_{atm} et T_{amb} (cas notamment des phases mixtes gaz-vapeur/aérosol solide ou liquide)	Oui		X			
	Partiellement (1 phase)			X		
	Non					X
Dispositif de prélèvement adapté à la fraction conventionnelle à prélever	Oui		X			
	Non					X
Capacité de piégeage (volume de claquage) étudiée en atmosphère contrôlée, déterminée dans les conditions opératoires et suffisante pour mesurer au moins 2 fois la valeur de référence sur une durée de	VLEP-8h	VGAI-LT				
	>4h	> 3,5 jours	X			
	[1-4h] ;	[1-3,5 jours]		X		
	≤ 1h	≤ 1 jour			X	
	Non étudié		voir si étude de rétention			
Capacité de piégeage (rétention) étudiée par injection d'un aliquote directement sur le support ou dans un flux d'air, déterminée dans les conditions opératoires et suffisante pour mesurer au moins 2 fois la valeur de référence sur une durée de	>4h	> 3,5 jours		X		
	≤4h	≤ 3,5 jours			X	
	Non étudié					X
Influence des conditions environnementales sur la capacité de piégeage (humidité relative, température, stabilité du support à la lumière dans le cas de support réactifs (dérivation), vitesse de l'air pour les supports passifs...)	Identification et étude		X			
	Identification			X		
	Pas d'information				X	
Interférences (influence sur la capacité de piégeage notamment)	Identification et étude		X			
	Identification			X		
	Pas d'information				X	
Conservation des échantillons	≥ 8 jours		X			
	4- 8 jours			X		
	2-4 jours				X	
	< 2 jours ou aucun essai					X
Détermination du débit d'échantillonnage pour les supports passifs	Déterminé expérimentalement selon NF EN 838 ou selon NF EN 13528-2 sur la gamme 0,1 – 2 * valeur de référence		X			
	Déterminé expérimentalement selon NF EN 838 ou selon NF EN 13528-2 sur une gamme de concentration différente				X	
	Calculé selon NF EN 838 ou selon NF EN 13528-2				X	
	Calculé différemment					X
Variation du débit d'échantillonnage pour les supports passifs Sur 8 heures (VLEP) / sur 7 jours (VGAI)	≤ 10%		X			
]10-20]%				X	
	> 20% ou NR					X
Rétrodiffusion : Sur 8 heures (VLEP) / sur 7 jours (VGAI)	≤10%		X			
]10 - 20 %]				X	
	> 20 % ou NR					X

Tableau 2 : grille de décision pour le classement des méthodes – paramètres relatifs à l'analyse

Paramètres	Critère de décision	Classement			
		1A	1B	2	3
Technique d'analyse adaptée au regard de l'agent chimique à doser	Adaptée	X			
	Non adaptée				X
Sélectivité	oui	X			
	non			X	
Rendement d'adsorption/désorption - rendement de minéralisation déterminé sur le domaine de validation	Avec plusieurs concentrations	X			
	Une concentration		X		
	Une concentration ou gamme de concentration supérieure			X	
	Non déterminé ou valeur non conforme aux exigences des normes				X
Interférences analytiques	Identification et étude	X			
	Identification		X		
	Pas d'information			X	
Limites de quantification, étendue de mesure adaptée à des concentrations correspondant aux valeurs de référence	Adaptées	X			
	Partiellement adaptées		X		
	Adaptables			X	
	Non adaptées				X
Données d'incertitudes (prélèvement + analyse)	Incertitudes élargies conformes EN 482	X			
	Autres données d'incertitudes		X		
	Aucune donnée ou incertitude élargie non-conforme NF EN 482				X

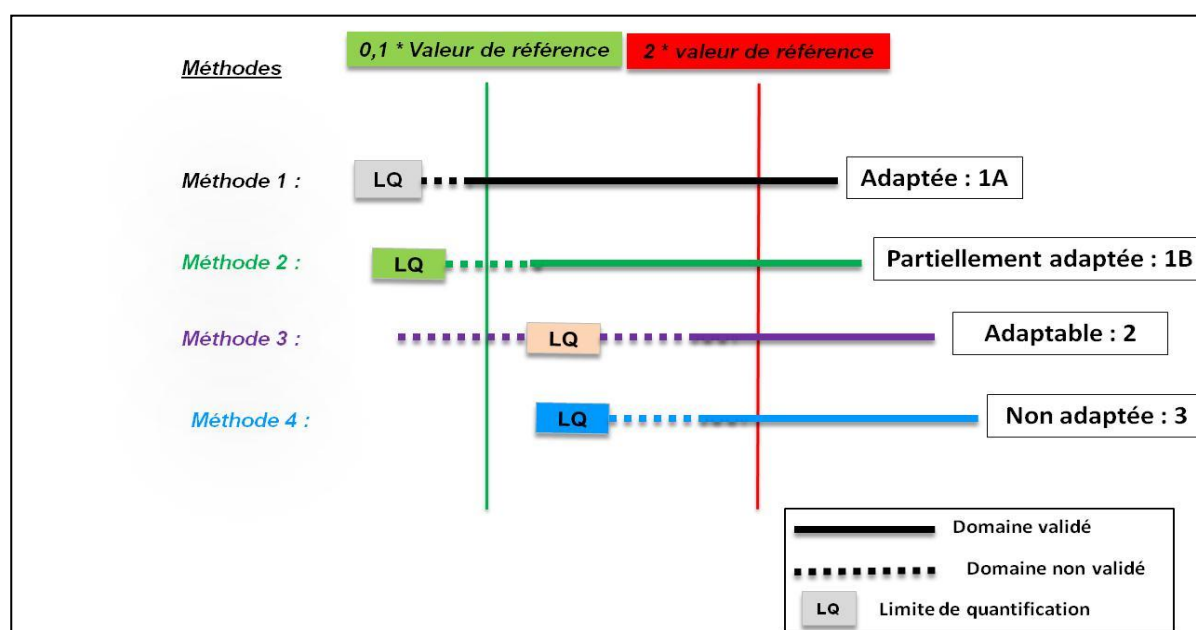


Figure 2 : Représentation graphique du critère de décision relatif aux limites de quantification et étendue de mesure

4.4.2 Exceptions

4.4.2.1 Suivi des valeurs de référence court terme

4.4.2.1.1 *Suivi des VLCT-15min*

Pour l'évaluation des méthodes au regard d'une VLCT-15min, les critères définis précédemment s'appliquent également, à l'exception des critères relatifs à la capacité de piégeage, à la variation de débit et à la rétrodiffusion.

Une autre exception est l'intervalle d'applicabilité de la méthode qui doit couvrir 0,5 à 2*VLCT-15min.

4.4.2.1.2 *Suivi des VGAI court terme*

Pour l'évaluation des méthodes au regard d'une VGAI court terme, les critères définis précédemment s'appliquent à l'exception des critères relatifs à la capacité de piégeage, à la variation de débit et à la rétrodiffusion.

4.4.2.2 Suivi des valeurs plafond

Compte tenu de la définition et de la finalité de la valeur plafond, les méthodes de mesure consistant à effectuer un prélèvement d'air puis une analyse en différé ne conviennent pas pour le suivi et le contrôle de ce type de valeur limite.

Pour le suivi des valeurs plafond, il doit donc être recherché en priorité l'existence de systèmes de mesure individuels et spécifiques pour le suivi en continu de la concentration avec résultats en temps réel.

Ces dispositifs doivent satisfaire aux exigences générales de la norme NF EN 482 et aux exigences particulières de la norme NF EN 45544 relative uniquement aux gaz et vapeurs. Il faudra porter particulièrement attention aux caractéristiques suivantes (cf. Annexe 3) :

- Problème d'échelle de concentration mesurable
- Sensibilité
- Temps de réponse
- Sélectivité (notamment avec l'utilisation d'une cellule électrochimique)
- ...

Dans le cas où il n'existe pas de système de mesure de la concentration en continu portable individuel, alors les systèmes de mesure de la concentration en continu portables, transportables ou à poste fixe seront également évalués. Dans le cas où il n'existe aucun système de mesure de la concentration en continu, alors l'existence d'autres méthodes de mesure de la concentration sera mentionnée, tout en précisant clairement que ces méthodes ne sont pas adaptées pour le contrôle d'une valeur plafond. Par conséquent ces méthodes seront classées en catégorie 3. A titre informatif, le domaine d'utilisation de ces méthodes sera également précisé.

Le Tableau 3 ci-dessous présente les différents types de méthode et leur classement possible en fonction de leur performance pour le suivi et le contrôle des valeurs plafond :

Tableau 3 : Exigences pour les différents types de méthodes à recenser pour le suivi des valeurs plafonds

Type de méthode	Classement maximal	Exigences
Mesure en continu de l'exposition à l'aide d'un analyseur individuel	1A	Conformité à la norme NF EN 45554
Mesure en continu de l'exposition ou de la concentration dans l'air des lieux de travail à l'aide d'un analyseur portable	1B	Conformité à la norme NF EN 45554
Mesure en continu de la concentration dans l'air des lieux de travail à l'aide d'un appareil fixe ou transportable	2	Conformité à la norme NF EN 45554
Mesure ponctuelle à l'aide d'un appareil ou dispositif à réponse immédiate (tubes détecteurs par exemple)	3	Conformité à la norme NF EN 1231
Mesure ponctuelle à l'aide d'un appareil ou dispositif à réponse différée nécessitant une analyse en laboratoire	3	-

4.5 Éléments complémentaires

Adaptabilité de la méthode en cas d'une baisse significative de la valeur de référence

Les conditions de prélèvement et d'analyse sont examinées également afin de vérifier si elles peuvent être adaptées en cas d'une baisse significative de la valeur de référence notamment au regard des limites de quantification, conditions de prélèvement, etc....

Capacité de la méthode pour le suivi d'une VLCT-15min

Dans le cas où les protocoles de mise en œuvre d'une méthode ne précisent pas clairement qu'ils sont applicables pour le suivi d'une VLCT-15min, les données relatives au prélèvement, les limites de quantification, la capacité de l'échantillonneur, l'efficacité de désorption et le taux de récupération sont examinées, afin de vérifier si la méthode est applicable ou non pour le suivi des VLCT-15min.

Facilité de mise en œuvre (coût, matériel nécessaire...)

Le cas échéant, si la méthode nécessite un matériel spécifique ou des conditions particulières pour être mise en œuvre, ces conditions sont explicitement mentionnées.

Sécurité de mise en œuvre :

La mise en œuvre de la méthode (prélèvement et analyse) ne doit pas constituer une source de risque potentiel pour la santé et la sécurité du travailleur.

4.6 Démarche d'évaluation des méthodes

4.6.1 Recensement des protocoles

Les dispositifs de mesure mettant en œuvre des tubes colorimétriques ne sont pas adaptés pour la comparaison à des valeurs de référence par manque de sensibilité, de données de validation et du fait d'une mise en œuvre sur quelques minutes.

Ils sont plutôt développés à des fins d'estimation rapide d'un niveau de concentration pour des situations accidentelles ou d'identification de sources de pollution par exemple.

Les dispositifs de mesure en continu ne sont habituellement pas des systèmes de mesure individuels et par conséquent ne sont pas adaptés pour la comparaison à des VLEP-8h ou VLCT-15min, mais peuvent être appropriés pour le suivi d'une valeur plafond. Par ailleurs, ces dispositifs manquent généralement de sensibilité et de données de validation.

Dans le domaine de l'air intérieur, la mise en œuvre de dispositifs en continu peut être contraignante en termes d'encombrement, de nuisances sonores notamment.

De ce fait, ces dispositifs de mesure ne seront donc généralement pas recensés ni systématiquement évalués dans le cadre de ces travaux d'expertise, excepté dans le cas d'une valeur plafond.

4.6.1.1 Pour la comparaison à des VLEP

Les protocoles doivent être publiés dans une source reconnue et doivent permettre l'évaluation de l'exposition professionnelle c'est-à-dire mettant en œuvre des méthodes de mesure individuelle.

Les protocoles spécifiant des mesures à poste fixe uniquement, des mesures environnementales ou des mesures de la qualité de l'air intérieur ne sont pas évalués. Néanmoins, ils pourront être recensés et détaillés s'il n'existe pas de protocole de mesure individuelle suffisamment validé.

Les principales sources consultées sont les suivantes (liste non exhaustive) :

- France : INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité - base de données MétroPol)
<http://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>
- Europe : Base de données Gestis : regroupement de méthodes européennes validées, centralisées au BGIA (Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz) Allemagne
<http://amcaw.ifa.dguv.de/WForm09.aspx>
- Espagne : INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo)
<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca/?vgnnextoid=f6a8908b51593110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>
- UK: HSE (Health and Safety Executive)
<http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/index.htm>
- Allemagne : IFA (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung), IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen :
<http://www.ifa-arbeitsmappdigital.de/sg/9/inhalt.html>
- Allemagne : The MAK Collection for Occupational Health and Safety – Air Monitoring Methods
<http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/topics>
- Canada : IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité au travail)
<http://www.irsst.qc.ca/-listersst.html>
- USA: NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)
<http://www.cdc.gov/niosh/nmam/default.html>
- USA: OSHA (Occupational Safety and Health Administration)
<http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/toc.html>
- Si besoin, la littérature scientifique internationale pertinente.

Organismes de normalisation :

- AFNOR : Normes préparées ou examinées par la commission X43C « Air des lieux de travail » (code ICS 13.040.30) : <http://www.afnor.fr>
- ISO : Normes préparées ou examinées par le sous-comité TC 146/SC 2 « atmosphères des lieux de travail » (code ICS 13.040.30) : <http://www.iso.org>
- CEN : Normes préparées ou examinées par le sous-comité TC 137 «Evaluation de l'exposition aux agents chimiques et biologiques sur le lieu de travail » : <http://www.cen.eu/>

4.6.1.2 Pour la comparaison à des VGAI

Les protocoles doivent être publiés dans une source reconnue. Sur la base de la définition des VGAI, les protocoles doivent permettre de mesurer une concentration dans l'air associée à un temps d'exposition. Communément, cette définition renvoie à une mesure d'ambiance qui repose sur des dispositifs de mesure

à positionner dans une pièce. Les systèmes de prélèvement individuel renvoient quant à eux à l'exposition d'une personne pouvant fréquenter différents environnements sur le temps d'exposition. L'ensemble de ces protocoles décrits pour l'air intérieur seront recensés et détaillés en vue d'une évaluation.

En revanche, les protocoles permettant d'évaluer l'exposition professionnelle mettant en œuvre des méthodes de mesure individuelle ne sont pas évalués. Néanmoins, ils pourront être recensés et détaillés s'il n'existe pas de protocole de mesure suffisamment validé.

Les principales sources consultées sont les suivantes (liste non exhaustive) :

- LCSQA : Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air : <http://www.lcsqa.org/rapports>
- OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
- EPA: Environmental protection agency (USA) : Air Monitoring Methods – Indoor air (IP), Inorganic (IO) et Toxic Organic (TO) Compendium Methods.
<http://www.epa.gov/ttn/amtic/>
<http://www.arb.ca.gov/research/indoor/methods.htm>
- Si besoin, la littérature scientifique internationale pertinente.

Organismes de normalisation :

- AFNOR : Normes préparées ou examinées par la commission X43 I « Air intérieur » ou par la commission X43D « qualité de l'air – atmosphères ambiantes » : <http://www.afnor.fr>
- ISO : Normes préparées ou examinées par le sous-comité TC 146/SC6 « air intérieur » ou SC3 « atmosphères ambiantes » : <http://www.iso.org>
- CEN : Normes préparées ou examinées par le sous-comité TC 264 « Qualité de l'air » : <http://www.cen.eu/>

4.6.2 Identification des différentes méthodes disponibles

Les différentes méthodes sont identifiées au travers des protocoles recensés.

Les protocoles mettant en œuvre une même méthode de mesure, c'est-à-dire que le dispositif de prélèvement, la technique de préparation de l'échantillon et la technique d'analyse sont analogues, sont regroupés.

4.6.3 Recherche des critères d'exclusion

Les critères d'exclusion sont les critères essentiels dont le non-respect amène à ne pas recommander ces méthodes de mesure, correspondant au classement de la méthode en catégorie 3.

Hormis pour le cas des valeurs plafond, les critères d'exclusion sont les suivants (Cf. aussi Tableau 1 et Tableau 2) :

- concernant le prélèvement :
 - prélèvement non individuel pour la comparaison aux VLEP
 - support de prélèvement inadapté aux états dans lesquels se trouve l'agent chimique à la pression atmosphérique et à température ambiante (20-25°C) : cas notamment des phases mixtes gaz-vapeur/aérosol solide ou liquide
 - support de prélèvement inadapté à la fraction à prélever
 - absence d'étude de la capacité de piégeage et de la rétention
 - débit d'échantillonnage pour les supports passifs non calculé selon NF EN 838 ou selon NF EN 13528-2 et non déterminé expérimentalement
 - absence de donnée sur la conservation des échantillons (ou taux de récupération insuffisant) ou durée de conservation des échantillons inférieure à 2 jours.
 - variation du débit
 - rétrodiffusion
- concernant l'analyse :
 - technique d'analyse inadaptée au regard de l'agent chimique à doser

- étendue de mesure et limites de quantification inadaptées
- rendement d'adsorption/désorption non déterminé ou insuffisant
- concernant la performance de la méthode globale :
 - absence de donnée relative à l'incertitude de la méthode ou incertitude élargie non-conforme aux exigences de la norme NF EN 482.

Dès lors qu'un de ces critères est rencontré, la méthode est classée en catégorie 3 et ne fait pas l'objet d'une évaluation détaillée.

4.6.4 Recueil des données nécessaires à l'évaluation

Si aucun critère d'exclusion n'a pu être établi, alors la méthode fait l'objet d'une évaluation détaillée.

Pour réaliser cette évaluation, différents paramètres sont répertoriés à partir des protocoles similaires décrivant la méthode.

Ce recensement est effectué à l'aide des 2 tableaux suivants (Tableau 4 et Tableau 5) :

Tableau 4 : Paramètre descriptifs

Méthode n° XX – prélèvement – traitement échantillon - analyse		Protocole n°1	Protocole n°2
Paramètres descriptifs			
Gaz/vapeur - Aérosol - Mixte	<i>Préciser s'il s'agit de la forme gazeuse ou particulaire, ou les deux. Dans le cas d'aérosol préciser la fraction conventionnelle prélevée.</i>		
Prélèvement	Actif / passif	<i>Préciser si le prélèvement est actif (passage d'un flux d'air au moyen d'une pompe) ou d'un prélèvement passif (diffusion de l'air au travers du média)</i>	
	Système de prélèvement	<i>Préciser le système de prélèvement (cassette fermée, tube, cyclone...), la nature du support de prélèvement (filtre fibre de verre, charbon actif...) et ses caractéristiques (diamètre, quantité d'adsorbant...)</i>	
	Débit	<i>Préciser le débit recommandé. Dans le cas de prélèvement passifs, préciser le débit d'échantillonnage (si le débit d'échantillonnage est donné par le fabricant, noter (F) ; ou si l'on dispose des données de validation expérimentale, noter (Ex))</i>	
	Volume	<i>Préciser le volume d'air recommandé</i>	
	Durée	<i>Préciser la durée d'échantillonnage recommandée.</i>	
Analyse	Préparation échantillon	<i>Préciser les conditions de préparation de l'échantillon : désorption/dissolution (nature du solvant, dissolution du filtre/cassette, désorption thermique...)</i>	
	Technique d'analyse	<i>Préciser la technique d'analyse utilisée : GC, HPLC, ICP, chromatographie ionique...</i>	
	Paramètres analytiques	<i>Préciser les principaux paramètres analytiques</i>	

Tableau 5: Données de validation

Méthode n° XX – prélèvement – traitement échantillon - analyse		Protocole n°1	Protocole n°2
Domaine de validation	<i>Préciser l'étendue de mesurage sur laquelle a été validée la méthode</i>		
Coefficient de désorption / Efficacité de désorption / taux récupération analytique	<i>Préciser les valeurs des coefficients de partage et d'adsorption-désorption, leurs critères d'acceptation</i>		
Données de validation expérimentale du débit d'échantillonnage	<i>A remplir dans le cas de support passif</i>		
Données de stabilité du débit d'échantillonnage	<i>A remplir dans le cas de support passif</i>		
Rétrodiffusion	<i>A remplir dans le cas de support passif</i>		
Capacité / Volume de claquage	<i>Dans le cas de prélèvement actif sur tube adsorbant, préciser les conditions de détermination</i>		
Linéarité de réponse du détecteur (instrument d'analyse)	<i>Préciser si la linéarité a été vérifiée (Capacité à fournir des réponses proportionnelles à la concentration en analyte à doser)</i>		
Essais de conservation et de stockage avant analyse	<i>Préciser les conditions de stockage et transport à respecter. Mentionner s'il y a eu des études de perte d'analyte en fonction du temps,</i>		
Taux de récupération après stockage	<i>Renseigner le taux de récupération après stockage</i>		
Conditions environnementales	<i>Préciser, le cas échéant, l'influence des paramètres environnementaux : température, pression, hygrométrie, vitesse du vent, orientation du dispositif de prélèvement...</i>		
Sélectivité / Interférences	<i>Préciser l'influence d'éventuels interférents (interférents sur le prélèvement et interférents sur l'analyse)</i>		
Spéciation	<i>Préciser si la méthode permet l'identification de la forme chimique sous laquelle se trouve la substance</i>		
Conditions de détermination de VLEP-8h / VGAI Long terme	Estimation de l'incertitude élargie	<i>Inclure si possible incertitude du prélèvement + incertitude analyse. Détailler dans la mesure du possible les différentes composantes de l'incertitude.</i>	
	Limite de détection	<i>Mentionner la valeur donnée et convertie en concentration dans l'air mg.m⁻³. Préciser le mode de détermination et le volume prélevé</i>	
	Limite de quantification	<i>Mentionner la valeur donnée et convertie en concentration dans l'air mg.m⁻³. Préciser le mode de détermination et le volume prélevé</i>	
Conditions de détermination de VLCT-15min / VGAI Court terme	Estimation de l'incertitude élargie	<i>Inclure si possible incertitude du prélèvement + incertitude analyse. Détailler dans la mesure du possible les différentes composantes de l'incertitude.</i>	
	Limite de détection	<i>Mentionner la valeur donnée et convertie en concentration dans l'air mg.m⁻³. Préciser le mode de détermination et le volume prélevé</i>	
	Limite de quantification	<i>Mentionner la valeur donnée et convertie en concentration dans l'air mg.m⁻³. Préciser le mode de détermination et le volume prélevé</i>	
INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES			
Informations complémentaires	<i>Donner toute information complémentaire permettant de compléter le jugement sur une méthode donnée : caractère pratique, disponibilité des matériels ou des réactifs, facilité de mise en œuvre...</i>		

4.6.5 Classement des méthodes

L'évaluation de chaque méthode s'effectue au regard de la conformité aux exigences de performances indiquées notamment dans la norme NF EN 482 et des critères de décision détaillés précédemment (cf. chapitre 4.4.1) sur la base des données recueillies (cf. chapitre 4.3). Cette évaluation conduit au classement suivant :

- Catégorie 1A : méthodes validées
- Catégorie 1B : méthodes partiellement validées
- Catégorie 2 : méthodes indicatives (des critères essentiels de validation ne sont pas suffisamment explicités).
- Catégorie 3 : méthodes non recommandées, Cette catégorie englobe les méthodes inadaptées pour lesquelles des critères essentiels de validation ne sont pas remplis ou les méthodes non évaluables pour lesquels des critères essentiels de validation ne sont pas documentés.

Chaque méthode est classée en fonction de la notation la plus basse attribuée à un des critères d'évaluation.

Néanmoins, en fonction du critère concerné, et sur la base du jugement d'expert, il n'est pas exclu que la méthode puisse être classée à un niveau supérieur ou inférieur sous réserve que cela puisse être clairement justifié.

4.6.6 Elaboration des recommandations

Une étude comparative et détaillée des méthodes est ensuite réalisée au regard des différentes données de validation et de la faisabilité technique de manière à recommander la ou les méthodes les plus appropriées pour la mesure des concentrations à des fins de comparaison aux différentes valeurs de référence recommandées.

Une ou plusieurs méthodes peuvent être recommandées. Dans tous les cas, les conditions d'applicabilité de chaque méthode seront précisées et notamment pour quel type de valeur les méthodes sont recommandées.

Lorsqu'il s'avère qu'aucune méthode n'est suffisamment validée, l'usage ou le développement d'une méthode de mesure peuvent être recommandés en soulignant les limites de celle-ci et en précisant notamment les paramètres nécessitant une validation complémentaire.

Lorsqu'une méthode comporte un danger ou une contrainte particulière, que ce soit pendant la phase de prélèvement ou la phase d'analyse, ceux-ci sont soulignés dans le rapport et des recommandations peuvent être émises pour la mise en œuvre de cette méthode ou pour des améliorations éventuelles à apporter.

Dans le cas où aucune méthode n'est décrite pour la substance étudiée, les recommandations basées sur des informations tirées de la littérature peuvent être émises.

5 Conclusions

Le principal objectif d'une valeur guide de qualité d'air intérieur est de proposer un cadre de référence afin de protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air par inhalation et ainsi servir à des actions 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.

La méthode d'élaboration des VGAI se déroule comme suit :

- Pour les substances faisant l'objet d'une VGAI OMS, une analyse critique de la VGAI proposée sera réalisée en première intention ;
- Pour les substances ne faisant pas l'objet d'une VGAI OMS, ou si la VGAI proposée par l'OMS n'est pas jugée pertinente, la construction de VGAI sera réalisée sur la base de l'identification des effets sanitaires liés à une exposition au polluant étudié et de la revue des valeurs de références existantes ;
- Dans tous les cas, les VGAI proposées seront accompagnées :
 - 1/ d'une analyse des méthodes de mesure disponibles,
 - 2/ d'éléments d'orientation pour la stratégie d'échantillonnage et
 - 3/ d'une mise en perspective des valeurs établies, de l'identification des situations à risque et d'une proposition, lorsque cela est disponible, d'éléments pouvant permettre la quantification du gain sanitaire lié au respect de la VGAI ;
- Une mise à jour des VGAI déjà publiées après analyse de nouvelles valeurs OMS ou nouvelle étude d'intérêt sur les effets sur la santé liés à une exposition à un des polluants déjà étudiés.

La démarche de proposition de VGAI est présentée schématiquement par la Figure 3 :

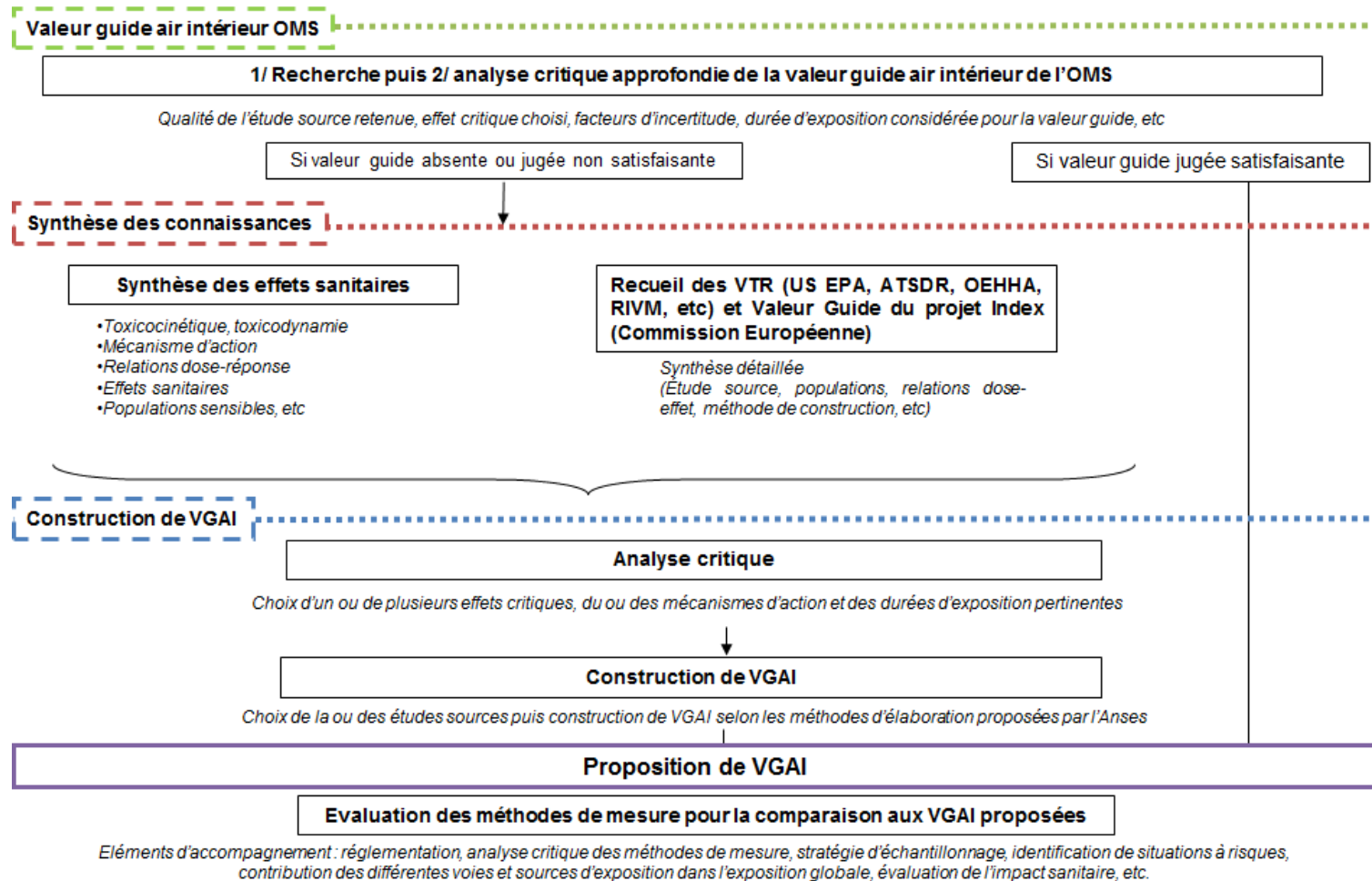


Figure 3 : Méthodes d'élaboration de VGAI proposée par l'Anses

6 Bibliographie

- Afsset (2006). Procédure de qualification des matériaux de construction sur la base de leurs émissions en composés organiques volatils et de critères sanitaires. 136 p.
- Afsset (2007a). En partenariat avec le CSTB. Valeurs guides de qualité d'air intérieur : document cadre et éléments méthodologiques. 53 p.
- Afsset (2007b). En partenariat avec le CSTB. Valeurs guides de qualité d'air intérieur : Formaldéhyde. 78 p.
- Afsset (2007c). En partenariat avec le CSTB. Valeurs guides de qualité d'air intérieur : Monoxyde de carbone. 68 p.
- Afsset (2007d). Étude d'impact sur les coûts que représentent pour l'Assurance maladie certaines pathologies liées à la pollution ; Rapport d'analyse. 137 p.
- Afsset (2008). En partenariat avec le CSTB. Valeurs guides de qualité d'air intérieur : Benzène. 89 p.
- Afsset (2009a). En partenariat avec le CSTB. Valeurs guides de qualité d'air intérieur : Le trichloroéthylène. 77 p.
- Afsset (2009b) En partenariat avec le CSTB. Valeurs guides de qualité d'air intérieur : Le naphtalène. 77 p.
- Afsset (2009c). Procédure de qualification des émissions de composés organiques volatils par les matériaux de construction et produits de décoration. 75 p.
- Afsset (2010a). En partenariat avec le CSTB. Valeurs guides de qualité d'air intérieur : Les particules. 90 p.
- Afsset (2010b). En partenariat avec le CSTB. Valeurs guides de qualité d'air intérieur : Le tétrachloroéthylène. 104 p.
- Afsset (2010c). Document de référence pour la construction et la mesure de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel. 104 p.
- Afsset (2010d). Elaboration de Valeurs Toxicologiques de Référence : guide méthodologique. 37 p.
- Afsset (2010e). Méthode de construction de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour les substances chimiques cancérigènes. 100 p.
- Afsset (2010f). Elaboration de VTR fondées sur les effets reprotoxiques. 138 p.
- Agencia para a Energia. (2007). Certificado de desempenho energético e da qualidade do ar interior. Entidades supervisoras: Direcção Geral de Geologia e Energia, Instituto do Ambiente, Entidade gestora, Portugal.
- Alméras C. (2010). Hiérarchisation sanitaire des polluants de l'environnement intérieur : mise à jour pour le cas des logements et extrapolation à d'autres environnements intérieurs. Observatoire de la qualité de l'air intérieur. A paraître.
- Anses (2011) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur. Evolution de la méthode d'élaboration des valeurs guides de qualité d'air intérieur. Agence nationale de sécurité sanitaire, Maisons-Alfort, France.
- Anses (2015) Valeurs toxicologiques de référence (VTR) Guide d'élaboration de VTR. Rapport d'expertise collective Seconde édition - mise à jour septembre 2015
- Arrêté du 15 décembre 2009 relatif aux contrôles techniques des valeurs limites d'exposition professionnelle sur les lieux de travail et aux conditions d'accréditation des organismes chargés des contrôles
- Azuma K, Uchiyama I, Ikeda K. (2007). The risk screening for indoor air pollution chemicals in Japan. *Risk Anal.*;27(6):1623-38.

Bonvallet N, Mandin C, Mercier F *et al.* (2010). Health ranking of ingested semi-volatile organic compounds in house dust: an application to France. *Indoor Air*;20:458-472.

COMEAP (2004) Report : Guidance on the Effects on Health of Indoor Air Pollutants.

COFRAC (2012) Exigences spécifiques pour l'accréditation des organismes procédant aux mesures de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public. Document LAB REF 30. Révision 00. Section Laboratoire

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

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

Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public

Décret n°2009-1570 du 15 décembre 2009 relatif au contrôle du risque chimique sur les lieux de travail

Loi 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1) ;

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020949548&dateTexte=&categorieLien=id>

Loi 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (1). <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000022470434>

Décret n° 2008-244 du 7 mars 2008 relatif au code du travail (partie réglementaire) (Article R4412-149 et Article R4412-150)

Décision européenne 2007/565/EC du 14 août 2007 concernant la non-inscription, à l'annexe I, I A ou I B de la directive 98/8/CE du Parlement européen et du Conseil concernant la mise sur le marché des produits biocides, de certaines substances devant faire l'objet d'un examen dans le cadre du programme de travail de dix ans visé à l'article 16, paragraphe 2, de ladite directive

Directive européenne 98/8/CE du parlement européen et du conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides

European Commission (2005). Joint Research Centre (JRC). Final Report. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU : The INDEX project. Institute for Health and Consumer Protection, Physical and Chemical Exposure Unit. 337 pages. I-21020 Ispra (VA), Italy.

Fascicule de Documentation FD CEN/TR 13205-3 (novembre 2014) - Exposition sur les lieux de travail - Évaluation des performances des instruments de mesurage des concentrations d'aérosols - Partie 3 : Analyse des données d'efficacité de prélèvement

Glorennec P, Bemrah N, Tard A *et al.* (2007). Probabilistic modeling of young children's overall lead exposure in France: Integrated approach for various exposure media. *Environment International* 33: 937-945.

HCSP (2009). Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos. Présentation de la démarche méthodologique. 23 p.

Hong-Kong (2003a). Guidance Notes for the Management of Indoor Air Quality in Offices and Public Places, HKSAR (Hong Kong Special Administrative Region), Indoor Air Quality Management Group. http://www.iaq.gov.hk/guidance/publications_guidance.htm ou <http://www.iaq.gov.hk/cert/doc/CertGuide-eng.pdf>

Hong-Kong (2003b). Practice Note for Managing Air Quality in Air-conditioned Public Transport Facilities, Buses (Practice Note PN 1/03) & Railways (Practice Note PN 2/03), Environmental Protection Department. Notes téléchargeables sur : http://www.epd.gov.hk/epd/english/resources_pub/publications/files/pn03_1.pdf et http://www.epd.gov.hk/epd/english/resources_pub/publications/files/pn03_2.pdf

IEH (2001) The issues and implications of setting and applying indoor air quality guidelines, S. Short, Institute for Environment and Health. <http://www.le.ac.uk/ieh/pdf/IAQmtgprep.pdf>

InVS (2007). Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine Concepts et méthodes. 36 p.

Klimisch H.-J., Andreae M., Tillmann U. (1997) A systematic approach for evaluating the quality of experimental toxicological and ecotoxicological data. *Regul Toxicol Pharmacol*; 25:1-5.

Lai H.K., Kendall M., Ferrier H., *et al.* (2004). Personal exposures and microenvironment concentrations of PM_{2.5}, VOC, NO₂ and CO in Oxford, UK. *Atmospheric Environment* 38: 6399-10.

Langer S, Weschler C-J, Fischer A, *et al.* (2010). Phthalate and PAH concentrations in dust collected from Danish homes and daycare centers. *Atmospheric Environment* 44 : 2294-2301.

Logue J. M., McKone T. E., Sherman M. H. *et al.* (2010) Hazard assessment of chemical air contaminants measured in residences. *Indoor Air*. Article first published online: 20 JUL 2010. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2010.00683.x.

LOI n° 2008-757 du 1er août 2008 relative à la responsabilité environnementale et à diverses dispositions d'adaptation au droit communautaire dans le domaine de l'environnement. <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000019277729>

Mosqueron L, Nedellec V. (2002). Hiérarchisation sanitaire des paramètres mesurés dans les bâtiments par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur. Rapport final. <http://www.air-interieur.org/>

Mosqueron L, Nedellec V. (2004). Mise à jour de la hiérarchisation sanitaire des paramètres d'intérêt de l'observatoire de la qualité de l'air intérieur : Application aux esters de phtalate, paraffines chlorées à chaînes courtes, organoétains, alkyl phénols et retardateurs de flamme bromés. <http://www.air-interieur.org/>

Mussig-Zufika M, Becker K, Conrad A *et al.* (2008). M. Stoffgehalte im Hausstaub aus Haushalten mit Kindern in Deutschland. Kinder-Umwelt-Survey 2003/06. Umweltbundesamt. 1-59.

Nielsen, G.D., Hansen, L.F., Nexoe, B.A., *et al* (1996). Toxicological Based Air Quality Guidelines For Substances In Indoor Air, NKB - Nordisk Komité for Byggebestemmelser (Nordic Committee on Building Regulations).

Norme NF X 43-257 (Mai 2008) - Qualité de l'air - Air des lieux de travail - Prélèvement d'aérosol à l'aide d'une cassette (orifice 4 mm)

Norme NF X43-259 (Mai 1990) - Qualité de l'air - Air des lieux de travail - Prélèvement individuel ou à poste fixe de la fraction alvéolaire de la pollution particulaire. Méthode de séparation par cyclone 10 mm.

Norme NF X 43-298 (Novembre 2013) - Air des lieux de travail - Conduite d'une intervention en vue d'estimer l'exposition professionnelle aux agents chimiques par prélèvement et analyse de l'air des lieux de travail

Norme XP X 43-402 (Août 1995) Qualité de l'air - Stratégie d'échantillonnage des polluants chimiques de l'atmosphère intérieure des locaux - Recommandations. AFNOR (Indice de classement : X43-402)

Norme NF EN 482 (juillet 2012) - Atmosphères des lieux de travail - Exigences générales concernant les performances des modes opératoires de mesurage des agents chimiques. AFNOR

Norme NF EN 838 (avril 2010) - Exposition sur les lieux de travail - Procédures pour le mesurage des gaz et vapeurs à l'aide de dispositifs de prélèvement par diffusion - Exigences et méthodes d'essai

Norme NF EN 1076 (janvier 2010) - Exposition sur les lieux de travail - Procédures pour le mesurage des gaz et vapeurs à l'aide de dispositifs de prélèvement par pompage - Exigences et méthodes d'essai

Norme NF EN 1540 (Février 2012) - Exposition des lieux de travail - Terminologie

Norme NF EN 12341 (Juin 2014) - Air ambiant - Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP10 ou MP2,5 de matière particulaire en suspension

Norme NF EN ISO 13137 (décembre 2013) - Air des lieux de travail - Pompes pour l'échantillonnage individuel des agents chimiques et biologiques - Exigences et méthodes d'essai

Norme NF EN 13205-1 (août 2014) - Exposition sur les lieux de travail - Évaluation des performances des dispositifs de prélèvement pour le mesurage des concentrations de particules en suspension dans l'air - Partie 1 : exigences générales

Norme NF EN 13205-2 (août 2014) - Exposition sur les lieux de travail - Évaluation des performances des dispositifs de prélèvement pour le mesurage des concentrations de particules en suspension dans l'air - Partie 2 : essai de performances en laboratoire par détermination par l'efficacité de prélèvement

Norme NF EN 13205-4 (août 2014) - Exposition sur les lieux de travail - Évaluation des performances des dispositifs de prélèvement pour le mesurage des concentrations de particules en suspension dans l'air - Partie 4 : essai de performances en laboratoire par comparaison des concentrations

Norme NF EN 13205-5 (août 2014) - Exposition sur les lieux de travail - Évaluation des performances des dispositifs de prélèvement pour le mesurage des concentrations de particules en suspension dans l'air - Partie 5 : essais de performances des échantillonneurs d'aérosols, réalisés sur les lieux de travail

Norme NF EN 13205-6 (août 2014) - Exposition sur les lieux de travail - Évaluation des performances des dispositifs de prélèvement pour le mesurage des concentrations de particules en suspension dans l'air - Partie 6 : essais de manipulation et de transport

NF EN 13528 - Qualité de l'air - Echantillonneurs par diffusion pour la détermination des concentrations des gaz et des vapeurs - Prescriptions et méthodes d'essai (Partie 1: prescriptions générales ; Partie 2 : exigences spécifiques et méthodes d'essai ; Partie 3 : guide pour la sélection, l'utilisation et la maintenance)

Norme NF EN 13890 (novembre 2009) - Exposition sur les lieux de travail - Procédures pour le mesurage des métaux et métalloïdes dans les particules en suspension dans l'air - Exigences et méthodes d'essai

Norme NF EN 13936 (mars 2014) - Exposition sur les lieux de travail – Mesurage de l'agent chimique sous forme de mélange de particules aériennes et de vapeur – Exigences et méthodes d'essai

Norme NF EN 14412 (décembre 2004) Qualité de l'air intérieur – Echantillonnage par diffusion pour la détermination de la concentration des gaz et vapeur. Guide pour la sélection, l'utilisation et la maintenance. Norme NF ISO 16000-2 (Juillet 2006) Air intérieur - Partie 2 : stratégie d'échantillonnage du formaldéhyde. AFNOR (Indice de classement : X43-404-2)

Norme NF ISO 16000-1 (Juillet 2006) Air intérieur - Partie 1 : aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage. AFNOR (Indice de classement : X43-404-1)

Norme NF ISO 16000-5 (Mai 2007) Air intérieur - Partie 5 : stratégie d'échantillonnage pour les composés organiques volatils (COV). AFNOR (Indice de classement : X43-404-5)

Norme NF EN 16000-1 (Juillet 2006) - Air intérieur - Partie 1 : aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage

Norme NF EN 45544-1 (mai 2000) - Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 1 : exigences générales et méthodes d'essai

Norme NF EN 45544-2 (mai 2000) - Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 2 : exigences de performance pour les appareillages utilisés pour le mesurage des concentrations de l'ordre des valeurs limites

Norme NF EN 45544-3 (mai 2000) - Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 3 : exigences de performance pour les appareillages utilisés pour le mesurage des concentrations très supérieures aux valeurs limites

Norme NF EN 45544-4 (mai 2000) - Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 4 : guide de sélection, d'installation, d'utilisation et d'entretien

OMS (1999). Strategic approaches to indoor air policy-making. WHO European Centre for Environment and Health Bilthoven. 105 p. <http://www.euro.who.int/document/e65523.pdf>

OMS (2000). WHO Air Quality Guidelines for Europe, second edition No.91.

- OMS (2006). Development of WHO guidelines for indoor air quality, Report on a working group meeting.
- OMS (2009). WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. WHO Regional Office for Europe. <http://www.euro.who.int/>
- OMS (2010). WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO European Centre for Environment and Health, Bonn Office. WHO Regional Office for Europe. 484 p. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf
- OQAI (2006). « Campagne nationale Logements. Etat de la qualité de l'air dans les logements français. Rapport final ». <http://www.air-interieur.org/>
- Pluschke P. (1999). Indoor Air Quality Guidelines. In: Salthammer, T. (ed.) Organic Indoor Air Pollutants, Weinheim, Wiley-VCH, 291–304.
- PNSE (2004) (Plan National Santé Environnement 2004-2008). *Franchir une nouvelle étape dans la prévention des risques sanitaires liés à l'environnement*. Ministère de la Santé et de la Protection sociale, Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, Ministère de l'Emploi, du Travail et de la Cohésion sociale, Ministère délégué à la recherche. 2004. <http://www.sante.gouv.fr/hm/dossiers/pnse/sommaire.htm>
- PNSE (2009) Deuxième plan national santé-environnement (PNSE 2) 2009-2013 <http://www.sante-sports.gouv.fr/deuxieme-plan-national-sante-environnement-pnse-2-2009-2013.html>
- RIVM (2007) Health-based guideline values for the indoor environment. Report 609021044/2007. 97 p.
- Rousselle C, Mandin C et Azuma K. (2011). Valeurs guides de qualité d'air intérieur: analyse comparative des approches française et japonaise. *Environnement, Risques & Santé*;12(1):25-34.
- Santé Canada (1987). Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences. Rapport du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/air/exposure-exposition/index_f.html
- Santé Canada (2006). Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel, formaldéhyde. Cat.: H128-1/06-432-1F. 3 p.
- Thade (2003). Policies and Actions concerning indoor air pollution in dwellings in Europe and Overseas, Carrer P, Rameckers E., Kotzias D., projet THADE Towards Healthy Air in Dwellings in Europe.
- Vicaire Y. (2003). Les substances dangereuses dans les poussières du logement : des indicateurs de l'exposition chimique dans l'environnement domestique. Greenpeace :1-84.

ANNEXES

Annexe 1 : Suivi des actualisations du rapport

Date	Version	Description de la modification
Avril 2011	01	Première version
Septembre 2015	02	<p>Suppression de la synthèse et conclusions relatives à l'évolution de la méthode d'élaboration des VGAI en raison de la révision et des nouvelles modalités d'adoption.</p> <p>Suppression du chapitre « Contexte, objet et modalité de traitement de la saisine », celui-ci étant remplacé par un préambule.</p> <p>Mise à jour du chapitre « Définition, utilité et finalité des valeurs guides de qualité d'air intérieur »*</p> <p>Mise à jour du chapitre « Elaboration des Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur »*</p> <p>Suppression du chapitre « Perspectives » ; ce chapitre qui était dédié à la présentation de la méthode de hiérarchisation des substances d'intérêt pour l'élaboration de VGAI prend dans cette version le format d'une annexe (Annexe 2)</p> <p>Insertion d'un nouveau chapitre « Méthode d'évaluation des méthodes de mesure dans l'air intérieur dans le cadre de l'élaboration des valeurs guides de qualité d'air intérieur »</p>

*Ces mises à jour concernent essentiellement la forme compte tenu de la nouvelle organisation de l'expertise mise en place.

Annexe 2 : Méthode de hiérarchisation

Les polluants présents dans les environnements intérieurs sont en nombre important, mais aucun d'entre eux ne constitue un indicateur de cette pollution intérieure. Par ailleurs, ils ne présentent pas tous le même intérêt en termes de santé publique. Aussi, un des objectifs du précédent groupe de travail missionné par l'Afsset avait été de déterminer une liste des polluants prioritaires pour lesquels il serait possible, en l'état actuel des connaissances, d'élaborer une VGAI française. Si l'exposition à ces substances pour la population générale reste associée majoritairement, voire exclusivement, à l'inhalation (substances gazeuses volatiles), le groupe de travail a souhaité intégrer une vision globale de l'environnement intérieur dans le choix des substances à étudier et par conséquent de considérer également certaines substances susceptibles d'exposer la population générale à la fois par l'air et les poussières intérieures (composés semi-volatiles comme par exemple les phtalates, les retardeurs de flamme bromés...).

Première hiérarchisation (2007)

Dans la première phase d'expertise, le groupe de travail a défini une méthode de hiérarchisation des polluants. Elle s'est appuyée sur les travaux d'expertise suivants :

- Travaux de l'OQAI dans le cadre d'une hiérarchisation de polluants d'intérêt à mesurer en air intérieur lors de sa campagne nationale « Logements » (Mosqueron *et al.* 2002, 2004) ;
- Travaux du groupe de travail INDEX (GT INDEX) de la Commission européenne dont l'objectif était de déterminer une liste hiérarchisée de polluants de l'air intérieur pour lesquels des mesures de gestion devraient être mises en place au regard des données toxicologiques et des données d'exposition en Europe.

Ainsi, la méthode de travail proposée pour construire la liste des substances candidates a été :

- d'élaborer une première liste hiérarchisée de polluants d'intérêt en croisant les deux listes hiérarchisées des polluants de l'air intérieur élaborées par l'OQAI et le GT INDEX en vérifiant la cohérence de classement de chacune des substances communes aux deux listes,
- de sélectionner les polluants qui présentaient un intérêt majeur dans le contexte français. Cette sélection s'est appuyée sur des critères supplémentaires décrits ci-dessous.

Le croisement des deux listes OQAI et INDEX a permis de dresser une liste de 56 substances d'intérêt classées selon les 5 catégories suivantes : « A » = hautement prioritaires ; « B » = très prioritaires ; « C » = prioritaires ; « D » = non prioritaires ; « I » = inclassables. Cette liste est présentée dans l'Annexe 5.

A partir de la liste des polluants hiérarchisés, le groupe de travail a décidé de restreindre le champ des polluants à considérer. Cette décision a été motivée à la fois par un souci d'efficacité, c'est-à-dire de la meilleure utilisation des ressources disponibles au sein du groupe de travail, mais aussi en terme d'urgence vis-à-vis de polluants fréquemment rencontrés dans l'air intérieur et problématiques d'un point de vue sanitaire mais ne disposant d'aucune recommandation à l'échelle française. En effet, le groupe de travail a souhaité focaliser son travail sur un certain nombre de polluants répondant à quelques spécificités.

Ainsi, des critères supplémentaires ont été proposés :

- critère d'inclusion : être une substance chimique individuelle ou assimilée ;
- critère de pertinence : ne pas avoir de valeur de gestion en France ;
- critère de faisabilité : disposer de données sanitaires.

Mise à jour de la hiérarchisation des composés d'intérêt (2010)

Méthode de travail et évolutions par rapport à la première hiérarchisation

La hiérarchisation des polluants d'intérêt dans les environnements intérieurs a été mise à jour par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur en 2010 (Alméra C, 2010).

Au préalable, un inventaire bibliographique des hiérarchisations conduites dans les autres pays pour les polluants de l'air intérieur a été réalisé afin de conforter la démarche ou au besoin de faire évoluer. La

méthode initiale de hiérarchisation établie en 2002 par l'OQAI. Il en ressort que les méthodes proposées et retenues dans le domaine de la qualité de l'air intérieur depuis 2002 sont relativement similaires (Azuma *et al*, 2007 ; RIVM, 2007 ; Bonvallot *et al*, 2010 ; Logue *et al*, 2010) et assez proches de l'approche initiale de l'OQAI. Ainsi, la méthode développée par l'OQAI par Mosqueron *et al*. (2002, 2004) a été reproduite pour la mise à jour de la hiérarchisation en 2010. Les évolutions suivantes ont cependant été proposées :

- **La hiérarchisation a été restreinte aux polluants chimiques.** En effet, la méthode nécessitant l'utilisation de VTR, non disponibles à ce jour pour les biocontaminants et la majorité des agents physiques, ces derniers ne peuvent *in fine* être classés. La hiérarchisation de ces polluants de l'air intérieur nécessiterait une réflexion spécifique afin de prendre en compte les connaissances sanitaires disponibles et les sources et facteurs influençant l'exposition à ces polluants pour identifier les priorités d'actions.
- **La liste des substances chimiques susceptibles d'être présentes dans l'environnement intérieur (air et poussières) a été complétée.** Une revue de la littérature portant sur les substances mesurées dans les environnements intérieurs (France et autres pays) a permis d'enrichir cette liste. En outre, les données relatives aux émissions des matériaux et produits de construction et de décoration et aux produits de consommation ont été examinées pour inventorier les substances chimiques susceptibles d'être présentes dans l'air et/ou les poussières car émises dans l'environnement intérieur (même si elles n'ont pas nécessairement fait l'objet de mesures *in situ* ensuite). Les publications scientifiques dans le domaine, ainsi que, par exemple, les données françaises produites à la suite de la mise en place du protocole Anses de caractérisation des émissions de COV par les matériaux (Afsset, 2006, 2009c), les données de la base PANDORE¹⁹ ou encore celles de l'Agence de l'environnement du Danemark²⁰, ont été recensées.
- Afin de « maximiser » le nombre de substances chimiques pouvant être hiérarchisées, **les données de toxicité compilées ont été élargies** i) aux VTR construites par l'Anses (cancérogènes et reprotoxiques), ii) aux valeurs toxicologiques construites dans le cadre d'autres hiérarchisations des polluants de l'environnement intérieur (Azuma *et al*, 2007 ; Bonvallot *et al*, 2010 ; après vérification que seuls des critères sanitaires ont été pris en compte dans l'élaboration), iii) à des indices toxicologiques construits à partir des VLEP. Malgré les limites associées, ceci permet l'intégration du plus grand nombre possible de substances à la hiérarchisation. Les indicateurs de qualité associés (voir ci-dessous) permettent en tout état de cause d'identifier les substances pour lesquelles ces indices toxicologiques sont utilisés. Enfin, sur le volet des effets sur la santé, la classification européenne CMR a été prise en compte en plus de celles du CIRC et de l'US-EPA, pour la détermination de l'indice de cancérogénicité.
- **Les données de concentration ont été élargies aux écoles et aux bureaux**, environnements pour lesquels une hiérarchisation spécifique a été réalisée.
- Afin d'estimer la qualité des données recensées et utilisées dans l'exercice de hiérarchisation, des indicateurs de qualité ont été créés. Ils permettent de repérer facilement si la classification finale est fondée sur des données d'exposition françaises ou d'autres pays, sur des VTR ou bien des indices toxicologiques, ou encore si aucune donnée n'est disponible pour la substance.

Les différentes hypothèses de travail ont été testées par des analyses de sensibilité.

Résultats globaux pour les logements, les écoles et les bureaux

In fine, **1026 substances** ou mélanges de substances potentiellement présents dans l'environnement intérieur ont été retenus pour la hiérarchisation. Cette liste a servi de point de départ pour chacune des hiérarchisations (logements, écoles et bureaux).

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente l'indice de hiérarchisation global (IH) pour les logements (ainsi que les indices de potentiel de risque aigu (IA), de risque chronique (IC) et de fréquence de

²⁰ http://www.mst.dk/English/Chemicals/Consumer_Products/Surveys-on-chemicals-in-consumer-products.html. La Danish EPA a un programme de recherche dédié aux produits de consommation courante et aux expositions associées.

détection intérieure (IF)) et la voie prédominante²¹ pour les 58 substances qui apparaissent Hautement Prioritaires et Très Prioritaires à l'issue des calculs de hiérarchisation ($IH \geq 10$).

Substance	Numéro CAS	IA	IC = lepc+IK	IF	IH = IA+IC+IF	Voie Prédominante
formaldéhyde	50-00-0	4	10	5	19	inhalation
benzène	71-43-2	3	10	5	18	inhalation
acroléine	107-02-8	5	7	5	17	inhalation
cadmium	7440-43-9	1	10	5	16	inhalation
benzo[a]pyrène	50-32-8	1	10	5	16	inhalation
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	3	8	5	16	inhalation
acétaldéhyde	75-07-0	2	9	5	16	inhalation
PM10	PM10	5	6	5	16	inhalation
PM2,5	PM2,5	5	6	5	16	inhalation
di-2-éthylhexylphtalate	117-81-7	1	9	5	15	oral
arsenic	7440-38-2	0	10	5	15	oral
plomb	7439-92-1	1	9	5	15	oral
benzo[a]anthracène	56-55-3	1	9	5	15	inhalation
monoxyde de carbone	630-08-0	5	6	4	15	inhalation
chloroforme	67-66-3	5	9	1	15	inhalation
dechlorane	2385-85-5	1	8	5	14	oral
chrome	18540-29-9	1	8	5	14	oral
fluorène	86-73-7	1	8	5	14	inhalation
pyrène	129-00-0	1	8	5	14	inhalation
tétrachloroéthylène	127-18-4	0	9	5	14	inhalation
trichloroéthylène	79-01-6	0	9	5	14	inhalation
furfural	98-01-1	3	6	5	14	inhalation
pentachlorophénol	87-86-5	2	6	5	13	oral
cuivre	7440-50-8	4	4	5	13	oral
éthylbenzène	100-41-4	0	8	5	13	inhalation
dioxyde d'azote	10102-44-0	3	5	5	13	inhalation
bromoforme	75-25-2	5	7	1	13	inhalation
antimoine	7440-36-0	1	6	5	12	oral
mercure	22967-92-6	1	6	5	12	oral
styrène	100-42-5	2	5	5	12	inhalation
toluène	108-88-3	3	4	5	12	inhalation
d-limonène	5989-27-5	3	4	5	12	inhalation
chlore	7782-50-5	1	6	5	12	inhalation
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (mélange, eq-BaP)		1	10	1	12	inhalation
Phosphore	7723-14-0	1	6	5	12	oral
di-méthylphtalate	131-11-3	2	4	5	11	inhalation

²¹ Cet indicateur permet d'identifier la voie d'exposition qui "tire le risque". Il convient de garder à l'esprit qu'une voie d'exposition peut être définie « prédominante » avec cet indicateur tandis que les données relatives à l'autre voie d'exposition sont en fait manquantes. Pour une exploitation fine de cette information, il convient donc d'examiner en parallèle les indicateurs de qualité (voir rapport OQAI Alméras, 2010). Cette information est toutefois fournie ici à titre indicatif.

Substance	Numéro CAS	IA	IC = Iepc+IK	IF	IH = IA+IC+IF	Voie Prédominante
Alcanes, C10-13, chloro	85535-84-8	1	5	5	11	oral
mélange de PCB	1336-36-3	1	9	1	11	inhalation
barium	7440-39-3	1	5	5	11	oral
béryllium	7440-41-7	1	5	5	11	oral
cobalt	7440-48-4	1	5	5	11	oral
nickel	7440-02-0	0	6	5	11	inhalation
vanadium	7440-62-2	2	4	5	11	mixte
benzo[b]fluoranthène	205-99-2	1	9	1	11	inhalation
benzo[k]fluoranthène	207-08-9	1	9	1	11	inhalation
chrysène	218-01-9	1	9	1	11	inhalation
dibenzo[a,h]anthracène	53-70-3	1	9	1	11	inhalation
indeno[1,2,3-cd]pyrène	193-39-5	1	9	1	11	inhalation
Ethanol	64-17-5	1	5	5	11	inhalation
di(2-éthylhexyl)adipate	103-23-1	1	5	5	11	oral
manganèse	7439-96-5	1	4	5	10	inhalation
mercure	7439-97-6	1	4	5	10	oral
anthracène	120-12-7	1	8	1	10	inhalation
fluoranthène	206-44-0	1	8	1	10	inhalation
phénanthrène	85-01-8	1	8	1	10	inhalation
chlorométhane	74-87-3	0	5	5	10	inhalation
propionaldehyde	123-38-6	1	4	5	10	inhalation
méthyl-t-butyl ether	1634-04-4	0	5	5	10	inhalation
dibromochlorométhane	124-48-1	1	8	1	10	inhalation

Globalement, les substances classées « Hautement Prioritaires » dans les logements en 2005 le restent en 2010. Des composés organiques semi-volatils et des métaux, non inclus en 2005 dans l'exercice initial de hiérarchisation, apparaissent dans la catégorie « Hautement Prioritaires ». Ces résultats restent cohérents avec les hiérarchisations des polluants de l'air intérieur récemment conduites dans certains pays (RIVM, 2007 ; Logue *et al*, 2010).

15 substances sont « Hautement Prioritaires » (Groupe A : IH ≥ 15) : formaldéhyde, benzène, monoxyde de carbone, di-2-éthylhexylphtalate (DEHP), acroléine, plomb, acétaldéhyde, PM₁₀ et PM_{2,5}, cadmium, arsenic, benzo[a]pyrène, benzo[a]anthracène, 1,4-dichlorobenzène et chloroforme.

44 substances sont « Très Prioritaires » (Groupe B : IH ≥ 10) : déchlorane, chrome, fluorène, pyrène, tétrachloroéthylène, trichloroéthylène, furfural, pentachlorophénol, cuivre, éthylbenzène, dioxyde d'azote, antimoine, mercure, styrène, toluène, d-limonène, chlore, hydrocarbures aromatiques polycycliques (mélange exprimé en équivalent toxique de BaP), phosphore, di-méthylphtalate, alcanes chaînes chlorées en C10-13, mélange de PCB, barium, béryllium, cobalt, nickel, vanadium, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, chrysène, dibenzo[a,h]anthracène, indeno[1,2,3-cd]pyrène, éthanol, di(2-éthylhexyl)adipate, manganèse, mercure, anthracène, fluoranthène, phénanthrène, chlorométhane, propionaldehyde, méthyl-t-butyl éther, dibromochlorométhane, bromoforme.

Une grande partie des polluants est classée dans la catégorie des « Prioritaires » (Groupe C : IH ≥ 5), soit 28 %. 292 substances sont ainsi répertoriées.

Une majorité des polluants (66 %) soit 675 substances ont un indice de hiérarchisation strictement inférieur à 5. Parmi elles :

- **8 substances sont « Non Prioritaires »** car elles disposent de suffisamment de données toxicologiques et d'exposition pour être classées comme telles;
- **667 substances sont « Inclassables »** car elles disposent de données toxicologiques et/ou d'exposition insuffisantes pour être hiérarchisées avec suffisamment de robustesse.

Au bilan, pour les logements, 359 substances ou mélanges de substances sont classées.

Dans les écoles :

- 6 substances sont « Hautement Prioritaires » (Groupe A : IH \geq 15) : formaldéhyde, benzène, acétaldéhyde, PM₁₀ et PM_{2,5}, chrome ;
- 28 substances sont « Très Prioritaires » (Groupe B : IH \geq 10) : tétrachloroéthylène, trichloroéthylène, éthylbenzène, 1,4-dichlorobenzène, acroléine, dioxyde d'azote, benzo[a]pyrène, toluène, chloroforme, hydrocarbures aromatiques polycycliques (mélange exprimé en équivalent toxique de BaP), di-2-éthylhexylphtalate, aluminium, nickel, benzo[a]anthracène, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, chrysène, dibenzo[a,h]anthracène, indeno[1,2,3-cd]pyrène, éthanol, décabromodiphényle éther, chlore, manganèse, pyrène, tétrachlorure de carbone, propionaldéhyde, silicium et plomb.

Dans les bureaux :

- 5 substances sont « Hautement Prioritaires » (Groupe A : IH \geq 15) : benzène, PM_{2,5}, mélange de PCB, éthylbenzène et formaldéhyde ;
- 16 substances sont « Très Prioritaires » (Groupe B : IH \geq 10) : toluène, 1,4-dichlorobenzène, dichlorométhane, cadmium, décabromodiphényle éther, xylènes (o/m/p), acétaldéhyde, isoprène, chlore, cuivre, nickel, plomb, furfural, manganèse, tétrachloroéthylène, chlorométhane.

On retient de l'extrapolation de la démarche de hiérarchisation aux écoles et bureaux qu'un trop grand nombre de données d'exposition sont actuellement inexistantes, trop parcellaires ou trop anciennes dans ces lieux de vie pour permettre une hiérarchisation aussi « complète » (30 % des substances classées) que celle pour les polluants présents dans les logements.

Résultats détaillés par voie d'exposition

Une analyse complémentaire a été réalisée en distinguant les expositions par inhalation et par voie orale afin d'intégrer la vision globale de l'environnement intérieur (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-après). L'exercice de hiérarchisation a ainsi été décliné séparément pour chaque voie d'exposition. Il a été conduit avec les données de concentrations dans les logements, les plus complètes pour obtenir une hiérarchisation suffisamment consolidée. Afin d'accompagner les indices de hiérarchisation, des indicateurs de qualité des données ont été construits sur une échelle de 1 à 4 selon les critères de qualité retenus qui sont présentés en légende de chacun des **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Le tableau ci-dessous présente les premières substances hiérarchisées pour l'exposition par inhalation.

Substance	Score IA	Score IC	Score IF	IH = IA+IC+IF	Classe	QT inhalation aigue	QT inhalation chronique	QC inhalation	Qglobal
formaldéhyde	4	10	5	19	A	4	4	4	8
benzène	3	10	5	18	A	4	4	4	8
acroléine	5	7	5	17	A	4	4	4	8
1,4- dichlorobenzène	3	8	5	16	A	4	4	4	8
acétaldéhyde	2	9	5	16	A	4	4	4	8
PM10	5	6	5	16	A	4	4	4	8
PM2,5	5	6	5	16	A	4	4	4	8

chloroforme	5	9	1	15	A	4	4	3	7
monoxyde de carbone	5	6	4	15	A	4	1	4	6,5
tétrachloroéthylène	0	9	5	14	B	4	4	4	8
trichloroéthylène	0	9	5	14	B	4	4	4	8
fluorène	1	8	5	14	B	0	4	2	4
furfural	3	6	5	14	B	1	1	2	3
di-2-éthylhexylphtalate (DEHP)	1	7	5	13	B	0	4	2	4
éthylbenzène	0	8	5	13	B	4	4	4	8
dioxyde d'azote	3	5	5	13	B	4	4	3	7
arsenic	1	10	2	13	B	4	4	2	6

IA : indice de potentiel de risque aigu ; IC : indice de potentiel de risque chronique ; IF : indice de fréquence de détection

Rappel des échelles des indicateurs de qualité des données :

Qt désigne l'indicateur de qualité des données de toxicité. Il est fourni pour les toxicités aiguë et chronique.

Qt = 4 : VTR des agences ; Qt = 3 : VTR Bonvallet *et al.* / Azuma *et al.* ; Qt = 2 : VTR subchroniques ATSDR / 10 ; Qt = 1 : indice de toxicité dérivé d'une VLEP ; Qt = 0 Pas de données toxicologiques

Qc désigne l'indicateur de qualité des données de concentrations dans les logements

Qc = 4 : Etude française représentative, i.e. campagne nationale logements de l'OQAI ; Qc = 3 : Etude française, peu de logements investigués ; Qc = 2 : Etude européenne ; Qc = 1 : Etude autre pays ; Qc = 0 : Pas de données d'exposition

Qglobal désigne l'indicateur global de qualité des données. Noté sur 8, il permet d'avoir une lecture globale de la qualité des données affectées à l'Indice de hiérarchisation (IH).

Q global = (QT inhalation aiguë + QT inhalation chronique) / 2 + QC inhalation

L'examen des substances en tête de liste pour l'exposition par inhalation montre que :

- pour 4 substances (acroléine, 1,4-dichlorobenzène, acétaldéhyde et éthylbenzène), les données de toxicité d'une part et de concentration d'autre part répondent au mieux aux critères de qualité établis dans le cadre de ces travaux ;
- pour 4 substances (chloroforme, arsenic, cadmium et NO₂), les données de toxicité répondent au mieux aux critères de qualité établis dans le cadre de ces travaux, tandis que les données d'exposition proviennent :
 - d'études françaises dans des échantillons de logements non représentatifs du parc (chloroforme-étude EHESP/Primequal et NO₂-étude pilote de la campagne logements de l'OQAI) ;
 - d'études conduites entre 1998 et 2000 (dans le cadre de l'étude multicentrique EXPOLIS) dans une cinquantaine de logements de la ville d'Oxford (Lai *et al.*, 2004) pour l'arsenic et le cadmium. Ceux-ci n'ont pas systématiquement été détectés dans tous les logements (entre 20 et 30 %). Aucune étude française publiée, ayant mesuré les concentrations en métaux dans l'air des logements, n'a été identifiée ;
- pour 2 substances (fluorène et furfural), les indicateurs globaux de qualité sont respectivement de 4 et 3 du fait de l'absence de données françaises (mais espagnoles et allemandes) et de données de toxicité dérivées des valeurs professionnelles pour le furfural.

Au bilan, en l'état actuel des connaissances, les substances pour lesquelles les données sont considérées comme les plus solides sont l'acroléine, le 1,4-dichlorobenzène, l'acétaldéhyde, l'éthylbenzène, le chloroforme et le NO₂. L'acroléine et le NO₂ sont des substances issues des processus de combustion. L'acétaldéhyde et l'éthylbenzène sont également issus de combustions, mais peuvent aussi être émis par les produits de construction et de décoration (colles, cires...). Le 1,4-dichlorobenzène a été longtemps utilisé dans les produits antimites et les désodorisants ; son utilisation est interdite depuis le 22 août 2008 en tant que substance active biocide dans les types de produits (TP) 18 et TP 19²² en référence à la décision européenne 2007/565/EC prise dans le cadre de la directive européenne 98/8/EC. Le chloroforme est un sous-produit de la chloration de l'eau ; sa fréquence de détection dans les logements investigués n'a pas été fournie.

Pour les autres substances, il conviendrait d'acquérir des données sur les concentrations dans les logements français afin de statuer plus précisément sur leur caractère prioritaire.

²² TP 18 : Insecticides, acaricides et produits utilisés pour lutter contre les autres arthropodes ;
TP 19 : Répulsifs et appâts

Le tableau ci-dessous présente les premières substances hiérarchisées pour l'exposition par ingestion.

Substance	Score IA	Score IC	Score IF	IH = IA+IC+IF	Classe	QT ingestion aiguë	QT ingestion chronique	QC ingestion	Qglobal
arsenic	0	10	5	15	A	4	4	2	6
di-2-éthylhexylphtalate (DEHP)	1	9	5	15	A	0	4	3	5
plomb	1	9	5	15	A	0	4	3	5
benzo[a]pyrène	1	9	5	15	A	0	4	2	4
chrome	1	8	5	14	B	0	4	2	4
dechlorane	1	8	5	14	B	0	4	1	3
pentachlorophénol	2	6	5	13	B	4	4	2	6
cuiivre	4	4	5	13	B	4	4	2	6
cadmium	1	7	5	13	B	0	4	2	4
benzo[a]anthracène	1	7	5	13	B	0	4	2	4

IA : indice de potentiel de risque aigu ; IC : indice de potentiel de risque chronique ; IF : indice de fréquence de détection

Rappel des échelles des indicateurs de qualité des données :

Qt désigne l'indicateur de qualité des données de toxicité. Il est fourni pour les toxicités aiguë et chronique.

Qt = 4 : VTR des agences ; Qt = 3 : VTR Bonvallot *et al.* / Azuma *et al.* ; Qt = 2 : VTR subchroniques ATSDR / 10 ; Qt = 1 : indice de toxicité dérivé d'une VLEP ; Qt = 0 Pas de données toxicologiques

Qc désigne l'indicateur de qualité des données de concentrations dans les logements

Qc = 4 : Etude française représentative, i.e. campagne nationale logements de l'OQAI ; Qc = 3 : Etude française, peu de logements investigués ; Qc = 2 : Etude européenne ; Qc = 1 : Etude autre pays ; Qc = 0 : Pas de données d'exposition

Qglobal désigne l'indicateur global de qualité des données. Noté sur 16, il permet d'avoir une lecture globale de la qualité des données affectées à l'Indice de hiérarchisation (IH).

Q global = (QT inhalation aiguë + QT inhalation chronique) / 2 + QC inhalation

L'examen des substances en tête de liste pour l'exposition par ingestion montre que :

- pour l'ensemble des substances, les données de toxicité chronique répondent au mieux aux critères de qualité établis dans le cadre de ces travaux ;
- pour deux substances (DEHP et plomb), on dispose de données françaises pour les concentrations dans les poussières domestiques, respectivement dans 31 logements (Vicaire *et al.* 2003) et 25 logements (Glorennec *et al.* 2005). A noter que le plomb fait déjà l'objet d'une réglementation structurée en France.
- Pour les autres substances, à l'exception du déchlorane (données canadiennes), les données de concentration proviennent d'autres études européennes, notamment dans des échantillons récents et importants de logements s'agissant du pentachlorophénol (n=600, Allemagne ; Mussig-Zufika *et al.* 2008), du benzo[a]pyrène (BaP) et du benzo[a]anthracène (BaA) (n=500, Danemark ; Langer *et al.* 2010). Les données pour les métaux sont plus anciennes. Le pentachlorophénol est une substance active qui a été utilisée pour le traitement du bois, notamment des charpentes, dont la commercialisation est interdite en Europe depuis septembre 2006.

Annexe 3 : Synthèse des exigences générales de l'EN 45544 (parties 1 et 2)

Tableau 6 : Exigences générales portant sur la construction mécanique, les indications données par le dispositif, les signaux de défaut, les réglages, les batteries, le marquage et les gaz à détecter (Norme NF EN 45544 parties 1 et 2)

Construction mécanique	dispositifs adaptés pour la mise en œuvre des gaz d'essai
	resistances aux substances
Indication	Indication de valeurs inférieures à la limite inf de l'échelle
	Indication si lim sup étendue de mesurage dépassée
	Fidélité requise pour mesurer les exigences de performances de la norme
	Doivent fonctionner pour des concentrations sup alarme
Signaux de défaut	défaillance alim électrique
	coupure électrique système de détection
	alarme défaut débit pour appareil avec aspiration
	Déconnexion du capteur
Réglages	réglage de gain n'affecte pas le point 0
Batteries	Indication faible charge de la batterie
Marquage	
Gaz à détecter	Etiquette

Tableau 7 : Exigences générales portant sur le manuel d'instruction (Norme NF EN 45544 parties 1 et 2)

Manuel d'instruction	informations sur les essais (gaz, étendue de mesurage, accessoires, laboratoire d'essais)		
	Installation (orientation)		
	Instruction de fonctionnement et réglage		
	Description principe de mesure		
	Instruction de vérifications et étalonnage		
	Informations sur gaz d'étalonnage, méthode, fréquence d'étalonnage, FDS		
	Facteurs de réponse des gaz		
	Informations sur dérive de l'instrument		
	Conditions de fonctionnement	gaz et étendue de mesurage	
		domaine de T°_{amb}	
		domaine de HR_{amb}	
		Tension alim	
		Caractéristique et type de câble avec capteurs déportés	
		Blindage des câbles?	
		Données batterie	
		Gamme de T° entreposage	
		Limites de P et correction	
	Variation du 0 ($\Delta 0$)		
	Interférences autres gaz		
	Débit min/max, temps de réponse		
	Vérification débit		
	Indications natures alarmes et signaux		
	Dysfonctionnement et actions correctives		
	Autonomie batterie		
	Pièces de rechange recommandées		
	Durée et conditions d'entreposage		
	Accessoires optionnels		
	Limites d'utilisation d'une sonde		
	Temps de préchauffage, temps de réponse, temps de récupération, temps de pondération pour VLEP		
	Dispositions si soumis à une concentration de gaz sup lim. Sup		

Tableau 8 : Exigences générales portant sur les conditions d'essai (Norme NF EN 45544 parties 1 et 2)

Conditions d'essai	Séquence d'essai
	Préparation appareil avant essai
	Conditions environnement : T, HR, P
	Gaz d'essai
	Tension alimentation
	Temps de stabilisation
	Orientation
	Etalonnage

Tableau 9 : Exigences générales portant sur la méthode d'essai (Norme NF EN 45544 parties 1 et 2)

<p>Methode d'essai</p> <p>Entreposage hors tension</p> <p>Après essai entreposage, tester tous les essais décrits ci-dessous</p> <p>Mesurage des écarts</p> <p>Incertitude globale par rapport à un gaz d'essai sur gamme de 5 concentrations</p> <p>Variation du 0 ($\Delta 0$)</p> <p>Essais mécaniques</p> <p>Vibrations</p> <p>Chute</p> <p>Essais d'environnement dans l'air et dans le gaz de ref</p> <p>T°</p> <p>P</p> <p>HR</p> <p>Vitesse air</p> <p>Essais de performance</p> <p>Alarme sonore</p> <p>Points de consigne de l'alarme</p> <p>Temps de réponse de l'alarme</p> <p>Avertisseur de défaut de débit</p> <p>Temps de préchauffage</p> <p>Temps de réponse : mesure de T₉₀ (90% [GER])</p> <p>Temps de récupération : mesure de T₁₀ (10% [GER])</p> <p>Concentrations sup à etendue de mesurage</p> <p>Utilisation prolongée sous gaz d'essai</p> <p>Essais d'orientation</p> <p>Essais électriques</p> <p>Fonction VLEP-8h pour [gaz]_{moy} = 50% (3 paliers sur 8h :100%, 50%, 0%)</p> <p>Essais de dérive</p>	<p>Après essai entreposage, tester tous les essais décrits ci-dessous</p>		
	<p>Incertitude globale $[(X_{moy}-X_{ref})+2s]*100 / X_{ref}$ Variation du 0 $X_{moy}+2s$ X_{moy} = moyenne des résultats de n mesures répétées s = écartype des mesurages</p> <p>Exigences de performances de base (45544-2)</p> <p>$(m_b-m_a)/m_b * 100 < (30-2s_{GER}/m_b*100)$ (S_{GER} = écart-type mes. concentration gaz essai de ref)</p> <p>m_b-m_a < variation 0 (mesures avant et après essai)</p>	<p>Incertitude globale par rapport à un gaz d'essai sur gamme de 5 concentrations</p> <p>Variation du 0 ($\Delta 0$)</p> <p>Vibrations</p> <p>Chute</p> <p>T°</p> <p>P</p> <p>HR</p> <p>Vitesse air</p> <p>Alarme sonore</p> <p>Points de consigne de l'alarme</p> <p>Temps de réponse de l'alarme</p> <p>Avertisseur de défaut de débit</p> <p>Temps de préchauffage</p> <p>Temps de réponse : mesure de T₉₀ (90% [GER])</p> <p>Temps de récupération : mesure de T₁₀ (10% [GER])</p> <p>Concentrations sup à etendue de mesurage</p> <p>Utilisation prolongée sous gaz d'essai</p>	<p>Ug < 50% pour 0.1*[GER] < [gaz] < 0.5*[GER] Ug < 30% pour 0.5*[GER] < [gaz] < 10*[GER]</p> <p>limite inf etendue de mesure (L_{inf}EM) < etendue constructeur L_{inf}EM = 0.5*$\Delta 0$ si $\Delta 0 < 0.25*[GER]$ L_{inf}EM = 0.8*$\Delta 0$ si $\Delta 0 > 0.25*[GER]$</p> <p>cf. Exigences de base</p> <p>cf. Exigences de base</p> <p>Air de 0 (m_{20°C}-m_{5°C}) et (m_{20°C}-m_{40°C}) < $\Delta 0$ ou 5% de [GER] (m_{20°C}-m_{-10°C}) < 2*$\Delta 0$ ou 5% de [GER] GER cf. exigences de base (modifiées pour (m_{20°C}-m_{-10°C}))</p> <p>cf. Exigences de base</p> <p>cf. Exigences de base</p> <p>cf. Exigences de base</p> <p>> 70 dB à 0.3m</p> <p>Mise en marche à chaque consigne</p> <p>T_{alarme} < 20s</p> <p>cf. Exigences de base</p> <p>cf. Exigences de base pour GER</p> <p>T₉₀ < 2.5min (ou T₅₀ < 1 min pour certains gaz)</p> <p>T₁₀ < 5min (ou T₅₀ < 1 min pour certains gaz)</p> <p>< 20% [GER] ou $\Delta 0$</p> <p>cf. Exigences de base</p> <p>cf. Exigences de base</p> <p>45% - 55% cf. Exigences de base pour le reste</p> <p>cf. Exigences de base</p>

- GER = gaz d'essai de référence [gaz], [GER] = concentration en gaz et en gaz d'essai de référence resp. $\Delta 0$ = Variation de 0, m = mesure

Notes





Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr / [@Anses_fr](https://twitter.com/Anses_fr)