

**anses**

agence nationale de sécurité sanitaire  
alimentation, environnement, travail



*Connaître, évaluer, protéger*

# Méthodologie d'évaluation des méthodes de mesure dans l'air des lieux de travail et l'air intérieur

Rapport d'expertise collective

Mars 2020 - Édition scientifique





**anses**

agence nationale de sécurité sanitaire  
alimentation, environnement, travail



*Connaître. évaluer. protéger*

# Méthodologie d'évaluation des méthodes de mesure dans l'air des lieux de travail et l'air intérieur

Rapport d'expertise collective

Mars 2020 - Édition scientifique





---

## **Méthodologie d'évaluation des méthodes de mesure dans l'air des lieux de travail et l'air intérieur**

---

**Mission permanente VLEP  
Autosaisine VGAI 2020-SA-0050**

### **RAPPORT d'expertise collective**

**Comités d'experts spécialisés  
« Valeurs sanitaires de référence »  
« Evaluation des risques liés aux milieux aériens »**

**Groupe de travail « Métrologie »**

**Mars 2020**

## Mots clés

---

Mesure, air des lieux de travail, air intérieur, VLEP, VGAI, valeurs limites, métrologie, méthodes de mesure, lieux de travail, milieu professionnel, expertise.

Measurement, workplace air, indoor air, OEL, IAQG, limit value, metrology, measurement methods, workplaces, occupational environment, expert assessment.

## Présentation des intervenants

**PREAMBULE :** 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.

### GROUPE DE TRAVAIL

---

#### Président

M. Benoît OURY – Responsable d'études au laboratoire de chimie analytique organique de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) – Compétences : mise au point de méthode de mesure, chimie organique.

#### Membres

Mme Catherine HEDOUIN-LANGLLET – Responsable du laboratoire de Toxicologie Industrielle (CRAMIF) – Compétences : qualité de l'air des lieux de travail, hygiène industrielle, mesure des polluants.

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

Mme Nadine LOCOGE – Professeur à l'Ecole des Mines de Douai – Compétences : qualité de l'air intérieur, chimie, métrologie des COV.

Mme Virginie MATERA – Responsable d'études au laboratoire de chimie analytique inorganique de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) – Compétences : qualité de l'air des lieux de travail, mise au point de méthode de mesure, chimie inorganique.

Mme Jessica QUERON – Ingénieur d'études et de recherche (institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris)) – Compétences : qualité de l'air intérieur et de l'air des lieux de travail, métrologie des COV.

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

Mme Caroline RIO – Responsable Laboratoire Interrégional de Chimie (LIC) – Compétences : qualité de l'air ambiant et de l'air intérieur, chimie physique, aérosol organique, métrologie.

M. Michel SLOIM – Retraité (anciennement Ingénieur chimiste au Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCPP)) – Compétences : qualité de l'air des lieux de travail, métrologie, chimie analytique.

Mme Sophie SOBANSKA – Chargée de recherche (Centre national de la recherche scientifique (CNRS)) – Compétences : Qualité de l'air, biochimie, particules, métaux.

M. Guénaël THIAULT – Chef de section (LCPP) – Compétences : qualité de l'air intérieur et de l'air des lieux de travail, métrologie, chimie.

M. Raymond VINCENT – retraité (anciennement Chargé de mission à la Direction Déléguée aux Applications (INRS)) - Compétences : qualité de l'air des lieux de travail, chimie, métrologie des polluants, évaluation des risques professionnels.

## COMITÉS D'EXPERTS SPÉCIALISÉS

---

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

- Pour la partie « Air des lieux de travail » : le 19 mars 2020

### ■ CES « VSR »

#### **Président**

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

#### **Vice-président**

M. Raymond VINCENT - Retraité (anciennement Chargé de mission à la Direction Déléguée aux Applications (INRS)) - Compétences : chimie, métrologie des polluants, évaluation des risques professionnels.

#### **Membres**

M. Marc BARIL – Professeur associé à l'Université de Montréal – Compétences : Chimiste toxicologue, hygiène industrielle.

M. Stéphane BINET – Pharmacien toxicologue à la Direction des Études et Recherches à l'INRS – Compétences : toxicologie générale et industrielle.

Mme Michèle BISSON – Responsable d'étude à l'INERIS – Compétences : Pharmacien toxicologue, toxicologie générale.

Mme Anne CHEVALIER – Retraîtée de l'Institut de Veille Sanitaire - Compétences : épidémiologie.

Mme Fatiha EL-GHISSASSI – Scientifique, Section des Monographies du CIRC (IMO). Centre International de Recherche sur le Cancer - Compétences : biochimie spécialiste en cancérogénèse et génotoxicité.

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

M. Rex FITZGERALD – Expert en toxicologie réglementaire au Centre Suisse de Toxicologie Humaine Appliquée - Compétences : toxicologie de la reproduction, neurotoxicité du développement, évaluation des risques humains.

M. Robert GARNIER – Médecin toxicologue, Centre antipoison de Paris - Compétences : Toxicologie médicale, médecine du travail.

Mme Perrine HOET – Professeur à l'Université Catholique de Louvain. IREC – Compétences : médecine, toxicologie industrielle et environnementale.

Mme Yuriko IWATSUBO – Médecin épidémiologiste à Santé publique France – Compétences : épidémiologie des risques professionnels.

Mme Cécile KAIRO – Évaluateur de risques sanitaires à Santé publique France - Compétences : Docteur en pharmacie spécialisé en environnement, toxicologie générale et évaluation des risques

Mme Laila LAKHAL – Ingénieur INRA unité Toxalim - Compétences : Toxicologie, métabolisme, perturbateurs endocriniens.

M. Frédéric LIRUSSI – Maître de Conférences des Universités– Praticien Hospitalier (MCU-PH) à l'UFR des Sciences de Santé & CHU de Dijon - Compétences : Toxicologie Clinique, Toxicologie analytique, Immunité Innée, Reprotoxicité.

Mme Anne MAITRE – Professeur des Universités – Praticien Hospitalier (PU-PH) au Laboratoire de Toxicologie Professionnelle et Environnementale, CHU de Grenoble ; Responsable de l'équipe « Environnement et prédiction de la santé des populations », Laboratoire TIMC, Université Grenoble Alpes – Compétences : médecine, toxicologie, IBE, métrologie des polluants, hygiène industrielle.

Mme Anne PLATEL – Maître de conférences à la Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille – Laboratoire de Toxicologie Génétique, Institut Pasteur de Lille - Compétences : Toxicologie, Génotoxicité, QSAR.

M. Henri SCHROEDER – Professeur associé à la Faculté des Sciences et Technologies de l'Université de Lorraine– Laboratoire CALBINOTOX, EA 7488 - Pharmacien neurobiologiste - Compétences : Neurotoxicité, polluants environne taux, comportement animal, développement cérébral, exposition périnatale.

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

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

M. Claude VIAU – Professeur titulaire retraité, actuellement Professeur associé du Département de santé environnemental et santé au travail, École de santé publique à l'université de Montréal – Compétences : Toxicologie, Indicateurs Biologiques d'Exposition, hygiène industrielle, métrologie des polluants.

- Pour la partie « Air Intérieur » : le 2 avril 2020

#### ■ CES « Air »

#### **Présidente**

Mme Rachel NADIF – Chargée de Recherche (INSERM – Directrice adjointe UMR-S 1168) – Spécialité : épidémiologie, santé respiratoire.

#### **Vice-président**

M. Christophe PARIS – Professeur des universités, praticien hospitalier (Université de Rennes 1 - Inserm U1085 IRSET – Centre hospitalier universitaire de Rennes). Spécialités : épidémiologie des risques professionnels, pathologies professionnelles, santé au travail.

#### **Membres**

Mme Sophie ACHARD – Enseignant chercheur, maître de conférence (Université Paris Descartes) – Spécialité : toxicologie environnementale.

Mme Christina ASCHAN-LEYGONIE – Enseignant-chercheur (Université Lumière Lyon 2 - UMR 5600 Environnement Ville Société - EVS) - Spécialités : géographie, milieux urbains, inégalités de santé.

M. Denis BEMER – Responsable d'études (Institut national de recherche et de sécurité) – Spécialités : physique et métrologie des aérosols - filtration de l'air.

Mme Valérie BEX – Responsable de la cellule santé habitat (Service parisien de santé environnementale) – Spécialités : métrologie des polluants biologiques, qualité de l'air intérieur.

Mme Nathalie BONVALLOT – Enseignant chercheur (Ecole des hautes études en santé publique) – Spécialités : toxicologie, évaluation des risques sanitaires.

M. Denis CAILLAUD – Professeur des universités, praticien hospitalier (CHU de Clermont-Ferrand) – Spécialités : pneumologie, allergologie, épidémiologie-environnement (pollens, moisissures).

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

M. Marc DURIF – Responsable de Pôle (Institut national de l'environnement industriel et des risques) – Spécialités : métrologie et méthode d'analyse des polluants de l'air, caractérisation des expositions.

Mme Emilie FREALLE – Praticien Hospitalier (Centre Hospitalier Régional Universitaire de Lille, Institut Pasteur de Lille) – Spécialités : écologie microbienne de l'air, microbiologie analytique, évaluation et prévention du risque microbiologique, surveillance de l'environnement intérieur.

M. Philippe GLORENNEC – Enseignant chercheur (Ecole des hautes études en santé publique – Institut de recherche sur la santé, l'environnement et le travail, UMR Inserm 1085) – Spécialités : évaluation des expositions et des risques sanitaires d'origine chimique.

Mme Ghislaine GOUPIL – Chef de département, adjoint au chef du pôle environnement (Laboratoire Central de la Préfecture de Police) – Spécialités : métrologie des polluants (air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail), techniques d'analyses, réglementation air.

Mme Marianne GUILLEMOT – Responsable d'études (Institut national de recherche et de sécurité) – Docteur en Chimie – Spécialités : métrologie, surveillance atmosphérique et des environnements professionnels.

Mme Bénédicte JACQUEMIN – Chargée de recherche (INSERM) – Spécialités : épidémiologie environnementale, pollution atmosphérique.

M. Olivier JOUBERT – Maître de conférences (Université de Lorraine) – Spécialités : toxicologie, sécurité sanitaire.

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

Mme Corinne MANDIN – Chef de division (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) – Spécialités : évaluation des expositions et des risques sanitaires, environnements intérieurs.

M. Fabien MERCIER – Ingénieur de recherche, Responsable R&D (Ecole des hautes études en santé publique / Laboratoire d'étude et de recherche en environnement et santé) – Spécialités : métrologie des polluants, méthodes d'analyse, air intérieur.

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

Mme Anne OPPLIGER – Privat-Doctent & Maître d'Enseignement et de Recherche (Institut universitaire romand de Santé au Travail, Lausanne) – Spécialités : Santé travail, risques biologiques, bioaérosols, agents zoonotiques.

M. Pierre PERNOT – Responsable de service (Airparif) – Spécialités : surveillance et réglementation de la qualité de l'air.

## **PARTICIPATION ANSES**

---

### **Coordination scientifique**

Mme Marion KEIRSBULCK - Chef de projet – Anses

Mme Amandine PAILLAT – Chef de projet – Anses

### **Contribution scientifique**

Mme Marion KEIRSBULCK - Chef de projet – Anses

Mme Amandine PAILLAT – Chef de projet – Anses

### **Secrétariat administratif**

Mme Sophie SADDOKI – assistante - Anses

## SOMMAIRE

Présentation des intervenants.....	3
Sigles et abréviations .....	10
Liste des tableaux.....	11
Liste des figures .....	11
<b>1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine.....</b>	<b>12</b>
1.1 Contexte.....	12
1.2 Objet.....	13
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation .....	13
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts .....	14
<b>2 Objectifs et principe général.....</b>	<b>15</b>
2.1 Terminologie générale.....	15
2.2 Définitions.....	15
2.2.1 Valeurs de référence.....	15
2.2.2 Métrologie .....	16
2.3 Objectif.....	17
2.4 Principe général .....	17
<b>3 Exigences de performance pour l'évaluation de chaque méthode .....</b>	<b>20</b>
3.1 Origine de la méthode .....	20
3.2 Description de la méthode .....	20
3.3 Conditions d'échantillonnage.....	21
3.4 Transport et conservation.....	23
3.5 Conditions d'analyse .....	23
3.6 Données de validation .....	24
<b>4 Critères de décision.....</b>	<b>27</b>
4.1 Grilles de critères de décision .....	27
4.1.1 Critères de décision relatifs au prélèvement.....	27
4.1.2 Critères de décision relatifs à l'analyse .....	29
4.2 Exceptions .....	30
4.2.1 Suivi des valeurs de référence court terme .....	30
4.2.1.1 Suivi des VLCT-15min.....	30
4.2.1.2 Suivi des VGAI court terme .....	30
4.2.2 Suivi de valeur plafond.....	31
<b>5 Eléments complémentaires.....</b>	<b>32</b>

<b>6</b>	<b>Démarche d'évaluation des méthodes</b> .....	<b>33</b>
<b>6.1</b>	<b>Recensement des protocoles</b> .....	<b>33</b>
6.1.1	Pour la comparaison à des VLEP .....	33
6.1.2	Pour la comparaison à des VGAI .....	34
<b>6.2</b>	<b>Identification des différentes méthodes disponibles</b> .....	<b>35</b>
<b>6.3</b>	<b>Recherche des critères d'exclusion</b> .....	<b>35</b>
<b>6.4</b>	<b>Recueil des données nécessaires à l'évaluation</b> .....	<b>35</b>
<b>6.5</b>	<b>Classement des méthodes</b> .....	<b>38</b>
<b>6.6</b>	<b>Elaboration des recommandations</b> .....	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Bibliographie</b> .....	<b>41</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>ANNEXES</b> .....	<b>44</b>
Annexe 1	: Annexe relative aux données d'incertitudes .....	45
Annexe 2	: Synthèse des exigences générales de la norme NF EN 45544 (parties 1 et 2) ...	49

## Sigles et abréviations

2,4-DNPH : 2,4-dinitrophénylhydrazine

AFNOR : Association française de normalisation

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire

BGIA : Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz

CEN : Comité européen de normalisation

CES : Comité d'experts spécialisé

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

CMR : Cancérogène, mutagène et toxique pour la reproduction

COCT : Conseil d'Orientation sur les Conditions de Travail

COFRAC : Comité français d'accréditation

EPA : Environmental protection agency

GT : Groupe de travail

HCSP : Haut conseil de santé publique

HSE : Health and Safety Executive

IFA : Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

INSST : Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

ISO : international standard organisation

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

LQ : limite de quantification

MAK : Maximale Arbeitsplatzkonzentration

NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health

OQAI : Observatoire de la qualité de l'air intérieur

OSHA : Occupational Safety and Health Administration

PST : plan santé au travail

VLEP : valeurs limites d'exposition professionnelle

VLCT : valeur limite court terme

VGAI : valeurs guides de qualité d'air intérieur

VGAI CT : valeur guide de qualité d'air intérieur court terme

VGAI LT : valeur guide de qualité d'air intérieur long terme

VP : valeur plafond

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Conditions de pression de vapeur pour le prélèvement des agents chimiques semi-volatils (d'après l'annexe informative des normes NF EN 13936 et NF X 43-215)	22
Tableau 2 : grille de décision pour le classement des méthodes – paramètres relatifs au prélèvement	27
Tableau 3 : grille de décision pour le classement des méthodes – paramètres relatifs à l'analyse	29
Tableau 4 : Exigences pour les différents types de méthodes à recenser pour le suivi de valeur plafond	31
Tableau 5 : Paramètres descriptifs	36
Tableau 6 : Données de validation	37
Tableau 7 : Classements potentiels des méthodes de mesure de polluants sous forme gazeuse	38
Tableau 8 : Classements potentiels des méthodes de mesure de polluants sous forme particulaire ou en phase mixte	39
Tableau 9 : Termes relatifs aux incertitudes identifiés dans les protocoles du NIOSH	46
Tableau 10 : Termes relatifs aux incertitudes identifiés dans les protocoles de l'OSHA	47
Tableau 11 : 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)	49
Tableau 12 : Exigences générales portant sur le manuel d'instruction (norme NF EN 45544, parties 1 et 2)	50
Tableau 13 : Exigences générales portant sur les conditions d'essai (norme NF EN 45544, parties 1 et 2)	51
Tableau 14 : Exigences générales portant sur la méthode d'essai (norme NF EN 45544, parties 1 et 2)	52

## Liste des figures

Figure 1 : Principe général	19
Figure 2 : Représentation graphique du critère de décision relatif à la limite de quantification et à l'étendue de mesure	30

# 1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

## 1.1 Contexte

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, notamment :

- 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 »

Ces valeurs peuvent ensuite être utilisées par les pouvoirs publics en vue de fixer des valeurs réglementaires.

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

- une phase d'expertise scientifique indépendante confiée à l'Anses ;
- 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 est de discuter de l'effectivité des valeurs limites et de déterminer d'éventuels délais d'application, fonction de conditions de faisabilité technico-économique.

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 processus 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 de l'air intérieur, le ministère chargé de la santé sollicite usuellement le Haut conseil de la santé publique (HCSP) en vue 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 tient compte, dans ses propositions, de considérations pratiques, réglementaires, juridiques, économiques et sociologiques.

Enfin, conformément à la loi du 1er août 2008 relative à la responsabilité environnementale, des 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 s'est mise en place progressivement notamment dans les établissements recevant du public et plus spécifiquement accueillant des enfants<sup>1</sup>. Les moyens d'aération devront être évalués et la mesure du formaldéhyde, du benzène et du dioxyde de carbone (et éventuellement du perchloréthylène pour les établissements contigus à un pressing) sera réalisée dans certains établissements recevant du public avec des dispositions particulières de prévention de la qualité de l'air<sup>2</sup>. Les mesures de polluants seront en particulier mises en regard des valeurs-guides pour l'air intérieur et de valeurs déclenchant des investigations complémentaires.

## 1.2 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 à ces valeurs.

Le présent rapport présente la méthodologie d'évaluation des méthodes de mesure mise en œuvre par l'Anses. Il constitue une actualisation et un enrichissement d'une version précédente élaborée en 2016 et publiée dans le rapport d'expertise relatif à la méthode d'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur (Anses, 2016) et le document de référence pour l'élaboration de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel (VLEP) (Anses, 2018).

La démarche ne définit pas d'éléments de stratégie d'échantillonnage comme le nombre de prélèvements 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 EN ISO 16000-1, NF X 43-298) et la réglementation en vigueur.

## 1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

Pour poursuivre les travaux d'expertise relatifs aux VLEP et aux VGAI réalisés à l'Anses depuis respectivement 2007 et 2005, un groupe de travail (GT) « Métrologie » a été créé depuis 2014 et renouvelé périodiquement pour des mandats de 3 années. Celui-ci est rattaché à 2 CES :

- « Valeurs sanitaires de référence » (CES VSR) ;
- « 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 ou établies dans des directives européennes.

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.

---

<sup>1</sup> Comme prévu par le décret 2011-1728 du 2 décembre 2011

<sup>2</sup> Décret n°2012-14 du 5 janvier 2012 et décret 2015-1000 du 17 août 2015

## 1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts

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](http://www.anses.fr)).

## 2 Objectifs et principe général

### 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 NF 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, 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 – 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 » ;
- Aérosol : particules en suspension dans l'air et mélange de gaz (et de vapeur) dans lequel elles sont en suspension (norme NF EN 1540) ;
- Aérosol semi-volatil : aérosol composé d'un ou plusieurs agents chimiques présents sous forme particulaire et vapeur et dont les proportions sont susceptibles d'évoluer de façon significative dans le temps en fonction des conditions environnementales et des conditions liées au prélèvement (durée, débit, températures etc.) ;
- Particules en suspension dans l'air : matière fine, sous forme solide ou liquide, dispersée dans l'air (norme NF EN 1540) ;
- Vapeur : phase gazeuse d'une substance dans un état d'équilibre ou d'équilibre instable avec la même substance à l'état liquide ou solide, au-dessous de son point d'ébullition ou de sublimation (norme NF EN 1540).

L'annexe 1 présente la terminologie relative aux données d'incertitudes propres à différents organismes élaborant ou validant des méthodes de mesure.

## 2.2 Définitions

### 2.2.1 Valeurs de référence

L'Anses 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 (VP) : 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.

L'Anses a retenu comme définition pour les VGAI (Anses, 2011) :

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 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.

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 (VGAI CT) 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 (VGAI LT) 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.

## 2.2.2 Métrologie

Dans le cadre de la méthodologie d'évaluation des méthodes de mesure 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 chimique 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 ;

- phase mixte : un polluant en phase mixte correspond à un polluant semi-volatile ou pouvant être émis dans l'air sous forme de mélange de particules en suspension dans l'air et de vapeur.

## 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 ou les VGAI recommandées par le CES VSR, ou bien à des fins de comparaison avec les VLEP établies dans des directives européennes.

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 (l'ensemble des critères de performance sont satisfaits) ;
- catégorie 1B : méthodes partiellement validées (les critères essentiels de performance sont satisfaits) ;
- catégorie 2 : méthodes indicatives<sup>3</sup> (des critères essentiels de validation ne sont pas suffisamment explicités, ou bien la méthode nécessite des ajustements devant faire l'objet d'une validation) ;
- catégorie 3 : méthodes non recommandées. Cette catégorie englobe les méthodes inadaptées pour lesquelles des critères essentiels de validation ne sont pas remplis et les méthodes non évaluables (désignées par la catégorie 3\*) pour lesquelles des critères essentiels de validation ne sont pas documentés.

## 2.4 Principe général

Dans ce chapitre, le principe général de la démarche d'évaluation des méthodes de mesure est décrit. A noter que le fascicule de documentation FD CEN/TR 17055 (2017) explicite également comment choisir une procédure de mesurage selon certaines exigences normatives. Toutefois, la démarche, objet du présent rapport, prend en compte des critères de décision complémentaires décrits dans le chapitre 4.

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. La norme ISO 20581 (2016) présente les mêmes exigences. Il a été retenu de privilégier la référence à la norme NF EN 482 mentionnée dans différents textes réglementaires.

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

---

<sup>3</sup> 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.

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, le groupe de travail a retenu les exigences de cette norme principale NF EN 482 pour l'évaluation des méthodes de mesure en lien avec les VLEP et les VGAI.

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

Pour l'évaluation des méthodes de mesure à des fins de 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 (VGAI LT) : 7 jours<sup>4</sup> ;
- VGAI court terme (VGAI CT) : durée de référence de la VGAI CT.

Que ce soit dans l'objectif d'évaluer les méthodes de mesure 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 ;
- rechercher en priorité les critères d'exclusion (Cf. § 6.3). Si de tels critères sont remplis pour une méthode, celle-ci est classée en catégorie 3 ;
- évaluer les différents paramètres :
  - répertorier différents paramètres visant à évaluer la technique de prélèvement, la technique d'analyse et les performances de la méthode globale ;
  - évaluer 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 4 catégories en fonction de l'évaluation précédente :
    - catégorie 1A : méthodes validées (l'ensemble des critères de performance sont satisfaits) ;
    - catégorie 1B : méthodes partiellement validées (les critères essentiels de performance sont satisfaits) ;
    - catégorie 2 : méthodes indicatives (des critères essentiels de validation ne sont pas suffisamment explicités, ou bien la méthode nécessite des ajustements devant faire l'objet d'une validation) ;
    - catégorie 3 : méthodes non recommandées. Cette catégorie englobe les méthodes inadaptées pour lesquelles des critères essentiels de validation ne

---

<sup>4</sup> 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.

sont pas remplis et les méthodes non évaluables (désignées par la catégorie 3<sup>(\*)</sup>) pour lesquelles des critères essentiels de validation ne sont pas documentés ;

NB : Pour la mesure d'aérosol ou de substance en phase mixte, un premier classement est établi au regard des critères de performances portant sur le prélèvement. Un second classement est établi au regard des critères de performances portant sur l'analyse. Le classement final de la méthode correspond au classement le plus défavorable ;

- 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 de 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.

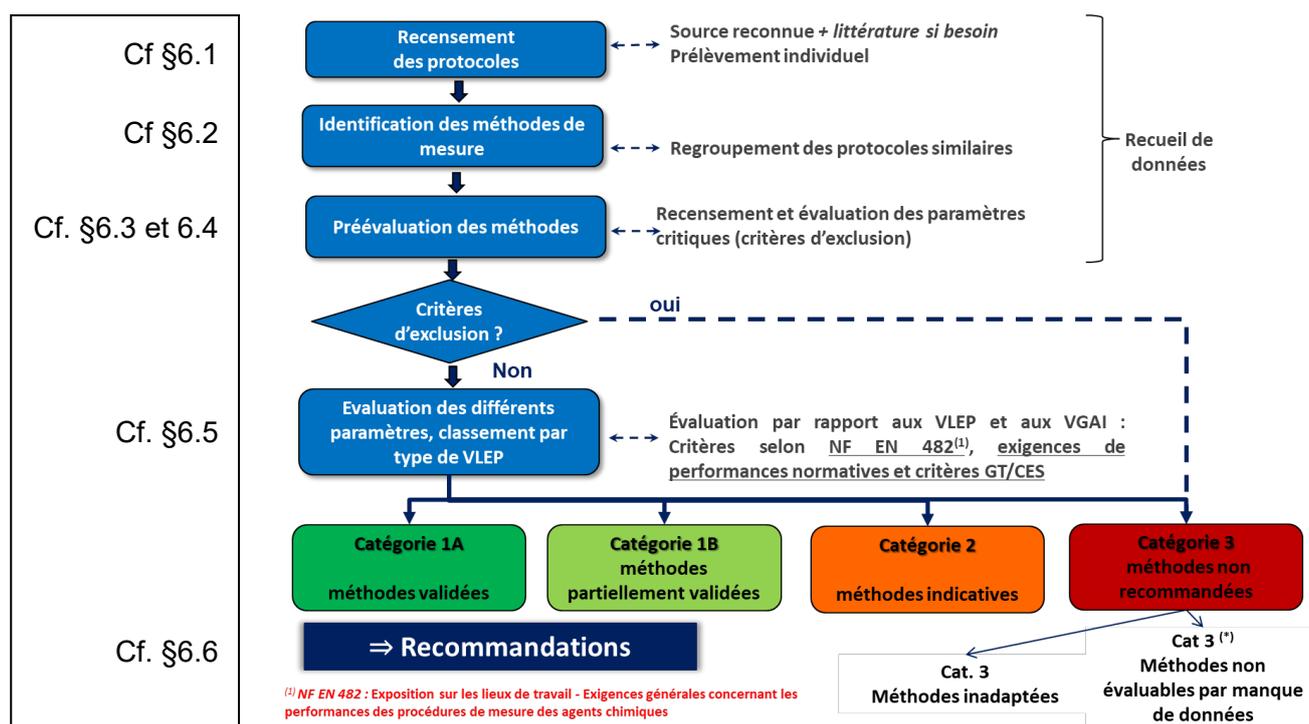


Figure 1 : Principe général

### 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 notamment<sup>5</sup> :
  - les dispositifs de prélèvement par diffusion (NF EN 838 pour l'air des lieux de travail et NF EN 13528-1 à -3 pour l'air ambiant et intérieur) ;
  - les dispositifs de prélèvement de gaz et de vapeurs par pompage (NF EN ISO 22065) ;
  - les pompes de prélèvement (NF EN ISO 13137) ;
  - les dispositifs de prélèvement de particules en suspension dans l'air (NF EN 13205 toutes les parties, NF X 43-257, NF X 43-259...) ;
  - les métaux et métalloïdes (NF EN 13890, ISO 21832) ;
  - les agents chimiques sous forme de mélange de particules en suspension dans l'air et de vapeur (NF EN 13936, NF X 43-215) ;
  - les nano-objets et leurs agrégats et agglomérats (NF EN 16966) ;
  - 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.

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, le groupe de travail s'assure que la méthode présente bien l'ensemble des données de validation au travers des données disponibles dans chaque protocole.

#### 3.1 Origine de la méthode

Le protocole doit avoir été publié dans une source reconnue (Cf. Chapitre 6.1).

#### 3.2 Description de la méthode

La description doit comprendre toutes les informations nécessaires pour mener à bien la procédure et indiquer, 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.

---

<sup>5</sup> Liste non exhaustive.

### 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'amoindrir 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 chimique, 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, thoracique ou alvéolaire), notamment :

- l'incertitude élargie du dispositif de prélèvement d'aérosol doit être inférieure à 25% ;
- le biais relatif à la convention de prélèvement devrait résulter en une composante d'incertitude (de mesure) comprise entre 5 et 10%, selon le degré d'optimisation du dispositif de prélèvement au regard de la convention de prélèvement. Les dispositifs de prélèvement qui ne sont pas correctement optimisés peuvent avoir une composante d'incertitude comprise entre 20 et 25%.

Pour la fraction inhalable, les exigences de la norme NF X43-257 s'appliquent également.

Des exigences supplémentaires spécifiées notamment dans les normes NF EN 838, NF EN 22065, NF EN 13205 (toutes parties), NF EN 13890, NF EN 13936 et NF EN 45544 (toutes parties) doivent être satisfaites pour des types particuliers de procédures et de dispositifs de mesure.

Concernant les polluants semi-volatils (NF X 43-215) ou pouvant être émis dans l'air sous forme de mélange de particules en suspension dans l'air et de vapeur (NF EN 13936), le type d'échantillonneur nécessaire pour effectuer la mesure doit être déterminé en fonction du coefficient de distribution des particules en suspension dans l'air (NF EN 13936). Si ce coefficient est :

- < 10% : il n'est pas nécessaire d'analyser le substrat de collecte des particules.

Ainsi les méthodes de mesure permettant de prélever uniquement la phase vapeur peuvent convenir ;

- compris entre 10 et 90% : les 2 substrats de collecte (particules + vapeur) doivent être analysés.

Les méthodes de mesure doivent donc impérativement permettre de collecter simultanément et d'analyser les deux phases ;

- > 90% : seul le substrat de collecte des particules doit être analysé.

Ainsi les méthodes de mesure permettant de ne prélever que la phase particulaire peuvent convenir.

En l'absence de test de distribution et de données relatives au coefficient de distribution, le choix de l'échantillonneur peut être déterminé à partir de la pression de vapeur de l'agent chimique (NF EN 13936) (Cf. Tableau 1).

**Tableau 1 : Conditions de pression de vapeur pour le prélèvement des agents chimiques semi-volatils (d'après l'annexe informative des normes NF EN 13936 et NF X 43-215)**

Pression de vapeur à 20°C (Pa)	Conditions de température du procédé	Phase à prélever
> 100	-	Vapeur
]0,001 – 100]	-	Particulaire + vapeur
≤ 0,001	Température basse : ≤ 50°C	Particulaire
	Température élevée : > 50 °C	Particulaire + vapeur

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<sup>6</sup> mesuré conformément à la norme NF EN 22065 dans le cas de prélèvement de gaz ou de vapeur.

#### Débit pour les préleveurs en série :

Dans le cas de préleveurs montés en série, notamment pour la mesure d'agents chimiques sous forme de mélange de particules en suspension dans l'air et de vapeur, le débit d'utilisation du dispositif de prélèvement des particules est un débit contraignant qui doit être respecté au risque de ne pas prélever la fraction conventionnelle souhaitée. Ce débit doit être compatible avec le débit de prélèvement du dispositif de prélèvement de vapeurs (NF X 43-215).

#### Débit de prélèvement par diffusion :

Pour les prélèvements passifs, les débits de prélèvement par diffusion doivent avoir été validés expérimentalement, conformément à la norme NF EN 838 ou procédure équivalente. L'annexe B de la norme NF EN 13528-2 mentionne qu'il faut utiliser le débit nominal, à savoir le débit de prélèvement déterminé expérimentalement dans des conditions spécifiées.

<sup>6</sup> Volume de claquage : volume d'air que l'on peut faire passer à travers un dispositif de prélèvement avant que le gaz ou la vapeur ne soit élué(e) du dispositif de prélèvement (NF EN 1540).

### Rétrodiffusion :

Pour les prélèvements passifs, le biais lié au choix d'un 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...

## **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 de vapeur conformément aux normes NF EN 22065 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.

Les métaux et métalloïdes présents dans les particules en suspension dans l'air étant jusqu'à présent analysés sous forme élémentaire totale, le taux de récupération après conservation ne sera pas évalué pour ce type de composés. Pour les métaux et métalloïdes présents dans des gaz ou des vapeurs inorganiques, par exemple le mercure, l'arsenic de l'arsine, etc., ou dans des composés pouvant exister sous forme de mélange de particules/vapeurs, par exemple le trioxyde d'arsenic, les exigences sur le taux de récupération sont à satisfaire (ISO 21832).

## **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.

### 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 validation<sup>7</sup> :

- 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.

#### Taux de récupération analytique – désorption et minéralisation :

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

Pour les gaz et composés sous forme vapeur, selon les normes NF EN 22065, NF EN 838 et 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 A<sup>8</sup>;
- $\geq 95\%$  (avec coefficient de variation  $\leq 10\%$ ) pour les dispositifs de prélèvement de type B<sup>9</sup>.

Pour les composés sous forme de mélange de particules et de vapeur, ou les métaux et métalloïdes, selon les normes NF EN 13936 et 13890, le taux de récupération analytique doit être  $\geq 90\%$  (avec un coefficient de variation  $\leq 5\%$  pour satisfaire la norme NF EN 13890).

A noter que pour :

- les métaux et métalloïdes totaux :
  - lorsque la procédure de mesurage implique une mise en solution de l'échantillon, le taux de récupération analytique doit être déterminé par l'analyse de composés purs, de matériaux de référence ou d'échantillons d'air de référence ;
  - lorsque la procédure de mesurage n'implique pas de mise en solution de l'échantillon, le taux de récupération analytique doit être déterminé expérimentalement (par

---

<sup>7</sup> 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.

<sup>8</sup> Dispositif de prélèvement de type A : dispositif basé sur l'adsorption sur un solide ou support imprégné de réactif, la désorption chimique avec un solvant puis l'analyse du produit de la désorption.

<sup>9</sup> 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.

l'analyse d'échantillons d'air de référence, par l'analyse d'échantillons d'air du lieu de travail) ou estimé théoriquement.

- les composés solubles des métaux et métalloïdes :

- lorsque la procédure de mesurage n'implique pas de méthode de mise en solution de l'échantillon définie par elle-même<sup>10</sup> ou en présence d'un problème de compatibilité chimique, le taux de récupération analytique est déterminé par l'analyse de blancs de laboratoire dopés ;
- lorsque la procédure de mesurage implique une méthode de mise en solution de l'échantillon définie par elle-même<sup>9</sup>, le taux de récupération analytique est considéré comme étant égal à 100%.

Volume de claquage / capacité :

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

Les conditions de détermination doivent être précisées. Selon la norme NF EN 22065, 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 10/3 de 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 :

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 3/10 de la limite de quantification si cette dernière a été déterminée comme étant 10 fois l'écart-type sur les mesures du blanc.

Incertitudes :

---

<sup>10</sup> Dans le cas d'une « méthode de mise en solution de l'échantillon définie par elle-même », les composés solubles de métaux et métalloïdes sont définis par la solution de lixiviation et des conditions de lixiviation spécifiques (annexe A de la norme NF EN 13890).

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 \* la valeur de référence court terme (VLCT-15min ou VGAI-CT) ;
- $\leq 50$  % sur l'intervalle 0,1 à 0,5 \* la valeur de référence long terme (VLEP-8h ou VGAI-LT) ;
- $\leq 30$  % sur l'intervalle 0,5 à 2 \* 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...). L'annexe 1 décrit le type de données disponibles.

## 4 Critères de décision

### 4.1 Grilles de critères 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 2 et 3 avec en rouge les critères d'exclusion qui amènent à ne pas recommander certaines méthodes de mesure. Les exceptions pour les VLCT-15 min, les VGAI court terme et les VP sont présentées dans le chapitre 4.2.

#### 4.1.1 Critères de décision relatifs au prélèvement

Tableau 2 : grille de décision pour le classement des méthodes – paramètres relatifs au prélèvement

Paramètres	Critère de décision	Classement			
		1A	1B	2	3
<b>Dispositif de prélèvement</b>					
Méthode 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			
	Non				X
Conformité du dispositif de prélèvement à la fraction conventionnelle à prélever (à partir de l'étude de l'efficacité d'échantillonnage en conditions expérimentales en laboratoire)	Respect des exigences de la norme NF EN 13205	X			
	Autres données de biais			X	
	Aucune donnée ou sous-estimation sur une partie jugée d'intérêt de la gamme granulométrique				X
<b>Autres critères</b>					
volume de claquage** étudié en atmosphère contrôlée ou dans un flux d'air, déterminé dans les conditions opératoires et suffisant pour mesurer au moins 2 fois la valeur de référence <u>sur une durée de</u>	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 la capacité de piégeage		
Capacité de piégeage** étudiée par injection d'un aliquote directement sur le support, déterminée dans les conditions opératoires et suffisante pour mesurer au moins 2 fois la valeur de référence <u>sur une durée de</u>	≥ 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 supports imprégnés)	Identification et étude		X		
	Identification			X	

Paramètres	Critère de décision	Classement			
		1A	1B	2	3
d'un réactif (dérivation), vitesse de l'air pour les supports passifs...)	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 de prélèvement par diffusion	Déterminé expérimentalement sur le domaine 0,1 à 2 fois la valeur de référence	X			
	Déterminé expérimentalement sur une gamme de concentration différente			X	
	Calculé ou sans information sur les modalités de détermination				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
<b>** pour tube adsorbant et filtre imprégné</b>					

#### 4.1.2 Critères de décision relatifs à l'analyse

Tableau 3 : 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	
Taux de récupération analytique Rendement d'adsorption/désorption - rendement de minéralisation	Plusieurs concentrations sur le domaine 0,1 à 2 fois la valeur de référence	X			
	Une concentration sur le domaine 0,1 à 2 fois la valeur de référence		X		
	En dehors de la gamme de concentration			X	
	Non déterminé ou valeur non conforme aux exigences des normes				X
Interférences analytiques	Identification et étude	X			
	Identification		X		
	Pas d'information			X	
Limite de quantification et étendue de mesure adaptées à des concentrations correspondant aux valeurs de référence	Adaptées	X			
	Partiellement adaptées		X		
	Adaptables			X	
	Non adaptées				X
Données d'incertitudes (prélèvement + analyse)	Incertitudes globales et élargies sur le domaine 0,1 à 2 fois la valeur de référence	X			
	Incertitudes globales et élargies sur une autre gamme de concentration		X		
	Autres données d'incertitudes			X	
	Aucune donnée ou incertitude élargie non-conforme aux exigences de la norme NF EN 482				X

Concernant le critère « Limite de quantification et étendue de mesure adaptées à des concentrations correspondant aux valeurs de référence », la Figure 2 schématise les différents classements des méthodes au regard des domaines de validation et limites de quantification.

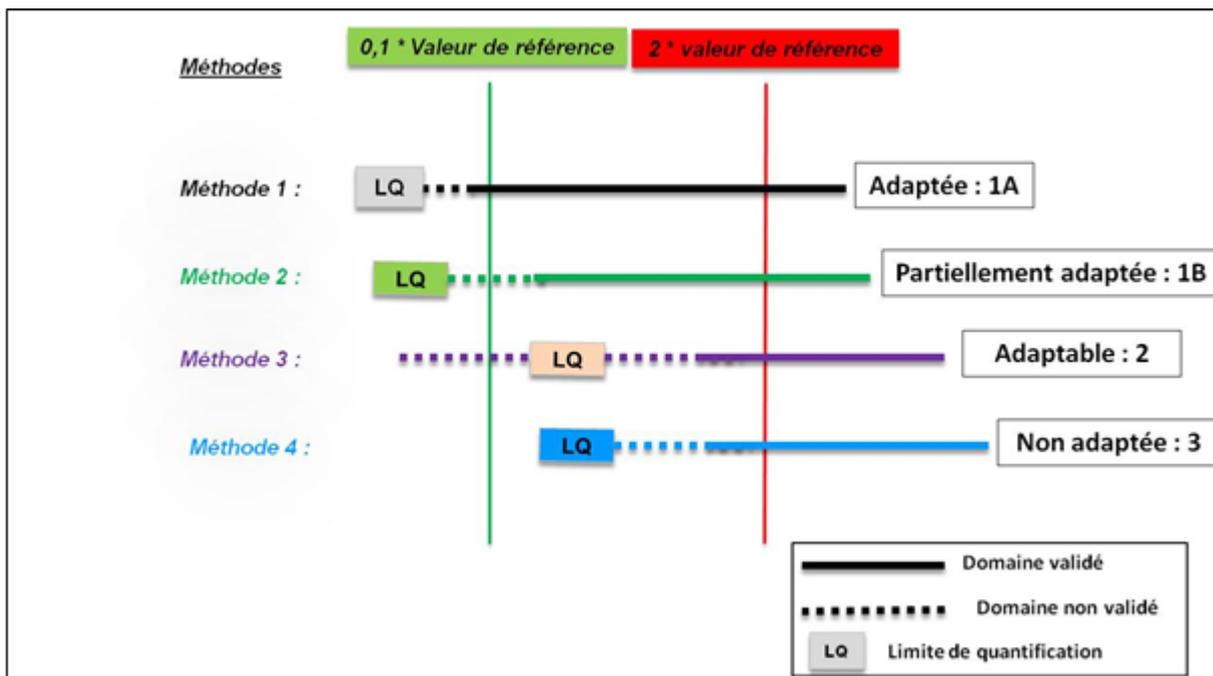


Figure 2 : Représentation graphique du critère de décision relatif à la limite de quantification et à l'étendue de mesure

## 4.2 Exceptions

### 4.2.1 Suivi des valeurs de référence court terme

#### 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 (Cf. § 3.6).

#### 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.

#### 4.2.2 Suivi de valeur 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 de valeur 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 2) :

- 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 de 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 4 ci-dessous présente les différents types de méthode et leur classement possible en fonction de leur performance pour le suivi et le contrôle de valeur plafond :

**Tableau 4 : Exigences pour les différents types de méthodes à recenser pour le suivi de valeur plafond**

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 ISO 17621
Mesure ponctuelle à l'aide d'un appareil ou dispositif à réponse différée nécessitant une analyse en laboratoire	3	-

## 5 Eléments complémentaires

### 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 des travailleurs.

## 6 Démarche d'évaluation des méthodes

### 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 et 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.

#### 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 : INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo)  
<https://www.insst.es/metodos-de-toma-de-muestras-y-analisis>
- 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-arbeitsmappedigital.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>

- 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/>

### **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.  
<https://www.epa.gov/amtic/air-monitoring-methods>  
<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/>

## 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 quand le dispositif de prélèvement, la technique de préparation de l'échantillon et la technique d'analyse sont analogues, sont regroupés.

## 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 de valeur plafond (Cf. 4.2.2), les critères d'exclusion sont les suivants (Cf. aussi Tableau 2 et Tableau 3) :

- 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 ;
  - dispositif de prélèvement non conforme à la fraction conventionnelle 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 de diffusion > 20% ou non renseignée ;
  - rétrodiffusion > 20% ou non renseignée.
- concernant l'analyse :
  - technique d'analyse inadaptée au regard de l'agent chimique à doser ;
  - étendue de mesure et limite de quantification inadaptées ;
  - taux de récupération analytique non déterminé ou non conforme aux exigences des normes.
- concernant la performance de la méthode globale :
  - absence de données relatives à l'incertitude de mesure 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. Pour la mesure d'aérosol ou de substance en phase mixte, une première évaluation est réalisée au regard des critères relatifs au prélèvement et une seconde au regard des critères relatifs à l'analyse conduisant à un classement différencié des méthodes de prélèvement et d'analyse puis un classement global de la méthode de mesure.

## 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 5 et Tableau 6) :

**Tableau 5 : Paramètres descriptifs**

Méthode n° XX - prélèvement - traitement échantillon - analyse		Protocole n°1	Protocole n°2
<b>Paramètres descriptifs</b>			
<b>Gaz/vapeur - Aérosol - Mixte</b>	<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>		
<b>Prélèvement</b>	<b>Actif / passif</b>	<i>Préciser si le prélèvement est actif (passage d'un flux d'air au moyen d'une pompe) ou passif (diffusion de l'air au travers du média)</i>	
	<b>Système de prélèvement</b>	<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>	
	<b>Débit</b>	<i>Préciser le débit recommandé. Dans le cas de prélèvements passifs, préciser le débit d'échantillonnage (si le débit d'échantillonnage est donné par le fabricant, noter (F) ; ou si l'on dispose de données de validation expérimentale, noter (Ex))</i>	
	<b>Volume</b>	<i>Préciser le volume d'air recommandé</i>	
	<b>Durée</b>	<i>Préciser la durée d'échantillonnage recommandée</i>	
<b>Analyse</b>	<b>Préparation échantillon</b>	<i>Préciser les conditions de préparation de l'échantillon : désorption/dissolution (nature du solvant, dissolution du filtre/cassette, désorption thermique...)</i>	
	<b>Technique d'analyse</b>	<i>Préciser la technique d'analyse et le mode de détection utilisés : GC, HPLC, ICP, chromatographie ionique ; FID, MS...</i>	
	<b>Paramètres analytiques</b>	<i>Préciser les principaux paramètres analytiques</i>	

**Tableau 6 : Données de validation**

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

## 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) sur la base des données recueillies (Cf. § 6.4). Concernant les aérosols et les agents chimiques en phase mixte, une première évaluation est réalisée au regard des critères relatifs au prélèvement et une seconde au regard des critères relatifs à l'analyse conduisant à un classement différencié des méthodes de prélèvement et d'analyse, puis à un classement global de la méthode de mesure selon les catégories suivantes :

- Catégorie 1A : méthodes validées (l'ensemble des critères de performance sont satisfaits) ;
- Catégorie 1B : méthodes partiellement validées (les critères essentiels de performance sont satisfait) ;
- Catégorie 2 : méthodes indicatives (des critères essentiels de validation ne sont pas suffisamment explicités, ou bien la méthode nécessite des ajustements devant faire l'objet d'une validation) ;
- Catégorie 3 : méthodes non recommandées. Cette catégorie englobe les méthodes inadaptées pour lesquelles des critères essentiels de validation ne sont pas remplis et les méthodes non évaluables (désignées par la catégorie 3\*) pour lesquelles 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.

Les Tableaux 7 et 8 présentent des exemples de classements possibles de méthodes de mesure pour les polluants gazeux et pour les polluants particuliers ou sous forme de phase mixte.

**Tableau 7 : Classements potentiels des méthodes de mesure de polluants sous forme gazeuse**

	Méthodes	Protocoles	Classement de la méthode (préciser au regard de quelle valeur de référence)
1	Principe à rappeler	référence	1A
2	Principe à rappeler	référence	1B
3	Principe à rappeler	référence	2
4	Principe à rappeler	référence	3
5	Principe à rappeler	référence	3 <sup>(*)</sup>
(*) méthode non évaluable en l'absence de données			

**Tableau 8 : Classements potentiels des méthodes de mesure de polluants sous forme particulaire ou en phase mixte**

	Méthodes	Protocoles	Classement de la méthode de mesure (préciser au regard de quelle valeur de référence)		
			Dispositif de prélèvement	Méthode d'analyse <sup>(1)</sup>	Evaluation globale
1	Principe à rappeler	référence	/	1A, 1B, 2	/
2	Principe à rappeler	référence	/	3	3
3	Principe à rappeler	référence	1A, 2	3	3
4	Principe à rappeler	référence	1A	1A	1A
5	Principe à rappeler	référence	1A	1B	1B
6	Principe à rappeler	référence	1A	2	2
7	Principe à rappeler	référence	2	1A, 1B, 2	2
8	Principe à rappeler	référence	3	1A, 1B, 2	3

(1) Inclus les autres critères relatifs au prélèvement et ceux relatifs à l'analyse (Cf. § cf.4.1)

## 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 et la validation 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 une méthode utiliserait des substances classées CMR 1A ou 1B, et qu'il existe des méthodes alternatives équivalentes en termes de niveau de validation et mettant en œuvre des substances moins dangereuses, seules ces méthodes alternatives seront recommandées.

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

**Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail et par les comités d'experts spécialisés VSR et Air : respectivement le 9 mars, le 19 mars et le 2 avril 2020**



## 7 Bibliographie

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 (2016) Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur. Méthode d'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur. Agence nationale de sécurité sanitaire, Maisons-Alfort, France

Anses (2018 ) Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel. Document de référence pour l'élaboration de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel. Valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel

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

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 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>

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

FD CEN/TR 17055 (Mai 2017) - Exposition sur les lieux de travail - Mesurage des agents chimiques conformément aux exigences de l'EN 482 et de l'une des normes EN 838, EN 1076, EN 13205, EN 13890 et EN 13936 - Choix des procédures

ISO 20581 (Novembre 2016) - Air des lieux de travail - Exigences générales concernant les performances des procédures de mesure des agents chimiques

ISO 21832 (Novembre 2018) - Air des lieux de travail - Procédures pour la détermination des métaux et métalloïdes dans les particules en suspension dans l'air

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

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

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

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

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

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 13528-1 (avril 2003) - Qualité de l'air - Échantillonneurs par diffusion pour la détermination des concentrations des gaz et des vapeurs - Prescriptions et méthodes d'essai - Partie 1: prescriptions générales

NF EN 13528-2 (mai 2003) - Qualité de l'air ambiant - Échantillonneurs par diffusion pour la détermination des concentrations des gaz et des vapeurs - Exigences et méthodes d'essai - Partie 2 : exigences spécifiques et méthodes d'essai

NF EN 13528-3 (Juillet 2004) - Qualité de l'air ambiant - Échantillonneurs par diffusion pour la détermination de la concentration des gaz et vapeurs - Exigences et méthodes d'essai - Partie 3 : guide pour la sélection, l'utilisation et la maintenance

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

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

NF EN 14412 (décembre 2004) Qualité de l'air intérieur – Échantillonnage par diffusion pour la détermination de la concentration des gaz et vapeur. Guide pour la sélection, l'utilisation et la maintenance

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

NF EN 16966 (Novembre 2018) - Exposition sur les lieux de travail - Mesurage de l'exposition par inhalation de nano-objets et de leurs agrégats et agglomérats - Métriques à utiliser telles que concentration en nombre, concentration en surface et concentration en masse

NF EN 45544-1 (Mars 2015) - 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

NF EN 45544-2 (Mars 2015) - 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 la gestion de l'exposition

- NF EN 45544-3 (Mars 2015) - 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 des appareillages utilisés pour la détection de gaz générale
- NF EN 45544-4 (Juin 2016) - 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
- NF EN 481 (Novembre 1993) - Atmosphères des lieux de travail - Définition des fractions de taille pour le mesurage des particules en suspension dans l'air
- NF EN 482 + A15 (Novembre 2015) - Atmosphères des lieux de travail - Exigences générales concernant les performances des modes opératoires de mesurage des agents chimiques. AFNOR
- 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
- 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
- NF EN ISO 16000-1 (Juillet 2006) - Air intérieur - Partie 1 : aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage
- NF EN ISO 17621 (Novembre 2015) - Air des lieux de travail - Systèmes de mesurage par tube détecteur à court terme - Exigences et méthodes d'essai - Atmosphères des lieux de travail - Systèmes de mesurage par tube détecteur à court terme - Exigences et méthodes d'essai
- NF EN ISO 22065 (Juillet 2019) - Air des lieux de travail - Gaz et vapeurs - Exigences pour l'évaluation des procédures de mesure à l'aide de dispositifs de prélèvement par pompage - Air des 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
- NF ISO 7708 (Mai 1996) - Qualité de l'air - Définitions des fractions de taille des particules pour l'échantillonnage lié aux problèmes de santé
- NF X 43-215 (Octobre 2018) - Qualité de l'air - Air des lieux de travail - Prélèvement et analyse des aérosols semi-volatils - Exigences et méthodes d'essai
- NF X 43-257 (Août 2016) - Qualité de l'air - Air des lieux de travail - Prélèvement d'aérosol à l'aide d'une cassette (orifice 4 mm)
- NF X 43-259 (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
- 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



---

## **ANNEXES**

---

## Annexe 1 : Annexe relative aux données d'incertitudes

### **Protocoles élaborés par les organismes européens (ISST, HSE, DGUV, MAK, IFA, INRS) :**

De manière générale, les organismes européens élaborant et validant des méthodes de mesure dans l'air des lieux de travail se réfèrent aux exigences de la norme EN 482. Les modalités de détermination de l'incertitude dépendent de la date du protocole. Ainsi, de manière générale pour les protocoles établis antérieurement à 2006, des données de biais et de fidélité seront rapportées permettant de préciser la conformité aux exigences de la norme EN 482 :1994. Les protocoles établis postérieurement à 2006 présentent généralement des données d'incertitudes élargies calculées selon les préconisations de la norme EN 482 :2006 ou les versions suivantes de cette norme.

L'INRS ne rapporte généralement dans ses protocoles que des coefficients de variation issus des différents essais réalisés (détermination du coefficient de désorption, essais de stockage, etc.)

### **Protocoles élaborés par les organismes nord-américains (IRSST, NIOSH, OSHA)**

L'IRSST ne rapporte dans son guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail qu'une incertitude analytique CVa (%). Ce paramètre n'est pas défini.<sup>11</sup>

Le tableau suivant présente les termes en lien avec des données d'incertitude utilisés par le NIOSH et l'OSHA. Il explicite les notions couvertes par ces termes, de manière à pouvoir les appréhender au regard des exigences en termes d'incertitudes élargies telles que définies par la norme NF EN 482.

---

<sup>11</sup> IRSST 2012 - Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail – Guide technique T-06 – 8eme édition – Montréal (Quebec) – 150p (<http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/T-06.pdf>)

Tableau 9 : Termes relatifs aux incertitudes identifiés dans les protocoles du NIOSH

Terme identifiés dans les protocoles	Définition	Exigence	Modalités de détermination	Transposition selon sa définition	Signification /équivalence EN 482
Bias	Difference between the average measured mass or concentration and reference mass or concentration expressed as a fraction of reference mass or concentration ([1], [2])	Method bias should be less than 10% ([4])	Les résultats des différents essais de validation (détermination du taux de récupération, de la stabilité de l'échantillon, de l'influence des conditions environnementales) sont utilisés pour déterminer ces paramètres. La méthodologie est décrite dans le document de référence du NIOSH ([3])	Biais	similaire au biais EN 482 : 1994.
Overall Precision (S <sub>r</sub> )	The repeatability or reproducibility of individual measurements expressed as relative standard deviation([1], [2])	-		Fidélité globale	
Accuracy:	The degree of agreement between a measured value and the accepted reference value. In this manual, accuracy is calculated from the absolute mean bias of the method plus the overall precision, S <sub>r</sub> T, at the 95% confidence level. For an individual measurement, it includes the combination of precision and bias([1], [2])	target accuracy is less than 25% difference from actual concentration over the range of the method. ([5])		Incertitude élargie	plus exigeant que la norme NF EN 482
Precision (S <sub>r</sub> )	Experimental precision of spiked samplers; precision of analytical method([1], [2])	-		Fidélité analytique	

## Sources :

[1] Glossary of Abbreviations, Definitions and Symbols in NIOSH NMAM, 5th edition - avril 2016

[2] NIOSH Manual of analytical methods (NMAM), 4th ed. DHHS(NIOSH) Publication No. 94-113.]

[3] NIOSH Guidelines for Air Sampling and Analytical Method Development and Evaluation – May 1995 (<https://www.cdc.gov/niosh/docs/95-117/pdfs/95-117.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB95117>)

[4] NIOSH NMAM, 5th edition - avril 2016- Page ME-10 of ME-19

[5] NIOSH NMAM, 5th edition - avril 2016- Page PS-6 of PS-9

Tableau 10 : Termes relatifs aux incertitudes identifiés dans les protocoles de l'OSHA

Termes identifiés dans les protocoles	Définition	Exigences	Modalités de détermination	transposition selon sa définition	Signification /équivalence EN 482
Overall standard error of estimate (SEE)	<p>Active sampling</p> $SEE = \sqrt{S_{yx}^2 + V_{SP}^2}$ <p>Passive sampling:</p> $SEE = \sqrt{S_{yx}^2 + V_{SR}^2 + V_T^2 + V_P^2}$ <p>where  <math>S_{yx}</math> is the standard error of estimate from storage  <math>V_{SR}</math> is the sampling rate variation  <math>V_T</math> is the sampling rate uncertainty due to unreported temperature (7.7%)  <math>V_P</math> is the sampling rate uncertainty due to unreported pressure (3%) ([6], [7])</p>	-	Détermination des écarts-types lors des essais de conservation des échantillons. (prélèvement en atmosphère contrôlée à la concentration cible, puis stockage des échantillons plusieurs jours à température ambiante, et à température réfrigérée). ([6], [7])	Incertitude type composée relative	approche similaire avec moins de paramètres pris en compte
Precision (overall procedure)	Assuming a normal distribution of values about the regression curve and uniformity of variation about the entire range of the storage stability curve, $\pm 1.96$ times the overall standard error of estimate will represent the 95% confidence limit which is the precision of the method. ([6], [7]).	The confidence limits of the overall procedure must be $\pm 25\%$ ([6], [7])	$\pm 1,96 * SEE$ (the z-statistic from the standard normal distribution at the 95% confidence level) ([6], [7])	Incertitude globale élargie	exigence plus contraignante mais sur la base de moins d'incertitudes types prises en compte
Reproducibility	test de vérification de la SEE, avec un technicien indépendant ([6], [7])	No individual analytical result shall deviate from the theoretical value by more than $1.96 * SEE$	Test de vérification de la SEE, avec un technicien indépendant à partir de 6 échantillons pour chaque concentration cible.	Reproductibilité	-
Precision (analytical procedure)	Fidélité de l'instrumentation analytique ([7])		The precision of the analytical instrumentation measured as the mass equivalent to the standard error of estimate determined from the {list type of curve, example: linear} regression of data points from standards over a range that covers 0.1 {or RQL whichever is higher} to 2 times the target concentration. ([7])	Fidélité analytique	-

Sources : [6] Evaluation Guidelines for Air Sampling Methods Utilizing Spectroscopic Analysis - October 2005 (<https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/spectroguide/spectroguide.pdf>); [7] - Validation Guidelines for Air Sampling Methods Utilizing Chromatographic Analysis - May 2010 (<https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/chromguide/chromguide.pdf>)

## Annexe 2 : Synthèse des exigences générales de la norme NF EN 45544 (parties 1 et 2)

Tableau 11 : 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)

<b>Construction mécanique</b>	Dispositifs adaptés pour la mise en œuvre des gaz d'essai
	Résistances aux substances
<b>Indication</b>	Indication de valeurs inférieures à la limite inférieure de l'échelle
	Indication si limite supérieure de l'étendue de mesurage dépassée
	Fidélité requise pour mesurer les exigences de performances de la norme
	Doivent fonctionner pour des concentrations sup alarme
<b>Signaux de défaut</b>	Défaillance alimentation électrique
	Coupure électrique système de détection
	Alarme défaut débit pour appareil avec aspiration
	Déconnexion du capteur
<b>Réglages</b>	Réglage de gain n'affecte pas le point 0
<b>Batteries</b>	Indication faible charge de la batterie
<b>Marquage</b>	
<b>Gaz à détecter</b>	Étiquette

Tableau 12 : Exigences générales portant sur le manuel d'instruction (norme NF EN 45544, parties 1 et 2)

<b>Manuel d'instruction</b>	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 $T^{\circ}_{amb}$	
		Domaine de $HR_{amb}$	
		Tension alim	
		Caractéristique et type de câble avec capteurs déportés	
		Blindage des câbles	
		Données batterie	
		Gamme de $T^{\circ}$ 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 supérieure à limite supérieure		

**Tableau 13 : Exigences générales portant sur les conditions d'essai (norme NF EN 45544, parties 1 et 2)**

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

Tableau 14 : Exigences générales portant sur la méthode d'essai (norme NF EN 45544, parties 1 et 2)

<p><b>Méthode d'essai</b></p> <p>Entreposage hors tension</p> <p>Mesurage des écarts</p> <p>Essais mécaniques</p> <p>Essais d'environnement dans l'air et dans le gaz de réf</p> <p>Essais de performance</p> <p>Essais d'orientation</p> <p>Essais électriques</p> <p>Essais de dérive</p> <p><b>Rapport d'essai</b></p>	Après essai entreposage, tester tous les essais décrits ci-dessous	
	Incertitude globale par rapport à un gaz d'essai sur gamme de 5 concentrations	<p><math>U_g &lt; 50\%</math> pour <math>0,1*[GER] &lt; [gaz] &lt; 0,5*[GER]</math></p> <p><math>U_g &lt; 30\%</math> pour <math>0,5*[GER] &lt; [gaz] &lt; 10*[GER]</math></p>
	Variation du 0 ( $\Delta 0$ )	<p><b>limite inf étendue de mesure (<math>L_{infEM}</math>) &lt; étendue constructeur</b></p> <p><math>L_{infEM} = 0,5*\Delta 0</math> si <math>\Delta 0 &lt; 0,25*[GER]</math></p> <p><math>L_{infEM} = 0,8*\Delta 0</math> si <math>\Delta 0 &gt; 0,25*[GER]</math></p>
	Vibrations	cf. Exigences de base
	Chute	cf. Exigences de base
	T°	<p>Air de 0</p> <p><math>(m_{20°C} - m_{5°C})</math> et <math>(m_{20°C} - m_{40°C}) &lt; \Delta 0</math> ou 5% de [GER]</p> <p><math>(m_{20°C} - m_{-10°C}) &lt; 2*\Delta 0</math> ou 5% de [GER]</p> <p>GER</p> <p><b>cf. exigences de base (modifiées pour <math>(m_{20°C} - m_{-10°C})</math>)</b></p>
	P	cf. exigences de base
	HR	cf. exigences de base
	Vitesse air	cf. exigences de base
	Alarme sonore	> 70 dB à 0,3 m
	Points de consigne de l'alarme	Mise en marche à chaque consigne
	Temps de réponse de l'alarme	$T_{alarme} < 20$ s
	Avertisseur de défaut de débit	cf. exigences de base
	Temps de préchauffage	cf. exigences de base pour GER
	Temps de réponse : mesure de $T_{90}$ (90% [GER])	$T_{90} < 2,5$ min (ou $T_{50} < 1$ min pour certains gaz)
Temps de récupération : mesure de $T_{10}$ (10% [GER])	$T_{10} < 5$ min (ou $T_{50} < 1$ min pour certains gaz)	
Concentrations sup à étendue de mesurage	< 20% [GER] ou $\Delta 0$	
Utilisation prolongée sous gaz d'essai	cf. exigences de base	
Essais d'orientation		cf. exigences de base
Fonction VLEP-8h pour [gaz] <sub>moy</sub> = 50% (3 paliers sur 8h : 100%, 50%, 0%)	45% - 55%	cf. exigences de base pour le reste
Essais de dérive		cf. exigences de base

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



Agence nationale de sécurité sanitaire  
de l'alimentation, de l'environnement et du travail  
14 rue Pierre et Marie Curie  
F94701 Maisons-Alfort cedex  
[www.anses.fr](http://www.anses.fr)  
[@Anses\\_fr](https://twitter.com/Anses_fr)