anses
agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail

Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur

L'acide cyanhydrique

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Juillet 2011 Édition scientifique

anses
agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail

Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur

L'acide cyanhydrique

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Juillet 2011 Édition scientifique

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 22 juillet 2011

AVIS
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail

relatif à « la valeur de référence de l'acide cyanhydrique - HCN »

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.
L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.
Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

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

Ses avis sont rendus publics.

L'Agence a été saisie le 23 avril 2010 par la Direction générale de la prévention des risques et la Direction générale de la santé afin de « déterminer les valeurs toxicologiques de référence de l'acide cyanhydrique (HCN) à prendre en compte pour la protection du grand public dans le cadre d'une dératisation par fumigation des aéronefs » y compris pour les personnes sensibles telles que les enfants.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Les conditions d'utilisation du HCN à des fins de dératisation par fumigation dans les aéronefs sont encadrées par la réglementation.

L'article 7 du décret 2009-1685 du 30 décembre 2009 fixe les conditions d'utilisation des fumigants à base d'acide cyanhydrique comme produits mentionnés à l'article L. 522-1 du code de l'environnement. En application de ce décret, l'arrêté du 14 juin 2010 (JO du 4 juillet 2010), sur lequel l'Agence a rendu un avis le 2 novembre 2009, précise les conditions dans lesquelles doivent être réalisées les opérations de fumigation des aéronefs. Les dispositions de l'article 10 de cet arrêté visent à encadrer l'accès des professionnels et du grand public à l'aéronef à l'issue des opérations de fumigation.

Dans ce cadre, la Direction générale de la prévention des risques et la Direction générale de la santé ont saisi l'Agence le 23 avril 2010 afin de « déterminer des valeurs toxicologiques de référence du HCN à prendre en compte pour la protection du grand public dans le cadre d'une dératisation par fumigation des aéronefs ».

Par ailleurs, dans le cadre de la directive 98/8/CE, la substance active « acide cyanhydrique » est en cours d'évaluation par la République Tchèque (État membre, Rapporteur) pour les TP8 (préservation du bois), TP14 (usage rodendicide) et TP18 (usage insecticide).

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

S'agissant d'une exposition potentielle des usagers des transports aériens aux résidus d'acide cyanhydrique résultant d'une opération de fumigation, et la durée d'exposition maximale étant celle de la durée des vols concernés, l'Agence a considéré que la valeur de référence appropriée pour répondre à cette saisine était une Valeur guide de qualité de l'air intérieur (VGAI) pour l'exposition à court terme à l'acide cyanhydrique.

En effet, les VGAI, telles que définies par l'Agence, sont des concentrations dans l'air d'une substance chimique en dessous desquelles aucun effet sanitaire ou (dans le cas de composés odorants) aucune nuisance ou aucun effet indirect important sur la santé n'est en principe attendu pour la population générale. Elles visent ainsi à préserver la population de tout effet néfaste lié à l'exposition à cette substance.

L'expertise a été confiée au comité d'experts spécialisées (CES) « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » et au groupe de travail « Valeur Guide d'Air Intérieur ». Les travaux du groupe de travail ont été présentés au CES, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, à plusieurs reprises, de septembre 2010 à mai 2011. Le rapport de cette expertise, intitulé « Valeur Guide de qualité d'Air Intérieur : Acide cyanhydrique », a été validé par le groupe de travail lors de sa réunion du 06 mai 2011. Ce rapport a été adopté par le CES lors de sa réunion du 19 mai 2011.

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

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES

Les principaux éléments de cette expertise sont les suivants :

- ✓ **Toxicité du HCN**

Le HCN est très facilement absorbé par inhalation, et dans une moindre mesure par pénétration cutanée. Une fois absorbé, il se distribue rapidement et uniformément dans tout l'organisme. Du fait de son affinité avec l'hème, le HCN est majoritairement séquestré dans les globules rouges du sang. Lorsque l'intoxication est importante, les globules rouges sont rapidement saturés et le HCN libre est transporté massivement au niveau cellulaire, où il exerce sa toxicité.

Les données de toxicité disponibles pour les expositions respiratoires à court terme sont rares et insuffisamment documentées. Dans tous les cas, elles sont relatives à des expositions caractérisées par des niveaux de concentrations élevés associés à des effets graves (perte de conscience, asphyxie, coma…), pouvant aller jusqu'à la mort.

On ne dispose pas de données précises mettant en relation des niveaux et des durées d'exposition à court terme, qui n'engendrent pas d'effets sur la santé.

Les seules valeurs toxicologiques à court terme disponibles chez l'homme, sont des estimations de valeurs d'exposition relatives à des effets graves. Elles ont été publiées par des auteurs britanniques en 1987. Ces valeurs ont été reprises dans plusieurs rapports d'agences sanitaires sur la toxicité de l'acide cyanhydrique (DECOS 2002, IPCS 2004, ATSDR 2006):

- de légers effets peuvent être notés à des niveaux d'exposition de 20 à 40 mg/m^3,
- des niveaux d'exposition de 50 à 60 mg/m^3 sont supportables pendant 20 minutes à 1h sans effets immédiats ou retardés,

- un niveau d'exposition de l'ordre de 120 à 150 mg/m^3 peut entraîner la mort au bout d'une demi-heure à une heure,
- à partir de 150 mg/m^3, la mort peut survenir en l'espace de 30 minutes,
- une exposition à 200 mg/m^3 est probablement mortelle au bout de 10 minutes,
- à partir de 300 mg/m^3, la mort est immédiate.

Il existe aussi quelques données de toxicité, pour des expositions à long terme, qui sont cependant insuffisamment documentées. Elles sont relatives principalement à des expositions en milieu professionnel. Sur cette base certaines agences sanitaires européennes et américaines ont élaboré des valeurs toxicologiques de référence en exposition chronique.

✓ **Recensement des valeurs guides, des valeurs de référence, et d'autres valeurs toxicologiques**

Aucune valeur guide pour le HCN dans l'air en exposition aiguë n'a été recensée dans la littérature scientifique.

De même, aucune valeur de référence en exposition aiguë par inhalation n'a été publiée.

Cependant, il existe trois valeurs de référence en exposition chronique par inhalation, publiées par trois agences sanitaires, et qui sont toutes basées sur la même étude[1] portant sur l'exposition au HCN en milieu professionnel :

Agence	**Dénomination**	**VTR**
US-EPA 2010	Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure (RfC)	8 x10^{-4} mg/m^3
OEHHA 1999	Chronic Reference Exposure Level (REL)	8 x10^{-3} mg/m^3
RIVM 2001	Tolerable Concentration in Air (TCA)	25 x10^{-3} mg/m^3

Il existe par ailleurs des valeurs guides pour l'exposition aiguë au HCN, appelées « Acute Exposure Guideline Levels AEGL-1 », élaborées aux États-Unis, sous l'égide du National Research Council (NRC). Elles sont construites pour plusieurs temps d'exposition à court terme, mais ne garantissent pas une absence totale d'effets, en particulier concernant les personnes sensibles. Elles sont surtout destinées à être utilisées dans le cadre de mesures de prévention et de précaution à mettre en œuvre en cas de possibilité d'émanation de HCN dans l'air dans des contextes accidentels.

Les auteurs définissent ainsi les AEGL-1: « Concentrations dans l'air d'une substance au-dessus de laquelle on prévoit que la population générale, y compris les individus sensibles, pourrait éprouver un malaise notable, une irritation, ou certains effets asymptomatiques »

Leurs valeurs pour le HCN, selon différentes durées d'exposition, sont présentées dans le tableau suivant :

[1] El Ghawabi SH, Gaafar MA, El-Saharti AA, *et al.* 1975 Chronic cyanide exposure: A clinical, radioisotope, and laboratory study. Br J Ind Med 32:215-219.

(Temps en min)	10	30	60	240	480
AEGL 1 en ppm	2,5	2,5	2,0	1,3	1,0
AEGL 1 en mg/m^3	2,8	2,8	2,3	1,5	1,1

✓ **Élaboration de la VGAI**

Le groupe de travail n'a pas proposé de VGAI, considérant qu'il n'existait pas de données quantitatives précises sur les expositions aiguës au HCN, permettant d'élaborer une valeur de référence pour l'exposition par inhalation à court terme susceptible de prévenir tout effet sur la santé.

✓ **Métrologie du HCN dans l'air**

Un recensement des principales méthodes de mesurage du HCN dans l'air a été réalisé pour l'expertise. Ces méthodes incluent :

- Les méthodes à lecture directe, pouvant donner le résultat sur le site de prélevement.
- Les méthodes indirectes, nécessitant le transport du prélèvement au laboratoire pour la determination du résultat.

Ces méthodes sont présentées en annexe du rapport du groupe de travail. Il convient de noter que le descriptif des méthodes directes est basé sur des données commerciales "constructeur" et que les performances métrologiques annoncées sont seulement de nature indicative.

Le GT indique que la méthode à lecture directe appelée « diode laser ajustable avec cavité résonnante » semble la seule à pouvoir offrir des limites de détection très inférieures à 1 ppm, tout en permettant une lecture rapide. Il précise que cette méthode est relativement atypique dans un contexte d'hygiène industrielle, et qu'elle est probablement très coûteuse.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'expertise a permis d'évaluer l'ensemble des données de toxicité par inhalation du HCN, aussi bien chez l'homme, que chez l'animal. La toxicité aiguë du HCN est bien connue lors d'expositions élevées par inhalation, car elle a été constatée lors de nombreux cas d'intoxications. La relation dose-effet indique que des effets graves tels que l'asphyxie pouvant aller jusqu'au décès peuvent se produire à court terme après l'exposition, lorsque les capacités de défense de l'organisme sont dépassées.

Le HCN agit directement et rapidement sur plusieurs fonctions vitales incluant la respiration pulmonaire, la circulation sanguine, et la respiration cellulaire.

L'expertise a permis de constater que:

- les données de toxicité aiguë par inhalation chez l'homme sont peu documentées et manquent de précision. C'est le cas en particulier des faibles niveaux d'exposition qui n'engendrent que des effets légers et réversibles. En effet, les

données de toxicité disponibles sont surtout relatives à des doses et des durées d'exposition engendrant des effets sévères.

- les données d'exposition disponibles, en experimentation animale, ne peuvent pas être utilisées pour l'élaboration d'une VGAI

Compte tenu de l'ensemble de ces éléments et conformément à l'avis des experts du GT « Valeur Guide d'Air Intérieur » et du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens », l'Anses ne propose pas de valeur guide de qualité d'air intérieur pour des expositions à court terme par inhalation à l'acide cyanhydrique présent dans l'air intérieur.

L'Anses rappelle que les conditions d'utilisation des fumigants à base d'acide cyanhydrique pour le traitement des aéronefs sont réglementées par l'arrêté du 14 juin 2010. Celui-ci précise que :

- l'entrée du personnel navigant dans l'aéronef est autorisée après vérification que le dégazage forcé ou naturel a fait descendre la concentration en gaz en dessous des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) ;
- l'entrée des passagers dans l'aéronef est autorisée après qu'un délai minimal de six heures est observé après l'entrée du personnel dans l'aéronef. Pendant ce délai, une ventilation mécanique du fuselage est réalisée.

L'Agence rappelle que les valeurs limites[2], en vigueur pour l'acide cyanhydrique, sont respectivement de 2 ppm (2,2 mg/m^3) pour la valeur limite d'exposition professionnelle (8 heures d'exposition), et de 10 ppm (11 mg/m^3) pour la valeur limite à court terme (15 minutes d'exposition). Elle indique que le SCOEL (comité scientifique, chargé de proposer des VLEP à la commission européenne) a proposé une VLEP de 1 ppm (1,1 mg/m^3) pour 8 heures d'exposition, et une valeur limite à court terme (VLCT) de 5 ppm (5 mg/m^3) pour 15 minutes d'exposition.

A ce jour, l'Agence considère qu'il n'y a pas de données indiquant que les préconisations de l'arrêté du 14 juin 2010 ne sont pas suffisantes pour garantir l'innocuité du procédé vis-à-vis des passagers des aéronefs.

Cependant, il apparait nécessaire que la ventilation mécanique ou naturelle des appareils, après leur traitement, se fasse pendant un temps suffisant, et à une température au moins égale à 25.7 °C pour assurer la désorption complète des résidus de HCN des différents matériaux. En effet, l'acide cyanhydrique ne se trouve à l'état gazeux, que lorsque la température ambiante est au moins égale à 25.7°C. Au dessous de cette température, une proportion de l'acide cyanhydrique peut rester sous forme adsorbée aux différents matériaux de l'aéronef, à la suite de la ventilation des aéronefs.

Enfin, étant donnée la toxicité connue du HCN, et en raison du fait que le seuil d'absence d'effet à court terme n'a pas pu être défini avec précision, l'Agence préconise d'étudier la faisabilité d'un autre procédé de dératisation des aéronefs, qui présente une efficacité suffisante et une meilleure innocuité vis-à-vis du grand public.

Le Directeur général

Marc Mortureux

[2] Décret n°88-448 du 26 avril 1988, modifié par le décret n°95-608 du 6 mai 1995 (J.O. du 7)

Valeur Guide de qualité d'Air Intérieur

Acide cyanhydrique (HCN)

Saisine « VGAI du HCN N° 2010-SA-0198 »

RAPPORT
d'expertise collective

Comité d'experts spécialisés

«Évaluation des risques liés aux milieux aériens »

Groupe de travail « Valeurs guides de qualité d'air intérieur»

Mai 2011

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,
27-31 av. du général Leclerc, 94701 Maisons-Alfort Cedex
Téléphone : + 33 (0)1 49 77 13 50 - Télécopie : + 33 (0)1 46 77 26 26 - www.anses.fr

Mots clés

Valeurs guides, air intérieur, HCN, recommandations, qualité, effet santé, toxicité, population générale

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

Présidente

Mme Corinne MANDIN – Coordinatrice de programmes Air intérieur CSTB – évaluation des risques sanitaires et expologie

Membres

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

RAPPORTEURS DU GROUPE DE TRAVAIL « VALEURS GUIDES DE QUALITE D'AIR INTERIEUR»

M. Pierre-andré cabanes – Adjoint au directeur du sem edf – médecine - evaluation des risques sanitaires

Mme gaëlle guillossou – Evaluation des risques santé environnement sem edf – evaluation des risques sanitaires- etudes d'impacts sanitaires

RAPPORTEURS DU GROUPE DE TRAVAIL « VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE »

M. Jean-Ulrich MULLOT – Pharmacien – Service de Santé des Armées. Compétent en chimie analytique et en évaluation des risques environnementaux et professionnels

Mme Sylvie TISSOT– Vétérinaire Toxicologue - Responsable de l'unité ETSC – INERIS. Démission du GT en mars 2011

Contribution spécifique pour la métrologie

M. JEAN-ULRICH MULLOT – PHARMACIEN – SERVICE DE SANTE DES ARMEES. COMPETENT EN CHIMIE ANALYTIQUE ET EN EVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ET PROFESSIONNELS

COMITE D'EXPERTS SPECIALISE

Ce rapport a été soumis pour commentaires au CES : Évaluation des risques liés aux milieux aériens lors de ses sessions des : 2 septembre 2010, 9 décembre 2010, 4février 2011, 31 mars 2011, et 19 mai 2011. Il a été adopté par le CES le 19 mai 2011.

Président

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

Vice-présidente

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

Membres

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PARTICIPATION ANSES

Coordination et contribution scientifique

M. Mohammed LOUNIS – Chef de projets scientifiques - Anses

Contribution scientifique.

M. Guillaume BOULANGER – Adjoint au chef d'unité – Anses
Mme Dominique BRUNET – Adjointe au chef d'unité – Anses
Mme Marion KEIRSBULCK – Chef de projets scientifiques – Anses
Mme Valérie PERNELET-JOLY – chef d'unité – Anses
M. Christophe ROUSSELLE – chef d'unité – Anses

Secrétariat administratif

Mme Séverine BOIX – Assistante – Anses

SOMMAIRE

Présentation des intervenants 3

1 Expertise collective : synthèse et conclusions 9

2 Liste des tableaux 17

3 Liste des figures 17

4 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine 17

5 Introduction à l'élaboration de la (des) VGAI 18

6 Informations générales 19

6.1 Identification de la substance 19

6.2 Propriétés physico-chimiques 19

6.3 Réglementation 19

6.4 Utilisations et sources d'émission dans l'air 21

6.5 Données de concentrations dans l'air 21

7 Synthèse des données toxicologiques 23

7.1 Toxicocinétique 23

7.2 Effets sur la santé 24

7.2.1 Effets chez l'homme 25

7.2.1.1 Effets aigus 25

7.2.1.2 Effets chroniques et subchroniques 25

7.2.2 Effets chez l'animal 26

7.2.2.1 Effets aigus 26

7.3 Seuil olfactif 28

8 Recensement des valeurs guides, des valeurs de référence, et d'autres valeurs toxicologiques 29

8.1 Valeurs guides de qualité de l'air intérieur 29

8.2 Valeurs toxicologiques de référence (VTR) 29

8.2.1 VTR pour des expositions aiguës par inhalation 29

8.2.2 VTR pour des expositions chroniques par inhalation 29

8.3 Autres valeurs 30

8.3.1 AEGL 30

8.3.2 Seuils des premiers effets létaux 31

9 Élaboration de la VGAI 32

10 Méthodes de prélèvement et d'analyse 33

10.1 Définitions 33
10.2 Recensement des protocoles et des méthodes de mesure disponibles pour le HCN 33
10.3 Description des méthodes, données de validation, performances et caractéristiques....34
10.4 Classement des méthodes selon les performances annoncées et les données de validation....35
10.5 Réflexions à propos de la stratégie d'échantillonnage....36

11 Mise en perspective.... 37

12 Bibliographie.... 40

13 Annexe 1- Références des informations sur les constantes physico-chimiques des substances et leurs domaines d'utilisation. (Liste non exhaustive) 44

14 Annexe 2 - Références normatives – Air intérieur.... 45

15 Annexe 3 - Principaux critères et exigences de la norme NF EN 482 :2006. 46

16 Annexe 4- Description des méthodes, données de validation, performances et caractéristiques.... 48

16.1 Méthodes avec prélèvement et analyse séparés....48
16.1.1 Méthode n°1a : Échantillonnage par pompage – analyse par potentiométrie 48
16.1.2 Méthode n°1b: Échantillonnage par pompage – analyse par chromatographie ionique 52
16.1.3 Méthode n°2: Échantillonnage par pompage – analyse par spectrophotométrie UV 56
16.1.4 Méthode n°3: Échantillonnage par barbotage – analyse par potentiométrie 60
16.1.5 Méthode n°4: Échantillonnage par barbotage – analyse par potentiométrie 64
16.2 Méthodes à lecture directe 68
16.2.1 Méthode n°5: Capteurs électrochimiques 68
16.2.2 Méthode n°6: Tubes colorimétriques 71
16.2.3 Méthode n°7: Colorimétrie sur bande de papier défilante....74
16.2.4 Méthode n°8: Diode ajustable laser + cavité résonnante....77

17 Annexe 5 - Lettre de saisine.... 80

18 Annexe 6 - Synthèse des déclarations publiques d'intérêts des experts en rapport avec le champ de la saisine 82

EXPERTISE COLLECTIVE :
SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

Relatif à la saisine « valeur guide de la qualité de l'air du HCN »

Ce document synthétise les travaux du comité d'experts spécialisé « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » et du Groupe de travail « Valeurs guides de qualité d'air intérieur»

Présentation de la question posée

La direction générale de la prévention des risques et la direction générale de la santé ont saisi l'Anses le 23 avril 2010 afin qu'elle puisse « déterminer les valeurs toxicologiques de référence du HCN à prendre en compte pour la protection du grand public dans le cadre d'une dératisation par fumigation des aéronefs ».

En réponse à cette saisine, l'Anses a considéré que la valeur de référence appropriée pour répondre à cette saisine était une « valeur guide de l'air intérieur » pour l'exposition à court terme au HCN.

Un contrat d'expertise a été signé le 2 août 2010 entre l'Anses d'une part, et les deux directions ministérielles d'autre part. Ce contrat prévoit de réaliser une expertise hors évaluation des risques, qui a pour objet d'évaluer la construction d'une (ou plusieurs) valeur(s) guide(s) de qualité d'air intérieur (VGAI) pour le HCN en lien avec une exposition aiguë par inhalation.

Organisation de l'expertise

L'Anses a confié au Groupe de travail « Valeurs guides de la qualité de l'air intérieur II » (GT VGAI II) l'instruction de cette saisine.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement au CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens ». Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et des éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

Par ailleurs, ces travaux ont bénéficié de l'expertise du GT « Valeurs toxicologiques de référence » de l'Anses.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. Ils sont réalisés dans le respect de la norme NF X 50-110 « qualité en expertise » avec pour objectif de respecter les critères de compétence, d'indépendance et de transparence, tout en assurant la traçabilité.

Description de la méthode

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

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

La démarche adoptée par le groupe de travail s'organise de la manière suivante :

- Analyse critique des VGAI proposées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) si elles existent ;
- Pour les substances ne faisant pas l'objet d'une VGAI OMS, ou si la valeur proposée par l'OMS n'est pas jugée pertinente par le groupe de travail ou que des données scientifiques récentes sont susceptibles de la remettre en cause, élaboration de VGAI selon les étapes suivantes :
    - Analyse de la cohérence des données de toxicocinétique, de toxicodynamie et des effets liés à la substance ainsi qu'un recueil des différentes valeurs guides (VG) et valeurs toxicologiques de référence avec le détail de leur construction et des études de référence ;
    - Choix d'un ou de plusieurs effets critiques, analyse du ou des mécanismes d'action et des durées d'exposition pertinentes ;
    - Construction d'une ou de plusieurs VGAI selon les principes développés dans les guides méthodologiques publiées par l'Anses pour l'élaboration des VTR.

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

Par ailleurs, les VGAI sont accompagnées par des recommandations relatives aux méthodes de mesure et à la stratégie d'échantillonnage à mettre en place pour la vérification de leur respect. Une mise en perspective des valeurs établies par rapport aux concentrations observées dans les environnements intérieurs, notamment à l'échelle nationale, est proposée. Les situations à risque (populations sensibles, sources particulières…) sont éventuellement identifiées. La part attribuable associée à l'exposition dans les environnements intérieurs par rapport à l'exposition globale est estimée. Enfin, les éléments disponibles pouvant permettre la quantification du gain sanitaire lié au respect de la VGAI sont rapportés.

Synthèse de l'expertise

Utilisations et sources du HCN dans l'environnement

Le HCN est principalement utilisé dans les processus de production et de synthèse de l'industrie chimique. La production européenne varie de 500 000 à 1 million de tonnes[1]. Il a aussi été utilisé

[1] http://ecb.jrc.ec.europa.eu/iuclid-datasheet/74908.pdf

comme substance biocide en vue d'éliminer les rongeurs, les insectes et d'autres parasites jusqu'au début des années 1990. Cette utilisation est régie par l'arrêté du 4 août 1986[2]. Depuis les années 1990, le HCN n'est plus été utilisé en France comme biocide pour traiter les locaux de stockage des produits alimentaires ou les cultures sous serres. Il a été remplacé pour cet usage par le bromure de méthyle. Ce dernier a été interdit en 2000 par le règlement européen[3] en application du protocole de Montréal sur la protection de la couche d'ozone. Il existe actuellement un projet d'harmonisation de la réglementation européenne pour l'usage du HCN comme biocide. Ce projet est piloté par la république tchèque.

Le HCN est utilisé comme fumigant pour traiter les avions en vue d'éliminer les rongeurs lorsque leur présence est suspectée. Selon l'entreprise agrée pour ces opérations en France, une quarantaine d'avions environ serait traité chaque année en France.

Il n'y a pas de source permanente ou intermittente du HCN identifiée qui soit liée au milieu intérieur, mise à part la fumée de tabac.

Données de concentrations dans l'air intérieur et voies d'exposition

On ne retrouve pas de données de concentration du HCN dans les milieux intérieurs, tels les locaux d'habitation, les habitacles de véhicules de transport, etc. Concernant spécifiquement la qualité de l'air dans les cabines d'avion, si un certain nombre de publications scientifiques traitent du sujet (problématiques du recyclage de l'air, et de la désinsectisation par des pyréthrinoïdes), aucune étude abordant la dératisation des habitacles par fumigation au HCN n'a été identifiée dans la littérature.

La voie principale d'exposition au HCN est l'inhalation, et dans une moindre mesure la pénétration cutanée lors de contacts importants et durables avec du HCN liquide. Cette dernière voie de contamination, ainsi que la pénétration par voie orale, sont presque toujours liées à un contexte accidentel ou lors d'intoxications volontaires.

Toxicocinétique

Le HCN est très facilement absorbé par inhalation, et dans une moindre mesure par pénétration cutanée. Une fois absorbé, il se distribue rapidement et uniformément dans tout l'organisme. Du fait de son affinité avec l'hème des globules rouges, le HCN est majoritairement séquestré dans les érythrocytes, et une faible proportion se retrouve dans le plasma. Lorsque l'intoxication est importante, les érythrocytes sont vite saturés et le HCN est transporté massivement par le plasma vers les organes cibles.

Le HCN est métabolisé chez les mammifères par une voie principale et plusieurs voies secondaires. La principale voie métabolique ne concerne que le cyanure d'hydrogène absorbé par voie digestive. Elle se fait sous l'action de l'enzyme rhodanase mitochondriale du foie, et représente environ 80 % de la capacité de détoxication du cyanure.

---

[2] Arrêté du 4 août 1986 relatif aux conditions générales d'emploi de certains fumigants en agriculture et dispositions particulières visant le bromure de méthyle, le phosphure d'hydrogène et l'acide cyanhydrique

[3] Règlement (CE) No 2037/2000 du 29 juin 2000 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone.

Effets aigus

Les données disponibles pour une exposition respiratoire à court terme proviennent d'expérimentations animales ou ont été recueillies suite à des expositions accidentelles humaines. Dans tous les cas, ces expositions sont caractérisées par des niveaux de concentrations en HCN élevés, associés à des effets graves sur la santé (perte de conscience, asphyxie, coma…), allant jusqu'à la mort.

On ne dispose pas de données quantitatives chez l'homme mettant en relation des expositions à des doses et à des durées précises avec des effets sur la santé. Les valeurs disponibles sont en effet le plus souvent des estimations de valeurs d'exposition constatées lors de situations accidentelles. Les estimations suivantes sont les plus citées dans la littérature scientifique :

- de légers effets peuvent être notés aux concentrations de 20 à 40 mg/m^3,
- des concentrations de 50 à 60 mg/m^3 sont supportables pendant 20 minutes à 1h sans effets immédiats ou retardés,
- une concentration de l'ordre de 120 à 150 mg/m^3 peut entraîner la mort au bout d'une demi-heure à une heure,
- à partir de 150 mg/m^3, la mort peut survenir en l'espace de 30 minutes,
- une exposition à 200 mg/m^3 est probablement mortelle au bout de 10 minutes,
- à partir de 300 mg/m^3, la mort est immédiate.

On ne dispose pas de données relatives à des niveaux d'exposition plus faibles, en exposition aiguë.

Les données de toxicité aiguë en expérimentation animale sont aussi relatives à des concentrations létales ou engendrant des effets d'incapacitation et de dépression respiratoire.

On ne dispose de données relatives à des doses engendrant des effets plus légers chez l'animal.

L'ensemble de ces données ne permettent pas de construire une VGAI à court terme pour l'acide cyanhydrique.

Effets subchroniques et chroniques

Les données sur les effets rapportés après une intoxication chronique sont peu nombreuses et insuffisamment documentées. Elles proviennent d'études en milieu professionnel.

L'étude d'El Ghawabi *et al.*[4] (1975) est la plus documentée, et a servi d'étude source à plusieurs agences d'évaluation des risques pour construire des valeurs de référence pour une exposition chronique à l'acide cyanhydrique. Il s'agit d' une étude transversale qui porte sur l'exposition chronique au cyanure de 36 travailleurs, à partir d'un bain de placage qui contenait 3% de cyanure de cuivre, 3% de cyanure de sodium, et 1% de chlorure de sodium dans 3 ateliers de galvanoplastie en Égypte. Les durées des expositions varient de 5 à 15 ans. La concentration de cyanures dans la zone de respiration des travailleurs varie de 5 à 14 mg/m^3. Il faut noter que les travailleurs étaient exposés aussi à d'autres polluants, dont des vapeurs d'essence, des solutions de savon, des solutions d'alcalis forts, et de l'acide chlorhydrique. Les effets rapportés incluent différents symptômes tels que maux de tête, faiblesse musculaire, changements dans le goût et l'odorat, vertiges, irritation de la gorge, vomissements, dyspnées d'effort, larmoiement, salivation, et douleur précordiale. Vingt des travailleurs exposés (56%) ont présenté une hypertrophie de la thyroïde à un degré léger ou modéré et une moindre fixation d'iode radioactif dans la thyroïde. Les

[4] El Ghawabi SH, Gaafar MA, El-Saharti AA, *et al.* 1975 Chronic cyanide exposure: A clinical, radioisotope, and laboratory study. Br J Ind Med 32:215-219.

travailleurs exposés avaient des valeurs d'hémoglobine et de cyanméthémoglobine significativement plus élevées. Il en est de même pour les lymphocytes. Cette étude ne permet pas d'établir une durée d'exposition associée à l'apparition de chacun des différents symptômes. Le groupe de travail considère que les données issues de cette étude ne sont pas suffisantes pour construire une VGAI pour une exposition à court terme.

Recensement des valeurs guides, des valeurs de référence, et d'autres valeurs toxicologiques

Valeurs guides de qualité de l'air intérieur

Aucune « valeur guide » pour le HCN dans l'air en exposition aiguë n'a été recensée.

Valeurs toxicologiques de référence (VTR)

VTR pour des expositions aiguës par inhalation.

Aucune valeur n'a été publiée par les agences sanitaires.

VTR pour des expositions chroniques par inhalation

Trois valeurs de référence pour une exposition chronique au HCN par inhalation ont été publiées par trois agences sanitaires : l'US EPA, l'OEHHA, et le RIVM. Elles sont toutes basées sur l'étude chronique d'El Ghawabi *et al.* en milieu professionnel. Les trois agences ont retenu le même effet critique, qui est l'action sur le système nerveux central et sur le fonctionnement thyroïdien. Elles ont retenu aussi la même valeur du LOAEL[5] pour cet effet (7,07 mg/m^3) qui correspond à la conversion de la valeur de 6,4 ppm. Cette valeur est la plus faible concentration moyenne, enregistrée sur les trois ateliers de travail, par les auteurs de l'étude.

Les trois agences ont aussi retenu les mêmes facteurs de conversion du LOAEL de l'environnement professionnel en environnement général :

- Volume respiratoire par défaut en environnement professionnel : 10 m^3 pour 8 heures
- Volume respiratoire par défaut en environnement général : 20 m^3 pour 24 heures
- Durées d'exposition de 5 jours par semaine en environnement professionnel et de 7 jours par semaine en environnement général

Ce qui donne un LOAEL égal à 7.07 mg/m^3 x 10/20 x 5/7 = 2.5 mg/m^3

Les trois agences se distinguent cependant par les facteurs d'incertitude appliqués au LOAEL.

Le tableau 1 regroupe les VTR des trois agences.

[5] Lowest Observed Adverse Effect Level

Tableau 1 : Valeurs toxicologiques de référence en inhalation chronique

Agence	Dénomination	Facteurs d'incertitude (UF)	VTR inhalation chronique
US- EPA, 2010	Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure (RfC)	**UF = 3000** UF_H = 10 UF_L = 10 UF_S = 3 UF_D =10	8 $x10^{-4}$ mg/m^3
OEHHA, 1999	Chronic Reference Exposure Level (REL)	**UF = 300** UF_H = 10 UF_L = 10 UF_S = 3	8 $x10^{-3}$ mg/m^3
RIVM, 2001	Tolerable Concentration in Air (TCA)	**UF = 100** UF_H = 10 UF_L = 10	25 $x10^{-3}$ mg/m^3

UF = *uncertainty factors* (facteurs d'incertitude). UF : facteur d'incertitude global, UF_A : variabilité inter-espèce, F_H : variabilité intra-espèce, UF_L : utilisation d'un LOAEL, UF_S : transposition d'une exposition subchronique à chronique, UF_D : insuffisance de données.

Autres valeurs

En l'absence de valeurs guides de qualité de l'air intérieur, et de VTR en exposition à court terme pour le HCN, une recherche plus large de valeurs indicatives ou réglementaires a été effectuée.

AEGL

Le NRC[6] (National Research Council, États-Unis) publie régulièrement des « valeurs guides » pour des expositions aiguës aux substances chimiques intitulées « Acute Exposure Guideline Levels » appelées AEGL-1[7], AEGL-2[8], et AEGL-3[9]. Elles sont élaborées par des comités scientifiques

[6] NRC (National research council, 2002) Acute exposure guideline levels for selected airborne chemicals. Volume 2

[7] Concentration dans l'air d'une substance au-dessus de laquelle on prévoit que la population générale, y compris les individus sensibles, pourrait éprouver un malaise notable, une irritation ou certains effets asymptomatiques.

[8] Concentration dans l'air d'une substance au-dessus de laquelle on prévoit que la population générale, y compris les individus sensibles, pourrait éprouver des effets irréversibles, ou d'autres effets sévères à plus ou moins long terme, ou pouvant entraîner une incapacité à s'échapper.

représentant un grand nombre d'organisations (US-EPA, ATSDR, NIOSH, OSHA, FDA…), ainsi que des industriels et des représentants d'organismes internationaux (dont des membres de l'OCDE). Ces différentes valeurs pour le HCN ont été décrites et commentées dans un document de l'InVS[10] (2009), dont sont extraites les définitions données en notes de bas de page..

Pour les AEGL-1, le NRC indique qu'elles ne doivent pas être établies à partir de données recueillies chez l'animal. Pour le HCN, la valeur de base de celle-ci a été déterminée à partir des données des études humaines en exposition chronique, principalement l'étude d'El Ghawabi *et al.* (1975), et à partir des données recueillies suite à des expositions accidentelles. Elle a été construite pour 8h d'exposition. Les valeurs d'AEGL-1 pour les autres durées d'exposition sont dérivées à partir de celle établie pour 8 heures.

Tableau 2 : Valeurs des AEGL-1 pour le HCN

(Temps en min)	**10**	**30**	**60**	**240**	**480**
AEGL 1 en ppm	2,5	2,5	2,0	1,3	1,0
AEGL 1 en mg/m	2.8	2.8	2.3	1.5	1.1

Seuils létaux

Enfin, dans le cadre de la prévention des risques liés à des émissions accidentelles dans l'atmosphère de substances chimiques dangereuses, l'INERIS[11] publie des valeurs d'exposition à ne pas dépasser. Parmi ces seuils, il y a les seuils d'effets létaux (SEL), et les seuils des effets irréversibles (SEI). Ces seuils sont destinés aux gestionnaires de risque et sont utilisés en association avec des scénarios d'accidents.

L'INERIS a publié en 2005 les valeurs des seuils des effets létaux du HCN pour plusieurs durées d'exposition, qui sont les suivants :

Tableau 3 : Seuils des premiers effets létaux du HCN chez l'homme

Durée d'exposition (en min)	1	10	30	30	60
Concentration en mg/m3	431	121	82.5	66	45
en ppm	392	110	75	60	41

[9] Concentration d'une substance chimique dans l'air (exprimée en ppm ou mg/m3) au-dessus de laquelle des effets potentiellement mortels ou des décès pourraient survenir au sein de la population générale, individus sensibles inclus.

[10] InVS (Institut national de veille sanitaire) (2009) Description des valeurs repères toxicologiques utilisées lors d'expositions aiguës par inhalation des populations.

[11] INERIS (Institut national d'études sur le risque industriel et de sécurité) (2005) Seuils de toxicité aiguë de l'acide cyanhydrique.

L'INERIS précise dans son rapport que « les données disponibles dans la littérature ne permettent pas dans l'état actuel des connaissances d'établir des seuils pour les effets irréversibles en cas d'émission accidentelle de HCN».

Élaboration d'une VGAI

Cette expertise a permis de constater le peu de données quantitatives précises disponibles pour des expositions aiguës chez l'homme à de faibles doses d'acide cyanhydrique. Les valeurs disponibles sont en effet le plus souvent des estimations de valeurs d'exposition constatées lors de situations accidentelles. Elles portent sur des concentrations élevées en mélange avec d'autres polluants. Les données de toxicité animale disponibles se rapportent également à des doses conduisant à des effets irréversibles ou létaux.

Le groupe de travail ne propose donc pas de VGAI pour une exposition par inhalation du HCN à court terme, compte tenu des éléments suivants :

- les données disponibles par inhalation à court terme ne permettent pas de retenir une dose critique en vue de construire une VGAI.
- une extrapolation des données de toxicité de la voie orale à la voie inhalée ne peut être réalisée du fait d'un processus de détoxication du HCN prépondérant par voie orale.
- une extrapolation à partir des données de toxicité chronique par inhalation ne peut être réalisée du fait du manque de précision de ces données (données d'exposition, nature des effets rapportés…)

Métrologie du HCN dans l'air

Aucune VGAI n'étant proposée par le groupe de travail, les recommandations en métrologie portent sur les différentes méthodes existantes en fonction des gammes de concentration visées (inférieures ou supérieures à 1 ppm) et des contextes (mesure instantanée pour une gestion immédiate ou mesure différée).

De ce recensement, il ressort que les méthodes usuellement utilisées pour la mesure instantanée du HCN ne sont pas suffisamment précises pour mesurer une concentration inférieure ou égale à 1 ppm.

Recommandations de l'expertise collective

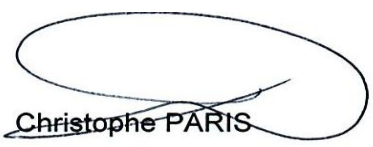
Le CES adopte les conclusions du groupe de travail, qui ne propose pas de VGAI à court terme pour le HCN.

En conséquence, considérant le nombre limité d'opérations de fumigation des aéronefs, tel que recueilli au cours de l'expertise, et la toxicité du HCN, le CES préconise d'étudier la faisabilité d'une substitution du HCN pour ces opérations.

Maisons-Alfort, le 19 mai 2011

Au nom des experts du CES "Évaluation des risques liés aux milieux aériens"

Le président du CES



2 Liste des tableaux

Tableau 1: Phrases de risque et de sécurité selon l'annexe 1 de la Directive CE N° 67/548/CEE 20
Tableau 2: Phrases de risque et de sécurité selon l'annexe 6 du règlement CE N° 1272/2008 20
Tableau 3: Effets non létaux chez l'animal 28
Tableau 4: Valeurs de référence du HCN en exposition chronique par inhalation 30
Tableau 5: Valeurs des AEGL du HCN 31
Tableau 6: Seuils des premiers effets létaux du HCN chez l'homme 31
Tableau 7: Méthodes de mesure du HCN 34
Tableau 8: Classement des méthodes selon les performances annoncées et les données de validation 35

3 Liste des figures

Figure 1: Voies du métabolisme du HCN 24

4 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

L'article 7 du décret n° 2009-1695 du 30 décembre 2009 fixe les conditions d'utilisation des fumigants à base d'acide cyanhydrique comme produits mentionnés à l'article L522-1 du code de l'environnement.

La direction générale de la prévention des risques et la direction générale de la santé ont saisi l'ANSES le 23 avril 2010 afin qu'elle puisse « déterminer les valeurs toxicologiques de référence du HCN à prendre en compte pour la protection du grand public dans le cadre d'une dératisation par fumigation des aéronefs ». Concernant les personnels navigants, la réglementation prévoit l'application de la valeur de la VLEP en vigueur.

L'Anses a considéré que la valeur de référence appropriée pour répondre à cette saisine était une valeur guide de qualité de l'air intérieur (VGAI) pour l'exposition à court terme au HCN. Un contrat d'expertise a été signé le 2 août 2010 entre l'ANSES et les deux directions ministérielles. Ce contrat prévoit de réaliser une expertise, hors évaluation des risques, qui a pour but l'étude de la faisabilité d'une (ou plusieurs) valeur(s) guide(s) de qualité d'air intérieur (VGAI) pour le HCN en lien avec une exposition aiguë par inhalation.

L'ANSES a confié au Groupe de Travail chargé des VGAI l'élaboration de cette valeur guide de l'air intérieur à court terme pour le HCN.

Ce rapport d'expertise a été élaboré par l'agence, avec la participation d'experts rapporteurs membres du GT « VTR » et du GT « VGAI ».

Il a été validé par le GT « VGAI » en date du 06 mai 2011

5 Introduction à l'élaboration de la (des) VGAI

Conformément à la méthode adoptée par le groupe de travail mis en place par l'ANSES, les VGAI sont définies pour protéger la population générale des effets néfastes sur la santé de polluants rencontrés plus spécifiquement dans les environnements intérieurs (logements, écoles, bureaux…) à l'exclusion des locaux à pollution spécifique. Elles sont élaborées exclusivement selon des critères sanitaires pour protéger des effets par voie aérienne (synthèses bibliographiques des données toxicologiques les plus récentes, VG sanitaires et VTR existantes).

Les chapitres de ce document se rapportent à trois parties :

La 1ère partie regroupe les principaux éléments permettant de caractériser la substance en renseignant notamment les items suivants :

- Identification de la substance ;
- propriétés physico-chimiques ;
- sources d'émissions potentielles, naturelles comme anthropiques ;
- données de concentrations et d'expositions mesurées dans différents lieux de vie ;
- contribution des différents milieux et voies d'exposition dans l'exposition globale.

La 2ème partie regroupe :

- l'ensemble des données toxicologiques de la substance ;
- le recensement des valeurs de référence (valeurs guides, valeurs toxicologiques) et réglementaires existantes ;
- la faisabilité de l'élaboration d'une ou de plusieurs VGAI.

La 3ème partie présente les méthodes de mesure dans l'air de la substance. Cette partie s'attache en particulier à donner pour chacune des méthodes les indications relatives à la précision et à la sensibilité des mesures dans un objectif de vérification des VGAI établies. Des recommandations en matière de stratégie d'échantillonnage peuvent être également fournies.

6 Informations générales

6.1 Identification de la substance

Nom	HCN
Synonymes	Acide cyanhydrique, Formonitrile
N° CAS	74-90-8
N° EINECS	200-821-6
Formule brute	HCN
Formule développée	H—C≡N
Forme physique, aspect	liquide ou gaz incolore à bleu pâle dégageant une légère odeur caractéristique d'amande amère

6.2 Propriétés physico-chimiques

Poids moléculaire	27,03 $g.mol^{-1}$(INRS 2006)
Point d'ébullition	25,7° C (INRS 2006)
Point de fusion	- 13,2 °C (INRS 2006)
Tension de vapeur	82.6 kPa à 20°C (INRS 2006)
Densité	($D^{20,4}$)= 0,687 (INRS 2006)
Solubilité	Soluble dans l'eau à 10^{-6} mg/l, et soluble dans l'éthanol et l'éther (US EPA, 2010)
Facteur de conversion	1 ppm=1,124 $mg.m^{-3}$ (ATSDR, 2006)
Point éclair	– 17,8 °C en coupelle fermée (INRS 2006)
Température d'auto-inflammabilité	538 °C (INRS 2006)
Limite inferieure d'explosibilité	5,6 % (INRS 2006)
Limite supérieure d'explosibilité	40 % (INRS 2006)

Le HCN, s'il n'est pas rigoureusement pur ou stabilisé, peut polymériser en donnant des composés solides noirs. Après une période de latence, la polymérisation est rapide et violente et peut être explosive. La présence d'eau ou d'alcali accélère le processus. L'acide sulfurique ou l'acide phosphorique jouent un rôle d'inhibiteurs de cette polymérisation. 0,05 % à 0,1 % d'acide phosphorique peuvent stabiliser le HCN (INRS 2006).

6.3 Réglementation

Le HCN n'a pas fait l'objet d'une évaluation européenne des risques préalablement à la mise en place du règlement européen REACh.

Le HCN n'a pas fait l'objet de classification en tant que substance cancérogène, mutagène et toxique pour la reproduction.

Tableau 1: Phrases de risque et de sécurité selon l'annexe 1 de la Directive CE N° 67/548/CEE

- R 26/27/28 – Très toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion
- R 50/53 – Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entrainer des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique
- S 7/9 – Conserver le récipient bien ferme et dans un endroit bien ventilé.
- S 16 – Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles. Ne pas fumer
- S 36/37 – Porter un vêtement de protection et des gants appropriés
- S 38 – En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié
- S 45 – En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette)
- S 60 – Éliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux
- S 61 – Éviter le rejet dans l'environnement

Tableau 2: Phrases de risque et de sécurité selon l'annexe 6 du règlement CE N° 1272/2008

- R 12 - Extrêmement inflammable.
- R 26 - Très toxique par inhalation
- R 50/53 - Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entrainer des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
- S1/2 - Conserver sous clef et hors de portée des enfants.
- S7/9 - Conserver le récipient bien ferme et dans un endroit bien ventilé.
- S16 - Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles - Ne pas fumer.
- S36/37 - Porter un vêtement de protection et des gants appropriés.
- S38 - En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié.
- S45 - En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).
- S60 - Éliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux
- S61 - Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales et la fiche de données de sécurité.

6.4 Utilisations et sources d'émission dans l'air

Le HCN est principalement utilisé dans les processus de production et de synthèse de substances telles que l'adiponitrile, le méthacrylate de méthyle, divers agents chélateurs, le chlorure cyanurique (2, 4, 6 trichlorotriazine), la méthionine et ses analogues hydroxylés, le cyanure de sodium et le cyanure de potassium (ATSDR, 2006 ; IPCS, 2004 ; INRS 2006, INERIS 2005). La production européenne varie de 500 000 à 1 million de tonnes[12].

Il a été utilisé comme substance biocide en vue d'éliminer les rongeurs, les insectes et d'autres parasites, en particulier, pour le traitement des locaux de stockage des produits alimentaires ou des cultures sous serres. Cette utilisation est régie par l'arrêté du 4 août 1986[13]. Selon les informations disponibles, le HCN n'a plus été utilisé en France comme biocide depuis le début des années 1990. Il a été remplacé pour cet usage par le bromure de méthyle. Ce dernier a été interdit en 2000 par le règlement européen[14] en application du protocole de Montréal sur la protection de la couche d'ozone. Il existe actuellement un projet d'harmonisation de la réglementation européenne pour l'usage du HCN comme biocide. Ce projet est piloté par la république tchèque.

Le HCN est actuellement utilisé comme fumigant dans les avions en vue d'éliminer les rongeurs lorsque leur présence est suspectée. Il s'agit dans ce dernier cas de protéger les câblages électriques d'une éventuelle détérioration par ces rongeurs.

Le HCN, comme les autres composés cyanurés (sels de potassium ou de sodium) peut être libéré dans l'environnement à partir de plusieurs sources. Il peut être rejeté dans l'atmosphère par les industries qui le produisent ou l'utilisent à diverses fins, comme les industries métallurgiques et celles qui pratiquent la galvanoplastie ou l'extraction de l'or et de l'argent à partir de minerais à faible teneur.

Il peut également s'échapper dans l'environnement par volatilisation à partir de déchets contenus dans les décharges, à partir d'incinérateurs d'ordures ménagères, et à partir de moteurs thermiques utilisant des combustibles fossiles (carburants, gaz naturel, et charbon).

Il se forme aussi lors de la combustion incomplète de polymères contenant de l'azote, tels que certains plastiques, dont les polyuréthanes, ainsi que lors de la combustion de la laine. Enfin, il peut provenir d'opérations de fumigation.

Il n'y a pas de source permanente ou intermittente d'acide cyanhydrique identifiée qui soit liée au milieu intérieur, mis à part la fumée de tabac.

6.5 Données de concentrations dans l'air

La voie principale d'exposition au HCN est l'inhalation, et dans une moindre mesure la pénétration cutanée lors de contacts prolongés avec du HCN liquide concentré. Ces deux voies de contamination sont presque toujours liées à un contexte d'intoxications accidentelles ou volontaires.

---

[12] http://ecb.jrc.ec.europa.eu/iuclid-datasheet/74908.pdf

[13] Arrêté du 4 août 1986 relatif aux conditions générales d'emploi de certains fumigants en agriculture et dispositions particulières visant le bromure de méthyle, le phosphure d'hydrogène et l'acide cyanhydrique

[14] Règlement (CE) No 2037/2000 du 29 juin 2000 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone.

Dans l'air, les sels de cyanure de potassium et de sodium s'hydrolysent et dégagent de l'acide cyanhydrique sous forme gazeuse, avec une petite fraction sous forme particulaire. Les cyanures sont susceptibles d'être transportés sur de longues distances à partir de leur source d'émission (IPCS, 2004).

Dans sa grande majorité, la population n'est exposée qu'à de très faibles quantités de cyanures présents dans l'environnement général. Les gaz d'échappements des véhicules automobiles constituent la principale source anthropique de contamination de l'environnement par les cyanures (INERIS, 2005). Toutefois, pour certaines populations, la possibilité d'une exposition non négligeable existe. C'est le cas des personnes exposées sur leur lieu de travail, ou qui consomment des quantités élevées d'aliments contenant des hétérosides cyanogéniques comme le manioc, ou certaines denrées particulières comme les noyaux d'abricots et les amandes amères.

Parmi les autres groupes de population qui risquent le plus d'être exposés aux cyanures, on peut citer les personnes qui résident à proximité de différentes sources de contamination, les fumeurs actifs et passifs, et enfin les personnes intoxiquées par la fumée à la suite d'un incendie.

Les valeurs suivantes donnent à titre indicatif les concentrations de HCN mesurées dans l'air extérieur (IPCS 2004) :

- La concentration de HCN mesurée dans les zones non urbanisées de l'hémisphère nord varie de 0.18 à 0.19 $\times 10^{-3}$ mg/m^3 ; (Cicérone et Zellner, 1983) et (Jaramillo *et al.* 1989)
- Les données de surveillance de l'air pour le HCN en Bulgarie dans les zones proches des usines pétrochimiques ont montré des concentrations allant de 0,2 à 0,8 $\times 10^{-3}$ mg/m^3 (valeur annuelle moyenne) (Kaloyanova *et al.* 1985)
- Le HCN a été détecté à des niveaux compris entre 20 et 46 mg/m^3 dans l'air près de grandes installations de transformation du manioc au Nigéria (Okafor et Maduagwu, 2000)

En se basant sur une concentration de HCN atmosphérique de 190 x 10^{-6} mg/m^3, et un volume d'inhalation de 20 m^3 d'air par 24 heures, l'ATSDR (2006) estime l'exposition moyenne par inhalation des populations à 3.8 x 10^{-3} mg par jour (hors consommation de tabac et exposition à des sources de HCN)

On ne retrouve pas de mesures de concentration du HCN dans les milieux intérieurs : locaux d'habitation, habitacles de véhicules de transport, etc. Il n'y a pas d'émission permanente ou intermittente d'acide cyanhydrique identifiée qui soit liée au milieu intérieur, mis à part la fumée de tabac.

7 Synthèse des données toxicologiques

7.1 Toxicocinétique

Après inhalation du HCN de l'air, l'absorption à travers la muqueuse bronchique et les alvéoles pulmonaires est rapide (ATSDR, 2006).

La majeure partie du HCN du sang est séquestrée dans les érythrocytes, et une moindre proportion est transportée par le plasma vers les organes cibles. En effet, le HCN a une affinité avec l'hème des globules rouges. Le rapport entre le HCN érythrocytaire et le HCN plasmatique est de 199/1 lorsque l'exposition est limitée (ATSDR, 2006). Une ancienne étude donne les concentrations plasmatiques moyennes de HCN de 10 personnes non exposées à une source de HCN. Elle montre un niveau moyen de 48 $x10^{-3}$ mg/l avec un maximum de 106 $x10^{-3}$ mg/l (Feldstein et Klendshoj, 1954). Lorsque l'exposition est importante, les érythrocytes sont rapidement saturés et le HCN est transporté massivement par le plasma vers les organes cibles (ATSDR, 2006)

Une fois absorbé, il se distribue rapidement et uniformément dans tout l'organisme. Des niveaux légèrement plus élevés se retrouvent généralement dans le foie, les poumons, le sang et le cerveau. Des concentrations tissulaires de HCN de 0,75 ; 0,42 ; 0,41 ; 0,33 et 0,32 mg/100 g de tissu ont été retrouvés respectivement dans les poumons, le cœur, le sang, les reins et le cerveau d'un homme décédé suite à une exposition par inhalation de HCN (IPCS 2004).

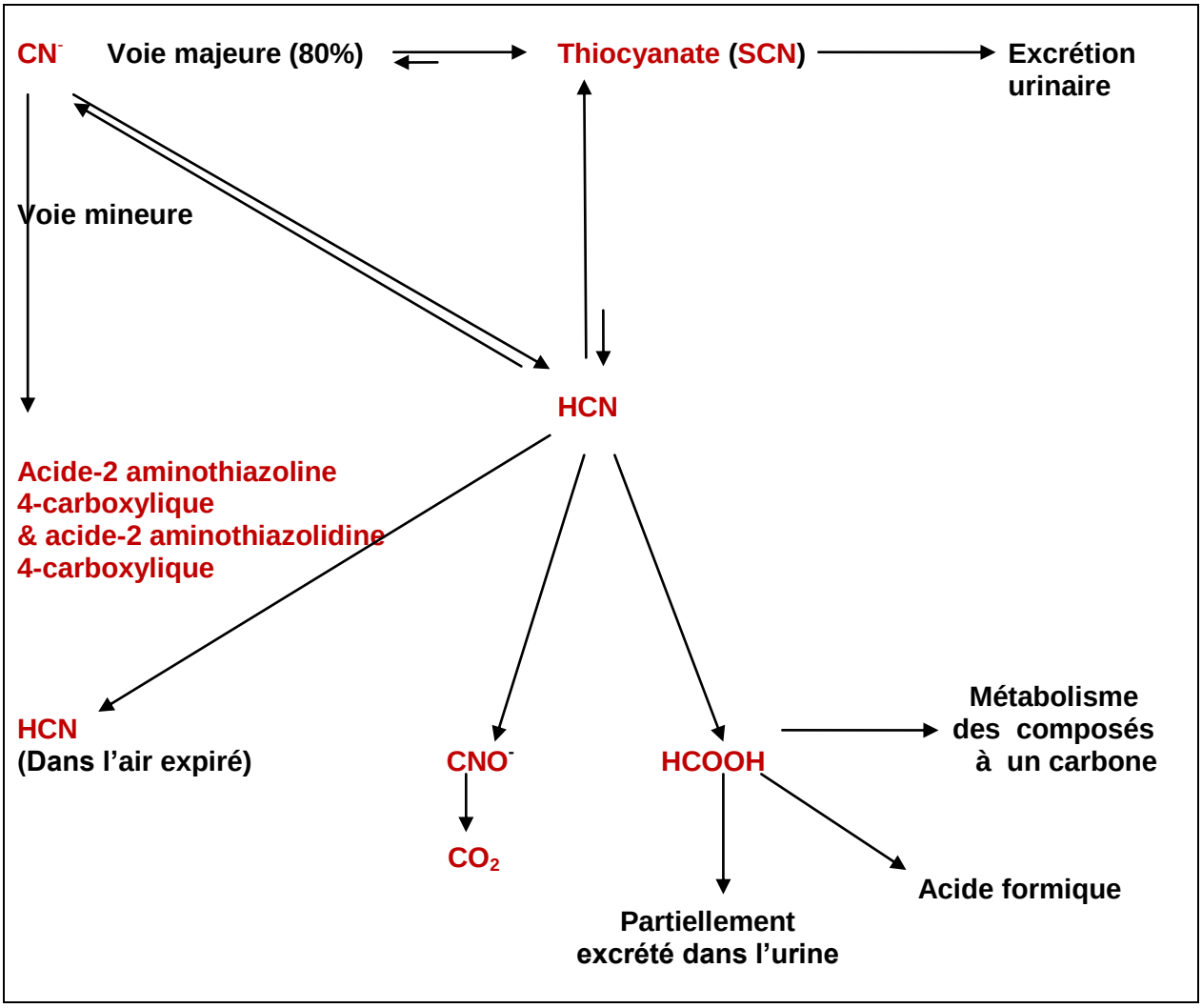
Il convient de mentionner que bien qu'il y ait une similitude d'action entre le HCN et le monoxyde de carbone, il existe des différences de toxicité entre ces deux composés. Ils peuvent induire les mêmes symptômes, mais il existe des différences importantes concernant leur intensité et leur délai d'apparition. Ainsi, selon Baud (2009), « le HCN altère profondément et rapidement les fonctions vitales que sont la respiration, la circulation, et la respiration cellulaire, ce que le CO ne fait qu'après de très longues durées d'exposition»

Le HCN est métabolisé chez les mammifères par une voie principale et plusieurs voies secondaires. La voie métabolique majeure concerne principalement le HCN absorbé par voie digestive. Elle se fait sous l'action de l'enzyme rhodanase mitochondriale du foie, et représente environ 80% de la capacité de détoxication du HCN. La réaction est limitée par la quantité de thiosulfate disponible. Les thiocyanates ainsi formés sont excrétés dans les urines. Une exposition chronique ou répétée ne provoque pas d'accumulation dans le sang ou les tissus (IPCS 2004).

Bien que la rhodanase soit présente dans les mitochondries de tous les tissus, les formes et les distributions tissulaires de rhodanase sont très variables (IPCS 2004). En général, les plus fortes concentrations de rhodanase se retrouvent dans le foie, les reins, le cerveau et le muscle, mais l'offre de thiosulfate est limitée (Aminlari *et al.* 1994). La rhodanase est présente dans les tissus de la muqueuse nasale des rats, en particulier dans la région olfactive, à une concentration 7 fois plus élevée que dans le foie (mesurée par milligramme de protéine mitochondriale) (Dahl, 1989). On observe une faible activité de la rhodanase chez les chiens, en comparaison avec les singes, les rats, et les lapins (ATSDR, 2006). Ceci explique qu'ils sont beaucoup plus sensibles au HCN.

Il existe des voies métaboliques mineures de détoxication des cyanures qui comportent une réaction avec la cystine conduisant aux acides aminothiazolines et iminothiazolidinecarboxyliques ou une combinaison avec l'hydroxycobalamine (vitamine B_{12a}) conduisant à la formation de cyanocobalamine (vitamine B_{12}). Ces produits finaux sont également excrétés par la voie urinaire.

Figure 1: Voies du métabolisme du HCN



Selon Ansell et Lewis (1970)

7.2 Effets sur la santé

Remarque : Les données se rapportent uniquement à l'exposition par inhalation.

Les effets du HCN sur la santé, suite à une exposition par inhalation à des doses élevées, sont bien caractérisés. Plusieurs monographies en ont fait la revue (ATSDR 2006, IPCS 2004, et US EPA 1994 et 2010).

Le HCN est caractérisé par une toxicité élevée. Les effets toxiques de l'ion cyanure sont similaires chez l'homme et chez les animaux de laboratoire (mammifères). Ils sont dus à l'inactivation de l'enzyme: cytochrome c-oxydase qui conduit à l'inhibition de la respiration cellulaire et à une anoxie. Les principaux organes cibles de l'action toxique de l'ion cyanure sont : le cœur, les poumons et le système nerveux central. La détoxication par la rhodanase mitochondriale de l'ion cyanure est limitée par la quantité de thiosulfate disponible, lors des intoxications à long terme. Elle a pour effet d'inhiber la fixation de l'iode par la thyroïde et par suite, de conduire à la formation d'un goitre (IPCS 2004 et ATSDR 2006).

7.2.1 Effets chez l'homme

7.2.1.1 Effets aigus

Les données disponibles sont souvent relatives à des doses qui provoquent des effets graves sur la santé. Elles proviennent généralement de cas observés à la suite d'accidents. On ne dispose pas des valeurs et des durées précises d'exposition lors de ces évènements. Par exemple :

- Singh *et al.* (1989) rapportent le cas d'un travailleur exposé à 224 mg/m^3 dans un réservoir de plaquage d'argent, qui est devenu rapidement inconscient avant de décéder bien qu'il ait reçu rapidement un traitement antidote à l'hôpital. La durée d'exposition n'est pas indiquée.

- Selon des données anciennes (Dudley *et al.* 1942), l'exposition chez l'homme à 303 mg/m^3 conduit immédiatement à la mort, 203 mg/m^3 est une concentration létale pour une exposition de 10 minutes, et 151 mg/m^3 est létale pour une exposition de 30 minutes.

- Trois marins travaillant sur un chalutier sont morts après avoir été exposés à des fumées toxiques (contenant de fortes concentrations de HCN, de dioxyde de carbone, et de sulfure d'hydrogène) provenant de poisson avarié. Les trois hommes se sont effondrés lors de la première minute de l'exposition. L'examen *post-mortem* indique une concentration de cyanure de 0,05 mg/l de sang (Cherian et Richmond 2000). Cette concentration, qui n'est pas particulièrement élevée, peut s'expliquer par le délai du prélèvement, ainsi que par le métabolisme rapide du HCN.

Il y a très peu de données, avec des doses et des durées d'exposition précises, relatives aux effets par inhalation du HCN chez l'homme. Des auteurs spécialisés en toxicologie clinique ont publié, à partir d'informations de toxicité accidentelle, des estimations de doses engendrant certains effets (Hal *et al.* 1987). Ces estimations ont été reprises dans plusieurs rapports sur la toxicité du HCN (DECOS 2002, IPCS 2004, ATSDR 2006). Elles sont résumées ci-dessous *in extenso*:

- de légers effets peuvent être notés aux concentrations de 20 à 40 mg/m^3,
- des concentrations de 50 à 60 mg/m^3 sont supportables pendant 20 minutes à 1h sans effets immédiats ou retardés,
- une concentration de l'ordre de 120 à 150 mg/m^3 peut entraîner la mort au bout d'une demi-heure à une heure,
- à partir de 150 mg/m^3, la mort peut survenir en l'espace de 30 minutes,
- une exposition à 200 mg/m^3 est probablement mortelle au bout de 10 minutes,
- à partir de 300 mg/m^3, la mort est immédiate.

Il est précisé dans ce document de Hal *et al*, qu'après une intoxication aiguë élevée, les séquelles peuvent être de nature neuropsychiatrique ou de type parkinsonien.

On ne dispose pas de données précises relatives aux effets par inhalation du HCN à des concentrations moins élevées.

7.2.1.2 Effets chroniques et subchroniques

Les données disponibles sont relatives à des expositions au HCN sur le lieu de travail. Elles indiquent essentiellement des symptômes neurologiques centraux (maux de tête, étourdissements, confusion, faiblesse musculaire, mauvaise vision, troubles de l'élocution), ainsi que des troubles du tractus gastro-intestinal, et une hypertrophie de la thyroïde (IPCS 2004).

Une étude transversale a été réalisée sur les effets sanitaires d'une exposition chronique au cyanure de 36 travailleurs, à partir d'un bain de placage qui contenait 3% de cyanure de cuivre, 3% de cyanure de sodium, et 1% de chlorure de sodium dans 3 ateliers de galvanoplastie en Égypte. Les travailleurs sont tous de sexe masculin et non fumeurs. Les durées des expositions varient de 5 à 15 ans. Les concentrations de cyanures dans la zone de respiration des travailleurs (moyennes sur une période de 15 min) varient de 5 à 14 mg/m^3, la moyenne dans les trois ateliers est de 12, 7, et 9 mg/m^3 au moment de l'étude. Il convient également de noter une coexposition à des vapeurs d'essence, à des solutions de savon et d'alcalis forts, ainsi qu'à de l'acide chlorhydrique. Le groupe témoin est constitué de 20 hommes non exposés au HCN et non fumeurs. Chez le groupe exposé, il est signalé différents symptômes tels que maux de tête, faiblesse musculaire, changements dans le goût et l'odorat, vertiges, irritation de la gorge, vomissements, dyspnées d'effort, larmoiement, salivation, et douleur précordiale avec des fréquences significativement plus élevées que chez les témoins. Vingt des travailleurs exposés (56%) ont présenté une hypertrophie légère à modérée de la thyroïde et une moindre fixation d'iode radioactif dans la thyroïde. Les travailleurs exposés avaient des valeurs d'hémoglobine et de cyanméthémoglobine significativement plus élevées. Il en est de même pour les lymphocytes. On a retrouvé des érythrocytes ponctués[15] chez 28 des 36 sujets exposés (El Ghawabi *et al.* 1975). La part des symptômes due à l'exposition aux autres polluants est difficile à cerner.

Une étude rétrospective utilisant un questionnaire a été réalisée en 1983 avec 36 anciens travailleurs de sexe masculin d'une installation de récupération d'argent aux États-Unis. L'usine avait été fermée suite à la mort d'un travailleur par empoisonnement au cyanure. Les employés recrutés dans cette étude se sont tous portés volontaires. Le nombre total d'employés est inconnu. La seule information quantitative sur la concentration de cyanure dans l'air provient d'une mesure effectuée 24h après la fermeture de l'usine. Elle était de 17 mg/m^3. L'étude a révélé une prévalence élevée de symptômes divers, tels que irritation des yeux, fatigue, étourdissements, maux de tête, troubles du sommeil, bourdonnements d'oreilles, paresthésies des extrémités, nausées, vomissements, dyspnées, douleurs thoraciques, palpitations, et pertes de poids. Des anomalies infra cliniques en taux de vitamine B12, d'acide folique, de TSH, et de fonction thyroïdienne ont été retrouvées chez les travailleurs 7 mois après la fin de l'exposition. Le questionnaire a révélé que plus de la moitié des travailleurs a déclaré avoir été fréquemment en contact direct avec des liquides contenant du cyanure et 22% des travailleurs exposés ont pu ingérer du cyanure provenant d'aliments et de boissons contaminés dans la zone de production (Blanc *et al.* 1985).

7.2.2 Effets chez l'animal

7.2.2.1 Effets aigus

Les niveaux létaux d'exposition chez l'animal, exprimés par les valeurs de CL50, sont disponibles pour plusieurs espèces. Chez le rat, elles varient de 160 à 34840 mg/m^3 pour respectivement 60 minutes et 10 secondes d'exposition. Elles sont de 565 et 363 mg/m^3 chez respectivement le rat et la souris, pour 5 minutes d'exposition (Ballantyne, 1983). Les auteurs indiquent que lors des expositions à ces concentrations, les animaux présentaient une hyperactivité et des convulsions asphyxiantes. Le décès survient généralement 20 minutes après l'exposition.

[15]Hématies (en réalité réticulocytes) contenant de nombreuses petites ponctuations sombres, basophiles (témoin d'une anomalie de synthèse de l'hémoglobine) (http://www.med.univ-angers.fr/discipline/lab_hema/morphogrweb/webmorphohematie.html)

Pour les effets non létaux, la plupart des études ont porté sur les effets d'incapacitation et de dépression respiratoire.

Ainsi, des asphyxies ont été observées chez des rats exposés à 140 mg/m^3 de HCN dès la 8ème minute (McNerney et Schrenk 1960). Une dyspnée sévère a été observée chez les singes exposés à 112 mg/m^3 pendant 30 minutes (Purser *et al.* 1984).

Des lapins albinos mâles ont été exposés à 0,55 mg/m^3 de HCN. Les expositions durent deux heures par jour (6 jours/semaine, pendant 1 à 4 semaines). Les modifications histologiques dans les poumons, les artères pulmonaires et coronaires, et l'aorte ont été étudiées. Suite à une exposition pendant une semaine à cette dose, aucune altération anatomo-pathologique significative n'est observée (Hugod ,1979)

Matijak & Alarie (1982) ont étudié l'action dépressive des centres nerveux respiratoires par le HCN. Ils ont évalué les doses induisant une diminution de 50 % de la fréquence respiratoire (RD50) chez la souris. Celle-ci est de 69 mg/m^3 pour une exposition de 30 minutes, par inhalation nasale non contrôlée, alors qu'elle est évaluée de 37 mg/m^3 pour 30 minutes chez les animaux exposés par inhalation nasale stricte. A la concentration de 165 mg/m^3, l'asphyxie apparait après 11 minutes d'exposition.

Sakurai (1989) a mesuré le temps d'incapacitation de souris femelles intoxiquées par différentes concentrations en HCN par inhalation. Les animaux ont été placés dans des cages dans lesquelles ont été enregistrés leurs mouvements. L'apparition de l'apnée respiratoire a été enregistrée par observation visuelle. Le temps d'incapacitation est défini par l'auteur comme le temps, au delà de 5 minutes d'exposition, pour lequel on constate une absence de mouvements des souris. Ces temps d'incapacitation, ainsi mesurés pour différentes concentrations, sont de 5, 10, 20, et 30 minutes, pour respectivement des concentrations d'exposition de 135, 81, 55, et 45 mg/m^3

Bhattacharya (1994) a étudié les fonctions respiratoires de 6 rats mâles Wistar exposés à la concentration de 60 mg/m^3 pendant 30 minutes. Certains paramètres respiratoires (volume tidal, pression transthoracique, compliance, résistance des voies aériennes,…) ont été enregistrés toutes les 10 minutes. En fin d'exposition, les animaux ont été sacrifiés et leurs poumons ont été prélevés en vue d'analyser le surfactant. A cette concentration, tous les paramètres respiratoires dynamiques, à l'exception de la résistance des voies aériennes sont modifiés pour 30 minutes d'exposition. Il a été observé une diminution de la compliance, de la fréquence respiratoire et du volume-minute. Le volume tidal et la pression transthoracique sont augmentés. Il a aussi été observé une diminution des phospholipides du surfactant pulmonaire.

D'autres études ont porté sur l'effet du HCN par inhalation sur d'autres fonctions organiques.

Ainsi, Fechter *et al.* (2002) ont publié une étude portant sur la potentialisation par le HCN de la baisse auditive induite par l'exposition au bruit chez les rats. L'effet observé est l'atteinte de la capacité auditive ainsi que les atteintes histologiques des tissus internes des organes de l'audition. Les rats sont exposés à des valeurs de 23, 34, et 57 mg/m^3 de HCN en association ou sans association au bruit pendant 3,5 heures. Les auteurs indiquent qu'il n'y a pas d'effet observé aussi bien sur la capacité auditive que sur la structure histologique des cellules ciliées cochléaires 4 semaines après l'exposition. Toutefois, une coexposition au HCN à des concentrations croissantes, et à un bruit de 100 dB et de 13,6 kHz pendant 2 heures, a provoqué une augmentation statistiquement significative (par rapport à l'effet du bruit seul) de l'atteinte auditive à partir d'une concentration de 33 mg/m^3 de HCN. Les auteurs concluent qu'il y a une potentialisation par le HCN de la perte auditive induite par le bruit chez le rat. Ils

déterminent un niveau de NOAEL de 350 mg/m^3 de HCN associé à une durée d'exposition de 3,5 h pour cet effet.

Enfin, O'Flaherty et Thomas (1982) ont publié une étude portant sur le rôle du HCN (par rapport aux autres substances contenues dans la fumée de la pyrolyse des polymères) dans les effets cardiaques chez les rats. Les expositions de rats adultes mâles se font à des fumées de pyrolyse, seules ou associées au CO et au HCN à une concentration de 248 mg/m^3. Les expositions durent 12,5 min, et sont renouvelées tous les 4 jours, pendant une durée totale de 20 jours. La cardiotoxicité est mesurée par l'ampleur de la libération de la créatine phosphokinase spécifique cardiaque, ainsi que par le nombre de battements cardiaques ectopiques induits par l'injection de norépinephrine. Les auteurs indiquent que l'exposition au HCN, sans prétraitement protecteur, induit une cardiotoxicité modérée.

Le tableau suivant rassemble les données sur les effets non létaux rapportés ces études.

Tableau 3: Effets non létaux chez l'animal

1.1.1.1 Effets chroniques et subchroniques

Espèce animale	**Effet décrit**	**Concentration (en mg/m^3)**	**Durée d'exposition (en minutes)**	**Référence**
Rats	Asphyxie	140	8	McNerney et Schrenk. (1960)
Singes	Dyspnée sévère	112	30	Purser *et al.* (1984)
Lapins albinos mâles	Modifications histologiques	0.55	120 (6j/s; 1 à 4 semaines)	Hugod. (1979)
Souris	Action dépressive respiratoire	69 37 (A. canulés) 165(A. n canulés)	30 30 11	Matijak & Alarie. (1982)
Souris femelles	Incapacitation	135 81 55 45	5 10 20 30	Sakurai (1989).
Rats mâles	Modifications des paramètres respiratoires	60	30	Bhattacharya (1994)
Rats	Potentialisation de la baisse auditive due au bruit	33	120	Fechter *et al.* (2002)
rats	Effet cardiaque	248	12.5	O'Flaherty et Thomas (1982)

Aucune étude en expérimentation animale n'a été identifiée pour des expositions chroniques ou subchroniques.

7.3 Seuil olfactif

Le seuil de détection du HCN varie de 0,65 à 5 mg/m^3 (INRS, 2009). L'hypothèse que ce seuil de détection de le HCN relève, en particulier, de différences génétiques semble établie depuis les années 50 (Kirk et Stenhouse, 1953).

8 Recensement des valeurs guides, des valeurs de référence, et d'autres valeurs toxicologiques

Les bases de données suivantes ont été consultées : ITER, GESTIS, ESIS, FURETOX, et TOXNET; ainsi que les rapports d'évaluation publiés par les organismes et les agences – sanitaires et de recherche. Ces organismes ont conduit des évaluations de risques sanitaires associés à l'exposition au HCN aussi bien par absorption orale, que par inhalation. Aucun des organismes n'a élaboré de valeur de référence par inhalation à court terme. Les valeurs publiées concernent soit des valeurs pour l'exposition par voie orale (non rapportées ici), soit des valeurs pour l'exposition chronique par inhalation.

8.1 Valeurs guides de qualité de l'air intérieur

Aucune « valeur guide » pour le HCN dans l'air en exposition aiguë n'a été recensée.

8.2 Valeurs toxicologiques de référence (VTR)

8.2.1 VTR pour des expositions aiguës par inhalation

Aucune valeur n'a été publiée par les agences sanitaires.

8.2.2 VTR pour des expositions chroniques par inhalation

Trois valeurs de référence pour une exposition chronique au HCN par inhalation ont été publiées par trois agences sanitaires : l'US EPA, l'OEHHA, et le RIVM.

Elles sont toutes basées sur la même étude source (El Ghawabi, *et al.* 1975), qui a été présentée au chapitre 7.2.1.2.

L'effet critique retenu par les trois agences est l'action sur le système nerveux central et sur le fonctionnement thyroïdien.

Les trois agences retiennent la même valeur du LOAEL pour cet effet : 7,07 mg/m^3. Cette valeur correspond à la conversion de la valeur de 6,4 ppm, qui est la plus faible concentration moyenne enregistrée sur les trois ateliers par les auteurs de l'étude.

Pour la conversion du LOAEL de l'environnement professionnel en environnement général, les trois agences se basent sur les paramètres suivants :

Volume respiratoire par défaut en environnement professionnel : 10 m^3 pour 8 heures
Volume respiratoire par défaut en environnement général : 20 m^3 pour 24 heures

L'exposition est ajustée pour tenir compte de la différence entre les deux durées d'exposition (5 jours par semaine en environnement professionnel et 7 jours par semaine en environnement général)

Ce qui donne un LOAEL = 7.07 mg/m^3 x 10/20 x 5/7 = 2.5 mg/m^3

Les trois agences se distinguent cependant par les facteurs d'incertitude appliqués. Leurs VTR sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 4: Valeurs de référence du HCN en exposition chronique par inhalation

Agence	**Dénomination**	**Facteurs d'incertitude (UF)**	**VTR Inhalation chronique**
US- EPA, 2010	Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure (RfC)	**UF = 3000** UF_H = 10 UF_L = 10 UF_S = 3 UF_D =10	8 $x10^{-4}$ mg/m^3
OEHHA, 1999	Chronic Reference Exposure Level (REL)	**UF = 300** UF_H = 10 UF_L = 10 UF_S = 3	8 $x10^{-3}$ mg/m^3
RIVM, 2001	Tolerable Concentration in Air (TCA)	**UF = 100** UF_H = 10 UF_L = 10	25 $x10^{-3}$ mg/m^3

UF = *uncertainty factors* (facteurs d'incertitude). UF : facteur d'incertitude global, UF_A : variabilité inter-espèce, F_H : variabilité intra-espèce, UF_L : utilisation d'un LOAEL, UF_S : transposition d'une exposition subchronique à chronique, UF_D : insuffisance de données

8.3 Autres valeurs

En l'absence de valeurs guides de qualité de l'air intérieur, et de VTR pour l'exposition à court terme pour le HCN, une recherche plus large de valeurs indicatives ou réglementaires a été effectuée.

8.3.1 AEGL

Le NRC (National Research Council, États-Unis) publie régulièrement des « valeurs guides » pour des expositions aiguës aux substances chimiques intitulées « Acute Exposure Guideline Levels » appelées AEGL-1, AEGL-2, et AEGL-3. Elles sont élaborées par des comités scientifiques représentants un grand nombre d'organisations (US-EPA, ATSDR, NIOSH, OSHA, FDA…), ainsi que des industriels et des représentants d'organismes internationaux (dont des membres de l'OCDE). Ces valeurs AEGL, ainsi que d'autres valeurs toxicologiques utilisées en situation accidentelle, ont été décrites et commentées dans un document de l'InVS (2009), dont sont extraites les définitions suivantes :

- AEGL-1 : Concentration dans l'air d'une substance au-dessus de laquelle on prévoit que la population générale, y compris les individus sensibles, pourrait éprouver un malaise notable, une irritation ou certains effets asymptomatiques.

- AEGL-2 : Concentration dans l'air d'une substance au-dessus de laquelle on prévoit que la population générale, y compris les individus sensibles, pourrait éprouver des effets irréversibles, ou d'autres effets sévères à plus ou moins long terme, ou pouvant entraîner une incapacité à s'échapper.

- AEGL-3 : Concentration d'une substance chimique dans l'air (exprimée en ppm ou mg/m3) au-dessus de laquelle des effets potentiellement mortels ou des décès pourraient survenir au sein de la population générale, individus sensibles inclus.

Pour les AEGL-1, le NRC indique qu'elles ne doivent pas être établies à partir de données recueillies chez l'animal. Pour le HCN, la valeur de base de celle-ci a été déterminée à partir des données des études humaines en exposition chronique, principalement l'étude d'El Ghawabi *et al.* (1975), et à partir des données recueillies suite à des expositions accidentelles. Elle a été construite pour 8h d'exposition. Les valeurs d'AEGL-1 pour les autres durées d'exposition sont dérivées à partir de celle établie pour 8 heures.

La valeur de base d'AEGL-2 est basée sur les données d'une exposition de singes « macaques » à une concentration de HCN de 60 ppm pendant 30 minutes (Purser, 1984). Les auteurs indiquent que le singe est un modèle approprié pour l'extrapolation à l'homme parce que, par rapport aux rongeurs, les voies respiratoires des singes sont semblables à celles des humains, même si le singe est potentiellement plus sensible que l'homme. Les valeurs d'AEGL-2 pour les autres durées d'exposition sont dérivées à partir de celle de 30 minutes.

Les auteurs indiquent que les valeurs d'AEGL-3 sont dérivées à partir des données de toxicité de concentration létale 01% (CL01) pour différentes périodes d'exposition chez le rat. (EI du Pont de Nemours and Company, 1981)

Tableau 5: Valeurs des AEGL du HCN

(Temps en min)	**10**	**30**	**60**	**240**	**480**
AEGL1 en ppm en mg/m^3	2,5 2.8	2,5 2.8	2,0 2.3	1,3 1.5	1,0 1.1
AEGL 2 en ppm en mg/m^3	17 18.7	10 11	7,1 7.8	3,5 3.8	2,5 2.7
AEGL 3 en ppm en mg/m^3	27 30	21 23	15 16	8.6 9.5	6.6 7.2

8.3.2 Seuils des premiers effets létaux

L'INERIS publie des valeurs de seuils des premiers effets létaux (SPEL), de seuils des effets irréversibles (SEI) et de seuils des effets réversibles (SER) à la demande des autorités publiques. Le document de l'INERIS précise que « ces seuils de toxicité aiguë sont utilisés, en association avec des scénarios d'accidents, pour des études de dangers ou pour l'élaboration de plans d'urgence ». L'INERIS a publié en 2005 les valeurs de seuils des effets létaux (SPEL) du HCN pour plusieurs durées d'exposition:

Tableau 6: Seuils des premiers effets létaux du HCN chez l'homme

Durée d'exposition (en min)	**1**	**10**	**20**	**30**	**60**
Concentration					
en mg/m3	431	121	82.5	66	45
en ppm	392	110	75	60	41

L'INERIS précise dans son rapport que « les données disponibles dans la littérature ne permettent pas, dans l'état actuel des connaissances, d'établir des seuils pour les effets irréversibles (SEI) en cas d'émission accidentelle d'acide cyanhydrique ».

9 Élaboration de la VGAI

Les données disponibles pour l'exposition au HCN par inhalation à court terme proviennent d'expérimentations animales ou ont été recueillies suite à des expositions humaines accidentelles. Dans tous les cas, ces expositions sont caractérisées par des niveaux de concentrations élevés, associés à des effets graves sur la santé, y compris la mort. De plus, on ne dispose pas des valeurs précises des concentrations et de durées d'exposition chez l'homme. Ces données ne permettent pas de sélectionner une dose critique suffisamment solide en vue de construire une VGAI à court terme.

Par ailleurs, les données toxicocinétiques montrent qu'on ne peut pas envisager une extrapolation des données de toxicité de la voie orale à la voie inhalée du fait d'un processus de détoxication du HCN par les cellules hépatiques très limité lors d'une intoxication par inhalation.

En l'absence de données exploitables pour des expositions à court terme, le Groupe de Travail a envisagé d'exploiter les données disponibles en exposition chronique issues d'études et d'observations en milieu professionnel. L'étude d'El Ghawabi *et al.* (1975) est la plus documentée. Elle a servi de base à la construction des VTR chroniques par inhalation recensées précédemment.

Les effets rapportés dans cette étude regroupent un ensemble de symptômes plus ou moins sévère (faiblesse musculaire, altérations du goût et de l'odorat, vertiges, vomissements, dyspnées d'effort, hyper-salivation, douleurs précordiales, irritation de la gorge, larmoiements, et hypothyroïdie). Les symptômes sont détaillés dans le chapitre 7.2.1.2. Ils ont été observés chez des travailleurs exposés pendant des périodes variant de 5 à 15 ans. Les auteurs de l'étude mentionnent que certains symptômes (en particulier les irritations et les larmoiements) régressent chez les travailleurs après une cessation de l'exposition, puis reprennent à la reprise du travail.

Cette étude ne permet cependant pas d'associer à chacun des effets observés un niveau et une durée d'exposition. Les experts considèrent donc que les données de cette étude ne peuvent être utilisées pour déterminer un LOAEL associé à un effet critique, et à une durée d'exposition à court terme.

En conclusion, et en l'absence de données suffisantes, le groupe de travail ne propose pas de VGAI pour l'exposition aiguë par inhalation au HCN.

10 Méthodes de prélèvement et d'analyse

Avant - propos

La comparaison des niveaux de concentrations mesurés dans les environnements intérieurs aux VGAI élaborées par l'Anses nécessite d'accompagner celles-ci de préconisations en termes de méthodes de mesures et de stratégie d'échantillonnage (ANSES, 2011[16]).

Ainsi, et pour chaque substance étudiée, la fiche de recueil de données métrologiques répertorie les méthodes de mesures disponibles en accordant une importance particulière aux références normatives. Les méthodes recensées sont ensuite évaluées sur la base des critères et des exigences de la norme NF EN 482. Cette évaluation doit permettre de comparer les méthodes disponibles et, le cas échéant, de proposer une ou plusieurs méthodes adaptées pour la comparaison des niveaux de concentration avec les VGAI établies. L'objectif de l'Anses n'est donc pas de développer une nouvelle méthode de mesure mais de donner des recommandations sur les méthodes existantes.

De la même manière, des orientations sur la stratégie d'échantillonnage sont proposées afin de renseigner, pour chaque polluant, le pas de temps de prélèvement et la représentativité spatio-temporelle de la mesure. Là encore, il s'agit de recommandations générales qui pourront être adaptées aux contextes et aux spécificités des campagnes de mesure.

Dans le cas présent, aucune VGAI n'est proposée par le groupe de travail. Aussi, les recommandations en métrologie portent sur les méthodes valides selon les gammes de concentration concernées.

10.1 Définitions

Méthode : Ce terme désigne le principe d'une méthode de mesurage d'un polluant dans l'air. Il englobe la technique de prélèvement et la technique d'analyse.

Protocole : Ce terme désigne les modes opératoires publiés par des organismes spécialisés reconnus.

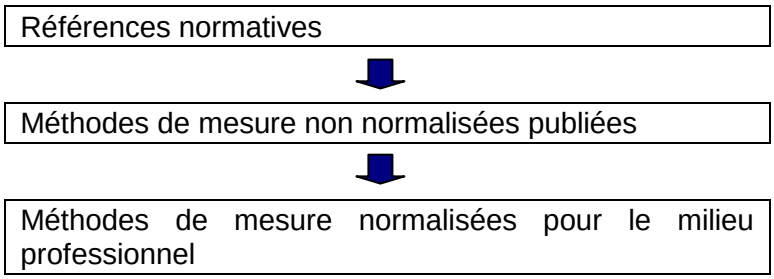
10.2 Recensement des protocoles et des méthodes de mesure disponibles pour le HCN

Ce recensement a pour but d'identifier les différentes méthodes disponibles pour la mesure du HCN dans l'air intérieur. Dans le cadre des travaux d'expertise pour l'élaboration de valeurs guides de la qualité d'air intérieur, les méthodes recensées doivent permettre la comparaison des niveaux de concentration les plus bas pouvant être mesurés avec les VGAI établies par l'ANSES pour différentes durées d'expositions : "court-terme" (exposition aiguë), " intermédiaire " et "long-terme" (exposition chronique) dans les milieux concernés.

L'annexe 2 indique une liste non exhaustive des principales références normatives et des autres documents de référence pour la mesure du HCN dans l'air.

Pour le recensement des méthodes de mesure disponibles, la hiérarchisation suivante est retenue concernant les documents de référence :

[16] ANSES (2011) Proposition de valeurs guides pour la qualité d'air intérieur. Évolution de la méthode d'élaboration des valeurs guides d'air intérieur. 79 p.



Aucune méthode normalisée pour le dosage de l'HCN dans l'air (intérieur ou extérieur) n'a été identifiée. Il existe uniquement quelques normes sur les mesures à l'émission par spectrométrie infrarouge mais à des niveaux de concentration supérieurs à ceux recherchés. Il a donc été recherché toutes les méthodes « classiques » en hygiène industrielle, dont les performances sont proches en première intention, et dont il semble qu'elles sont utilisables pour effectuer des mesures dans l'air intérieur, au moins pour des durées d'exposition de quelques heures. Pour des prélèvements de plus longue durée (supérieurs à 8 heures), il existe assez peu d'alternatives à la répétition de mesures de quelques heures ou l'acquisition d'un matériel à lecture continue (de sensibilité adaptée), sauf à valider une méthode par prélèvement actif ou passif.

Le dernier type de matériel à lecture continue proposé (TDL Sensor) est relativement atypique dans un contexte d'hygiène industrielle, probablement très coûteux, mais il semble qu'il soit le seul à pouvoir offrir des limites de détection/quantification très inférieures à la ppm tout en permettant une lecture rapide, directement sur le terrain. Si des informations complémentaires sur ce matériel sont nécessaires, il conviendrait d'identifier une équipe utilisatrice et/ou un fournisseur plus précis (Srevomex France par exemple). Des matériels utilisant une technologie proche, basée sur l'absorbance d'une raie très fine du gaz à analyser (CRDS, *Cavity Ring Down Spectroscopy*), sont distribués en France par la société Grüter & Marchand.

Enfin, dans le contexte particulier de la saisine sur les fumigations d'aéronefs, il a également été étudié les performances attendues avec les « détecteurs » parfois multipolluants, déjà utilisés dans les aéroports à des fins de détection des agents chimiques utilisables dans un but malveillant car l'HCN est l'un de ces produits (spectromètres à mobilité d'ion, GS/MS portables, FTIR portables, AP4C etc., résultats non présentés) : les limites de détection/quantification sont habituellement de l'ordre de la ppm. Ces matériels présentent donc, dans ce contexte, assez peu d'intérêt par rapport à un détecteur électrochimique par exemple, plus économique et plus simple de mise en œuvre.

10.3 Description des méthodes, données de validation, performances et caractéristiques

Différentes méthodes de mesure ont été recensées. Elles sont répertoriées dans le tableau suivant :

Tableau 7: Méthodes de mesure du HCN

N°	Méthode
1 a	Échantillonnage par pompage – *Cassette avec filtre diamètre 37 mm en cellulose imprégné de soude (diamètre des filtres ramené à 25 mm après imprégnation par une solution de soude)* – analyse par potentiométrie
1 b	Échantillonnage par pompage – *Cassette 25 mm avec filtre en cellulose imprégné de soude* – analyse par chromatographie ionique
2	Échantillonnage par pompage – *tube rempli de deux plages de chaux sodée* – analyse par spectrophotométrie UV - visible

3	Échantillonnage par barbotage – *Barboteur rempli de solution de soude NaOH 0,1 N* – analyse par potentiométrie
4	Échantillonnage par barbotage – *Barboteur rempli de solution de potasse KOH 0,1 N* – analyse par potentiométrie

D'autres méthodes indicatives sont proposées. Elles sont basées sur des techniques diverses, telles que l'utilisation de capteurs électrochimiques, de tubes colorimétriques, la colorimétrie sur bande de papier défilante, ou les diodes ajustables au laser avec cavité résonnante.

Les tableaux synthétiques présentant une description du principe de chaque méthode sont joints en Annexe 4. Ils précisent, par exemple, si chaque méthode est spécifique du composé ciblé dans sa famille chimique et si elle permet l'identification de la forme chimique (valence, degré d'oxydation) sous laquelle se trouve la substance. Il convient de noter que le descriptif des méthodes 5 à 8 est basé sur des données commerciales "constructeur" et que les performances métrologiques annoncées restent indicatives.

10.4 Classement des méthodes selon les performances annoncées et les données de validation

Métrologie pour une gamme de concentration attendue inférieure ou égale à 1 ppm

En l'absence de méthodes actuellement validées dans cette gamme de concentrations de HCN, deux options pourraient être envisagées :

- Financement du développement d'une méthode de mesure directe permettant d'atteindre un seuil inférieur à 1 ppm. Le budget d'un tel développement est acceptable et il existe au moins un laboratoire en France qui pourrait le faire ;

- Vérification des spécifications constructeurs des méthodes plus pointues (du type laser), tout en rappelant que ces dernières sont coûteuses.

Métrologie pour une gamme de concentration attendue supérieure ou égale à 1 ppm

Le classement en deux catégories des méthodes recensées est retenu comme modalité d'évaluation des méthodes de mesure. Pour réaliser ce classement, l'annexe 3 qui dresse les principaux critères et exigences de la norme NF EN 482 est reprise à l'exception de l'étendue minimale de mesurage établie entre 0,1 à 2 fois la valeur. Cette ligne renvoie au domaine de validation de la méthode et son adéquation avec la VGAI établie.

Tableau 8: Classement des méthodes selon les performances annoncées et les données de validation

Méthode		**Domaine de validation**	**Limite de quantification**	**Commentaires**	**Catégorie 1 ou 2**
n°	**Détail**				
1a	Metropol (027) - Potentiométrie	0,2 à 12 mg/L de CN- dans le distillat	Estimée à 0,7 mg/m^3 – 15 minutes	Filtre imprégné de soude	1
1b	Metropol (027) - Potentiométrie	0,2 à 12 mg/L de CNO- dans le distillat	Estimée à 0,7 mg/m^3 – 15 minutes	Filtre imprégné de soude	1

Méthode		Domaine de validation	Limite de quantification	Commentaires	Catégorie 1 ou 2
n°	Détail				
2	NIOSH 6010	2 à 15 mg/m^3 Prélèvements de 3 litres	Estimée à 1 mg/m^3 – 15 minutes	Tube rempli de deux plages de chaux	1
3	OSHA 120	0,5 à 25 mg/L de CN- en solution	Estimée à 0,5 mg/m^3 – 15 minutes	Barboteur NaOH	1
4	MDHS 56/2	10^{-5} à 10^{-3} mol/L de CN- en solution	0,6 mg/m^3 – 10 minutes	Barboteur KOH	1

La méthode METROPOL de l'INRS (analyse différée) possède des performances adaptées dans ce contexte; elle permet d'atteindre des seuils de détection bas avec un prélèvement de quelques heures. De nombreux paramètres ont été validés et elle a été largement décrite ces dernières années.

10.5 Réflexions à propos de la stratégie d'échantillonnage

Échantillonnage dans le contexte spécifique de la saisine et des aéronefs

Il y a assez peu de recul bibliographique sur cette question particulière de l'échantillonnage dans une cabine d'avion. Toutefois, il convient de garder à l'esprit que :

- le point d'ébullition d'HCN est de 25,7°C : en dessous de cette température il n'est pas théoriquement exclu que le HCN se condense, s'adsorbe sur toutes les surfaces +/- poreuses de la cabine (sièges, moquettes …) et se désorbe ensuite à l'occasion d'une augmentation de température lors du vol et/ou du brassage de zones peu ventilées naturellement ;
- l'air de la cabine est en permanence renouvelé avec apport d'air neuf.

Afin de maximiser la détection d'HCN résiduel en fin de « ventilation post traitement » de l'avion, si cela est techniquement possible, il pourrait être demandé d'effectuer des mesures ponctuelles en différents points de la cabine (« en un point de chaque zone homogène de ventilation occupée »), avion fermé, système de ventilation en fonctionnement sans apport d'air neuf et avec une température (enregistrée par thermomètre) supérieure à 26°C.

11 Mise en perspective

L'expertise a permis d'évaluer l'ensemble des données de toxicité par inhalation du HCN, aussi bien chez l'homme, que chez l'animal. La toxicité aiguë du HCN est bien connue lors d'expositions élevées par inhalation, car elle a été constatée lors de nombreux cas d'intoxications. La relation dose-effet indique que des effets graves (asphyxie, voire la mort) peuvent se produire rapidement lorsque les capacités de défense de l'organisme sont dépassées.

En effet, les mécanismes biochimiques de détoxication sont actifs essentiellement lorsque l'intoxication survient par voie digestive, alors qu'ils sont rapidement saturés lorsque celle-ci survient par inhalation. Il en résulte qu'au-delà d'un seuil d'intoxication, difficile à évaluer, ces mécanismes de détoxication ne permettent plus de prévenir les premiers effets sur la santé. Ainsi, le HCN agit directement et rapidement sur plusieurs fonctions vitales que sont la respiration et la circulation. Cette action est d'autant plus forte et généralisée que la concentration du HCN dans l'air inhalé est élevée.

L'expertise a permis de constater que:

- les données de toxicité aiguë par inhalation disponibles pour l'homme manquent de précision concernant les niveaux des concentrations et les durées des expositions.
- ces données de toxicité sont surtout relatives à des doses et des durées d'exposition engendrant des effets sévères ou la mort.
- les données de toxicité animale relatives à des effets moins Sévères ne sont pas disponibles.

Le GT rappelle le contexte particulier de cette expertise, dont l'origine est la saisine de l'agence par les ministères de tutelle qui souhaitaient disposer « des valeurs toxicologiques de référence du HCN à prendre en compte pour la protection du grand public dans le cadre d'une dératisation par fumigation des aéronefs »

Cette opération de dératisation est réglementée par l'arrêté du 14 juin 2010. Celui-ci fixe les conditions d'utilisation des fumigants à base d'acide cyanhydrique pour le traitement des aéronefs. Le traitement des appareils se fait avec une concentration d'HCN de 1000 mg/m^3 et une durée moyenne de 20 minutes.

Cet arrêté précise que :

- ✓ l'entrée du personnel navigant dans l'aéronef est autorisée après vérification que le dégazage forcé ou naturel a fait descendre la concentration en gaz en dessous des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)
- ✓ l'entrée des passagers dans l'aéronef est autorisée après qu'un délai minimal de six heures est observé après l'entrée du personnel dans l'aéronef. Pendant ce délai, une ventilation mécanique du fuselage est réalisée.

A cet effet, le GT rappelle que la valeur de la VLEP, actuellement en vigueur, est de 2 ppm (2.2 mg/m^3) pour 8 heures d'exposition. Le SCOEL (comité scientifique, chargé de proposer des VLEP à la commission européenne) a proposé dans un document soumis aux commentaires des organismes européens[17] , une VLEP de 1 ppm (1.1 mg/m^3) et une valeur limite à court terme (STEL) de 5 ppm (5.5 mg/m^3). Pour élaborer leur proposition de VLEP, les auteurs

[17] SCOEL/SUM/115 ; Mai 2005

indiquent qu'ils se basent principalement sur les données de l'étude d'El Ghawabi *et al.* Cependant, Ils ne justifient pas leur proposition de la valeur de la STEL.

Les seules valeurs toxicologiques à court terme disponibles chez l'homme, sont des estimations de valeurs d'exposition relatives à des effets graves. Elles ont été publiées par des auteurs britanniques en 1987. Ces valeurs ont été reprises dans plusieurs rapports d'agences sanitaires sur la toxicité du HCN (DECOS 2002, IPCS 2004, ATSDR 2006). Elles sont rappelées ci-dessous:

- de légers effets peuvent être notés à des concentrations de 20 à 40 mg/m^3,
- des concentrations de 50 à 60 mg/m^3 sont supportables pendant 20 minutes à 1h sans effets immédiats ou retardés,
- une concentration de l'ordre de 120 à 150 mg/m^3 peut entraîner la mort au bout d'une demi-heure à une heure,
- à partir de 150 mg/m^3, la mort peut survenir en l'espace de 30 minutes,
- une exposition à 200 mg/m^3 est probablement mortelle au bout de 10 minutes,
- à partir de 300 mg/m^3, la mort est immédiate.

Par ailleurs, il faut rappeler que le seuil de détection olfactive du HCN varie de 0.65 à 5 mg/m^3 (voir au chapitre 7.3)

La concentration d'exposition qui a servi à l'OEHHA, au RIVM, et à l'US-EPA pour fixer le LOAEL puis d'élaborer leurs VTR en exposition chronique à long terme, est la valeur la plus basse qui ait été mesurée dans les ateliers de travail sur lesquels a porté l'étude d'El Ghawabi *et al.* (1975). Celle-ci est de 7,07 mg/m^3. Il faut rappeler qu'il s'agit d'une exposition en milieu professionnel pendant une durée variant de 5 à 15 ans selon les travailleurs concernés. A ce niveau d'exposition, les travailleurs présentaient à la fois des symptômes sévères et d'autres moins sévères, tels que maux de tête, faiblesse musculaire, irritation de la gorge, larmoiement, salivation, douleurs précordiales, etc.

Le GT rappelle l'existence des valeurs de référence, réglementaires, ou indicatives, qui peuvent éventuellement être utiles pour les décisions de gestion. Ce sont :

✓ Les valeurs de référence publiées par l'US EPA, l'OEHHA, et le RIVM. Ces valeurs sont construites pour protéger les populations générales de tout effet sanitaire pour des expositions à long terme au HCN par inhalation. Ces valeurs sont résumées ci-dessous.

Valeurs de référence du HCN en exposition chronique par inhalation

Agence	**dénomination**	**VTR Inhalation chronique**
US-EPA 2010	Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure (RfC)	0.8 x10^{-3} mg/m^3
OEHHA 1999	Chronic Reference Exposure Level (REL)	8 x10^{-3} mg/m^3
RIVM 2001	Tolerable Concentration in Air (TCA)	25 x10^{-3} mg/m^3

✓ Les valeurs américaines AEGL-1 «Acute Exposure Guideline Levels -1».

Elles sont définies par les auteurs du NRC comme la concentration dans l'air d'une substance au-dessus de laquelle on prévoit que la population générale, y compris les individus sensibles, pourrait éprouver un malaise notable, une irritation ou certains effets asymptomatiques). Elles sont exprimées en fonction de plusieurs durées d'exposition et sont rappelées ci-dessous :

Valeurs des AEGL-1

Temps (minutes)	10	30	60	240	480
Valeurs (en ppm) (en mg/m^3)	2,5 2.8	2,5 2.8	2,0 2.3	1,3 1.5	1,0 1.1

12 Bibliographie

AFSSET (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, 2007) Proposition de Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur – document cadre et éléments méthodologiques.

**Aminlari M. Vaseghi T, Kargar MA (1994). The cyanide-metabolizing enzyme rhodanese in different parts of the respiratory systems in sheep and dog. Toxicology and Applied Pharmacology, 124:64–71.

*Ansell M; Lewis, FA. (1970) A review of cyanide concentrations found in human organs. A survey of literature concerning cyanide metabolism, 'normal', non-fatal, and fatal body cyanide levels. J Forensic Med 17(4):148–155.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2006). Toxicological profile for cyanide.

Baud, F 2009 Toxydromes induits par l'oxyde de carbone et le cyanure: similtudes et differences. Bulletin de la société de toxicologie clinique. Infotox, 30 1-2.

*Ballantyne B. 1983a. The influence of exposure route and species on the acute lethal toxicity and tissue concentrations of cyanide. In: Hayes AW, Schnell RC, Miya TS, eds. Developments in the science and practice of toxicology. New York, NY: Elsevier Science Publishers, 583-586.

*****Bhattacharya R. (1994) - Cyanide induced changes in dynamic pulmonary mechanics in rats. Indiana J Pharmacol, 38, 281-284.

Blanc P, Hogan M, Mallin K, *et al.* 1985. Cyanide intoxication among silver-reclaiming workers. J Am Med Assoc 253:367-371.

Chandra H, Gupta BN, Bhargava SK, Clerk SH, Mahendre PN (1980) Chronic cyanide exposure: a biochemical and industrial hygiene study. Journal of Analytical Toxicology, 4:161–165.

*Cherian MA, Richmond I. 2000. Fatal methane and cyanide poisoning as a result of handling industrial fish: A case report and review of the literature. J Clin Pathol 53:794-795.

** Cicerone RJ, Zellner R (1983). The atmospheric chemistry of hydrogen cyanide (HCN) *Journal of Geophysical Research*, 88:689–696.

**Dahl AR (1989). The cyanide-metabolizing enzyme rhodanese in rat nasal respiratory and olfactory mucosa. Toxicology Letters, 45:199–205.

DECOS (Dutch Expert Committee on Occupational Standards), (2002). Health-based recommended occupational exposure limits. Hydrogen cyanide, sodium cyanide, and potassium cyanide.

*Dudley HC, Sweeney TR, Miller JW. 1942. Toxicology of acrylonitrile (vinyl cyanide). II: Studies of effects of daily inhalation. J Ind Hyg Toxicol 24:255-258.

****E.I. du Pont de Nemours and Company. 1981. Inhalation toxicity of common combustion gases. H askell Laboratory Report No. 238-81. Haskell Laboratory, Newark, DE.

El Ghawabi SH, Gaafar MA, El-Saharti AA, *et al.* 1975 Chronic cyanide exposure: A clinical, radioisotope, and laboratory study. Br J Ind Med 32:215-219.

Fechter LD, Chen G, Johnson DL. 2002. Potentiation of noise-induced hearing loss by low concentrations of hydrogen cyanide in rats. Toxicol Sci 66(1):131-138.

**Feldstein M, Klendshoj NC (1954) The determination of cyanide in biologic fluids by microdiffusion analysis. Journal of Laboratory and Clinical Medicine, 44:166–170.

***Hall A, Rumack BH, Schaffer MI, Linden, CH. (1987) Clinical toxicology of cyanide: North American clinical experiences. In: Ballantyne B and Marrs TC, eds. Clinical and Experimental Toxicology of Cyanides. Bristol, UK, Wright.

*****Hugod H.D. (1979) - Effect of exposure to 0.5ppm HCN singly or combined with 200ppm CO and /or 5ppm nitric aid on coronary arteries, aorta pulmonary artery, and lungs in the rabbit. Int Arch Occup Environ Health, 44, 13-23.

INERIS (Institut National d'Études sur le Risque Industriel et de sécurité) (2005) Seuils de toxicité aiguë de l'acide cyanhydrique.

INRS (Institut National de recherche et de sécurité) (2006) Fiche toxicologique FT 4.

InVS (Institut de veille sanitaire) (2009) Description des valeurs repères toxicologiques utilisées lors d'expositions aiguës par inhalation des populations

IPCS (International Programme on Chemical Safety), (2004). Concise International Chemical Assessment Document 61. Hydrogen cyanides and cyanides: human health effects.

**Jaramillo M, Dezafra RL, Barrett J, Emmons LK, Solomon PM, Parrish A (1989) Measurements of stratospheric hydrogen cyanide and McMurdo Station, Antarctica: further evidence of winter stratospheric subsidence? *Journal of Geophysical Research*, 94:16 773–16 777.

**Kaloyanova F, Basmadjieva K, Popov M, eds. (1985) [*Ecology and health*.] Sofia, Meditzina i Fizkultura (in Bulgarian).

*Kirk RL, Stenhouse NS. 1953. Ability to smell solutions of potassium cyanide. Nature 171:698-699.

***** Matijak-Schaper M. and Alarie Y. (1982) Toxicity of carbon monxide hydrogen cyanide and low oxygen. J Combust Toxicol, 9, 21-61.

*McNerney JM, Schrenk HH. 1960. The acute toxicity of cyanogen. Am Ind Hyg Assoc J 21:121-124.

NRC (National research council, 2002) Acute exposure guideline levels for selected airborne chemicals. Volume 2

*O'Flaherty EJ, Thomas WC. 1982. The cardiotoxicity of hydrogen cyanide as a component of polymer pyrolysis smokes. Toxicol Appl Pharmacol 63:373-381.

**Okafor PN, Maduagwu EN (2000) Cyanide contamination of the atmospheric air during large scale "gari" processing and the toxicity effects of such cyanide equivalent on rat. *African Journal of Biomedical Research*, 3:19–23.

Purser DA, Grimshaw P, Berrill KR (1984) Intoxication by cyanide in fires: A study in monkeys using polyacrylonitrile. Archives of Environmental Health, 39:394–400.

RIVM (National institute of public healthand the environment, 2001). Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. Report 711701025.

*Singh BM, Coles N, Lewis P, *et al.* 1989. The metabolic effects of fatal cyanide poisoning. Postgrad. Med J 65:923-925.

*****Sakurai T. (1989) Toxic gas tests with several pure and mixed gases using mice. J Fire Sci, 7, 22-77

US EPA (United States - Environmental Protection Agency) (2010). Toxicological review of hydrogen cyanide and cyanides salts.

US OEHHA (United states - office of environmental health hazard assessment, 1999) Determination of acute reference exposure levels for airborne toxicants: Hydrogen cyanides.

* Cité dans ATSDR 2006
** Cité dans IPCS 2004
*** Cité dans DECOS 2002
**** Cité dans NRC 2002
***** Cité dans INERIS 2005

ANNEXES

13 Annexe 1- Références des informations sur les constantes physico-chimiques des substances et leurs domaines d'utilisation. (Liste non exhaustive)

- European Union Risk Assessment Reports. Consultables sur le site http://ecb.jrc.it/existing-chemicals).
- IUCLID Dataset - European Commission - European Chemicals Bureau, consultable sur le site Internet http://ecb.jrc.it.
- KIRK-OTHMER – Encyclopedia of Chemical Technology, New York, John Wiley and sons
- Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 5^{e} éd., 2005, New-York, John Wiley and sons
- Environmental Health Criteria. World Health Organization, Genève, disponible sur le site: http://www.inchem.org/
- International Chemical Safety Cards. IPCS. Disponibles sur le site : http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html
- IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Lyon. Disponibles sur le site : http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/allmonos90.php
- Index Merck (Index MERCK: The Merck Index, an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. Thirteenth edition. Published by Merck Research Laboratories Division of Merck & Co., Inc. Whitehouse Station, NJ. 2001),
- Toxnet, Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases. Disponibles sur le site : http://toxnet.nlm.nih.gov
- Handbook of Chemistry and Physics, Editor David R. LIDE, (CRC). Une version électronique est disponible sur le site : http://www.hbcpnetbase.com/welcome.asp (accès payant)
- Fiches toxicologiques INRS. Disponibles sur le site : http://www.inrs.fr

- J.L. Vignes, G André, F. Kapala. Données industrielles, économiques, géographiques sur les principaux produits chimiques, métaux et matériaux 7ème édition 1997 –2006. Voir mise à jour sur http://www.sfc.fr/Donnees/acc.htm

14 Annexe 2 - Références normatives – Air intérieur

Série ISO 16000

NF EN ISO 16000-1

Juillet 2006Air intérieur - Partie 1 : aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage

Audit de qualité de l'air

XP X43-105

Mars 2002Qualité de l'air - Audit de la qualité de l'air dans les locaux non-industriels - Moyens de transports en commun et gares

XP X43-403

Décembre 1999Qualité de l'air - Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels - Bâtiments à usage d'habitation et locaux similaires

XP X43-407

Mars 2006Qualité de l'air - Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels - Bâtiments à usage d'enseignement

XP X43-402

Août 1995Qualité de l'air - Stratégie d'échantillonnage des polluants chimiques de l'atmosphère intérieure des locaux - Recommandations.

Autres normes

NF EN 14412

Décembre 2004Qualité de l'air intérieur - Échantillonnage par diffusion pour la détermination de la concentration des gaz et des vapeurs - Guide pour la sélection, l'utilisation et la maintenance

NF EN ISO 20988

Août 2007Qualité de l'air - Lignes directrices pour estimer l'incertitude de mesure

PR NF EN 4618

Septembre 2009Série aérospatiale - Norme de qualité d'air intérieur pour les cabines d'avion, critères et méthodes d'évaluation

15 Annexe 3 - Principaux critères et exigences de la norme NF EN 482 : 2006.

Critères	Exigences
Origine de la méthode	La méthode doit avoir été publiée dans une source acceptable (Cf. liste en annexe).
Description de la procédure de mesurage	La description doit comprendre toutes les informations nécessaires pour mener à bien la procédure et indique, en outre, l'incertitude élargie qui peut être atteinte, l'intervalle 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 mesurage.
Conditions d'échantillonnage	Les conditions d'échantillonnage doivent être précisées, notamment les éléments suivants : • Description de l'échantillonneur • Débit de prélèvement • Volume d'air recommandé (ou durée de prélèvement) • Débit de diffusion • Conditions environnementales • <u>Exigences supplémentaires</u> : Dans le cas d'un échantillonnage d'un aérosol, le dispositif d'échantillonnage doit être conforme aux exigences de la norme EN 13205 pour le type d'aérosol prélevé (inhalable ou alvéolaire) Des exigences supplémentaires spécifiées dans l'EN838, EN1076, EN1231, EN 1232, EN 12919, EN 13205, EN 13890 et EN 45544 doivent être satisfaites pour des types particuliers de procédures et de dispositifs de mesurage.
Transport et stockage	Une description précise des conditions de transport et de stockage (conditionnement, température, durée…)

Critères	Exigences
	ainsi que des informations sur la stabilité des échantillons doivent être mentionnées dans le cas d'échantillons critiques. Dans les autres cas, un bref descriptif doit être mentionné. La durée de conservation des échantillons avant analyse doit être précisée.
Préparation de l'échantillon	Les conditions de manipulation de l'échantillon doivent être décrites
Technique analytique	Les conditions analytiques doivent être précisées
Domaine de validation	Le domaine de validation doit permettre la mesure de concentrations dans une gamme compatible avec la VGAI
Incertitude élargie	Les données permettant d'apprécier l'incertitude de la procédure de mesure (prélèvement et analyse) doivent être mentionnées.
Sélectivité	La procédure de mesurage doit spécifier les informations appropriées sur la nature et l'ampleur des interférences

16 Annexe 4- Description des méthodes, données de validation, performances et caractéristiques

16.1 Méthodes avec prélèvement et analyse séparés

16.1.1 Méthode n°1a : Échantillonnage par pompage – analyse par potentiométrie

Méthode décrite dans la fiche METROPOL 027 de l'INRS, mise à jour 23/09/04

Prélèvement commun avec la méthode 1b mais dosage différent

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
Gaz/ Particules en suspension **Gaz et particules en suspension**		*Fraction inhalable si cassette fermée* *Fraction maximale collectée si cassette ouverte*	*Fractions conventionnelles en hygiène industrielle*
Mesure directe			
Détections		*NA*	
Mesure en continu		*NA*	
Mesure indirecte			
Prélèvement	**Actif sans enrichissement**	*NA*	
	Actif avec enrichissement	*Cassette 25 mm avec filtre en cellulose imprégné de soude*	*filtres de diamètre 37 mm, ramené à 25 mm après imprégnation de soude et séchage.*

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Débit	*Pompe d'échantillonnage doit remplir les exigences de l'EN 1232 ou équivalent avec étalonnage adapté* *1 L/min avec cassette fermée (pour la fraction inhalable) et 2L/min cassette ouverte (pour la fraction maximale collectée)*	
	Volume	*De 15 à 240 Litres à vérifier auprès de l'INRS*	*Volumes adaptés à l'hygiène industrielle mais < 15L devrait fonctionner avec une LD plus forte*
	Durée	*De 15 minutes à 8 heures*	
Analyse	**Préparation échantillon**	*Désorption du filtre par distillation acide – Volume final 50 mL*	
	Technique d'analyse	*Potentiométrie directe avec électrode à membrane spécifique des cyanures*	*Élimination préalable des sulfures qui empoisonnent l'électrode*
	Paramètres analytiques	*Agitation permanente* *Ajout d'un tampon de force ionique* *Temps de stabilisation 3 minutes*	*Pour des concentrations inférieures à 10^{-5} M, la réponse est plus longue*
	Étalonnage	*Solutions titrées de cyanures traitées dans des conditions identiques et utilisation de la courbe : Potentiel = f (log (CN^-))*	*Solution d'étalonnage à utiliser dans les 2h après réaction d'oxydation en raison de dégradation possible des cyanates*

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Limites de quantification / détection	*Sur la base d'une LQ en solution de 0,2 mg/L et 50 mL de solution correspondant à 15 L de prélèvement on arrive à une LQ ~ 0,7 mg/m^3 d'air* *0,2 mg/L rapporté comme le début du domaine de linéarité*	*Sensibilité ajustable par modification du temps/volume de prélèvement*
	Incertitudes élargies	*NR*	*Seul l'écart type analytique à 2 niveaux de concentration est rapporté dans la fiche Metropol*

DONNEES DE VALIDATION		
Paramètres	**Données générales**	**Détails particuliers**
Données de validation expérimentale du débit d'échantillonnage	*Débit de la pompe vérifié via un débitmètre avant et après le prélèvement*	
Capacité / Volume de claquage	*> 240 L*	
Taux de récupération	*> 95 % validé par INRS dans fiche Metropol*	
Influence des conditions environnementales sur le prélèvement	*Température, Pression, et débit de la pompe à consigner*	
Conditions de transport	*Température ambiante.*	

Conditions de conservation et de stockage avant analyse	*Température ambiante.* **A analyser dans les 10 jours de préférence, pertes proportionnelles au temps de stockage*	*Les filtres imprégnés de soude sont préparés peu de temps avant leur utilisation. Ils peuvent être conservés bouchés au maximum 2 mois.*
Interférences possibles sur le prélèvement et sur l'analyse	*Interférents majoritairement éliminés lors de la distillation acide. Interférence possible par les ions iodures*	
Linéarité de réponse du détecteur (instrument d'analyse)	*NR*	
Domaine de validation	*0,2 à 12 mg/L de CN^- dans le distillat*	*Extension possible du domaine de linéarité par dilution ; gamme conseillée : 0,26 à 26 mg.L^{-1} en raison de la dégradation possible des électrodes à des concentrations élevées*
Coefficient de désorption / Efficacité de désorption	*NR*	

16.1.2 Méthode n°1b: Échantillonnage par pompage – analyse par chromatographie ionique

Méthode décrite dans la fiche METROPOL 027 de l'INRS, mise à jour 23/09/04

Prélèvement commun avec la méthode 1a mais dosage différent

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
Gaz/ Particules en suspension **Gaz et particules en suspension**		*Fraction inhalable si cassette fermée* *Fraction maximale collectée si cassette ouverte*	*Fractions conventionnelles en hygiène industrielle*
Mesure directe			
Détection*s*		*NA*	
Mesure en continu		*NA*	
Mesure indirecte			
Prélèvement	**Actif sans enrichissement**	*NA*	
	Actif avec enrichissement	*Cassette 25 mm avec filtre en cellulose imprégné de soude*	*filtres de diamètre 37 mm, ramené à 25 mm après imprégnation de soude et séchage.*
	Débit	*Pompe d'échantillonnage doit remplir les exigences de l'EN 1232 ou équivalent* *avec étalonnage adapté* *1 L/min avec cassette fermée (pour la fraction inhalable) et 2L/min cassette ouverte (pour la fraction maximale collectée)*	

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Volume	*De 15 à 240 Litres*	*Volumes adaptés à l'hygiène industrielle mais < 15L devrait fonctionner avec une LD plus forte*
	Durée	*De 15 minutes à 8 heures*	
Analyse	**Préparation échantillon**	*Désorption du filtre par distillation acide – Volume final 50 mL* *Oxydation des cyanures en cyanates par ajout d'hypochlorite de sodium*	
	Technique d'analyse	*Chromatographie ionique (échange d'anions) avec détection conductimétrique*	
	Paramètres analytiques	*Exemple : Éluant carbonate/bicarbonates classique des anions* *Boucle d'injection de 50 µL* *Colonne AS14 et pré-colonne AG14* *Suppresseur avant détection conductimétrique* *Sensibilité du détecteur 30 µS*	*Modulable*
	Étalonnage	*Solutions titrées de cyanures traitées dans des conditions identiques et utilisation de la courbe : Aire = f (CNO^-)*	*Solution d'étalonnage à utiliser dans les 2h après réaction d'oxydation en raison de dégradation possible des cyanates*
	Limites de quantification / détection	*Sur la base d'une LQ en solution de 0,2 mg/L et 50 mL de solution correspondant à 15 L de prélèvement on arrive à une LQ ~ 0,7 mg/m^3 d'air* *0,2 mg/L rapporté comme le début du domaine de linéarité*	*Sensibilité ajustable par modification du temps/volume de prélèvement et aussi*

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
			dans ce cas le volume de la boucle car CI assez « tolérante » à des boucles du grand volume
	Incertitudes élargies	*NR*	*Seul l'écart type analytique à 2 niveaux de concentration est rapporté dans la fiche Metropol*

DONNEES DE VALIDATION		
Paramètres	**Données générales**	**Détails particuliers**
Données de validation expérimentale du débit d'échantillonnage	*Débit de la pompe vérifié via un débitmètre avant et après le prélèvement*	
Capacité / Volume de claquage	*> 240 L*	
Taux de récupération	*> 95 % validé par INRS dans fiche Metropol*	
Influence des conditions environnementales sur le prélèvement	*Température, Pression, et débit de la pompe à consigner*	
Conditions de transport	*Température ambiante.*	

Conditions de conservation et de stockage avant analyse	*Température ambiante.* **A analyser dans les 10 jours de préférence, pertes proportionnelles au temps de stockage*	
Interférences possibles sur le prélèvement et sur l'analyse	*Interférents majoritairement éliminés lors de la distillation acide. Interférence possible par les ions iodures et chlorures lors de l'étape analytique*	
Linéarité de réponse du détecteur (instrument d'analyse)	*NR*	
Domaine de validation	*0,2 à 12 mg/L de CNO^- dans le distillat*	*Extension possible du domaine de linéarité par dilution*
Coefficient de désorption / Efficacité de désorption	*NR*	

16.1.3 Méthode n°2: Échantillonnage par pompage – analyse par spectrophotométrie UV

Méthode décrite dans la fiche 6010 du NIOSH, mise à jour 15/08/1994

Adaptation possible de cette méthode dans une version « terrain » en utilisant un spectrophotomètre portable, permettrait d'obtenir des performances proches du laboratoire mais sans les contraintes de transport. Dans cette configuration sensibilité limitée par le débit d'échantillonnage mais adaptation possible avec barboteur (cf. méthode OSHA ou MDHS).

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
Gaz/ Particules en suspension **Gaz et particules en suspension**		*Fraction gazeuse uniquement, particules éliminées par filtre en amont*	
Mesure directe			
Détections		*NA*	
Mesure en continu		*NA*	
Mesure indirecte			
Prélèvement	**Actif sans enrichissement**	*NA*	
	Actif avec enrichissement	*Tube adsorbant rempli de deux plages de chaux sodée, 600 et 200 mg*	*Existe commercialement*
	Débit	*Pompe d'échantillonnage doit remplir les exigences de l'EN 1232 ou équivalent* *avec étalonnage adapté* *0,05 à 0,2 L/min*	*Débits faibles donc LD élevée + incertitude sur prélèvement possiblement augmentée*

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Volume	*De 0,6 à 90 Litres*	
	Durée	*Variable selon la LD souhaitée*	
Analyse	**Préparation échantillon**	*Désorption 60 minutes dans 10 mL d'eau distillée – Plages analysées séparément afin de détecter le claquage*	
	Technique d'analyse	*Colorimétrie (acide barbiturique – pyridine)*	
	Paramètres analytiques	*Lecture à 580 nm dans les 30 minutes suivant le développement de la coloration*	
	Étalonnage	*Solutions titrées de cyanures traitées dans des conditions identiques*	
	Limites de quantification / détection	*Limite de détection revendiquée = 1 µg de CN^- donc Limite de quantification estimée = 3 µg de CN^-* *Soit une limite de quantification pratique de 1 mg/m^3 pour un prélèvement de 3 litres (15 minutes)*	*Sensibilité ajustable par modification du temps/volume de prélèvement.*
	Incertitudes élargies	+/- 15 % (k = 2)	*Mesuré à partir de prélèvements de 15 minutes dans une gamme de concentrations allant de 2 à 15 mg/m^3*

DONNEES DE VALIDATION		
Paramètres	**Données générales**	**Détails particuliers**
Données de validation expérimentale du débit d'échantillonnage	*Débit de la pompe vérifié via un débitmètre avant et après le prélèvement*	
Capacité / Volume de claquage	*40 minutes à 0,2 L/min d'une atmosphère à 148 mg/m^3*	*Contrôlé par l'existence de 2 plages de prélèvement*
Taux de récupération	*~100 %* *Possiblement abaissé si prélèvement de moins de 10 µg de CN^-*	*Gamme testée : 10 à 50 µg* *22 analyses*
Influence des conditions environnementales sur le prélèvement	*Température, Pression, et débit de la pompe à consigner*	
Conditions de transport	*Température ambiante.*	
Conditions de conservation et de stockage avant analyse	*Température ambiante.* *Stable 2 semaines*	
Interférences possibles sur le prélèvement et sur l'analyse	*Interférence de H_2S à forte concentration*	
Linéarité de réponse du détecteur (instrument d'analyse)	*NR*	

Domaine de validation	*2 à 15 mg/m^3 échantillons de 3 litres*	*Extension possible du domaine de linéarité par dilution ou augmentation du temps de prélèvement* *Domaine d'application mentionné : 3 à 260 mg.m^{-3} (0.3 à 235 ppm) pour un prélèvement de 3L*
Coefficient de désorption / Efficacité de désorption	*~100 %*	*Faible efficacité de désorption mentionnée pour les niveaux inférieurs à 10 µg CN^-* *A déterminer au moins une fois par lot de chaux sodée utilisé : modalités de réalisation précisées (5 niveaux de concentrations et 3 tubes par niveaux + 3 blancs)*

16.1.4 Méthode n°3: Échantillonnage par barbotage – analyse par potentiométrie

Méthode décrite dans la fiche 120 de l'OSHA, mise à jour décembre 1988.

Adaptation possible de cette méthode dans une version « terrain » en utilisant un spectrophotomètre portable, permettrait d'obtenir des performances proches du laboratoire mais sans les contraintes de transport.

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
Gaz/ Particules en suspension **Gaz et particules en suspension**		*Fraction gazeuse uniquement, particules éliminées par filtre 37 mm en amont*	*Matrice analysée : Air*
Mesure directe			
Détection*s*		*NA*	
Mesure en continu		*NA*	
Mesure indirecte			
Prélèvement	**Actif sans enrichissement**	*NA*	
	Actif avec enrichissement	*Barboteur rempli de solution de soude NaOH 0,1 N – 10 mL*	*Existe commercialement*

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Débit	*Pompe d'échantillonnage doit remplir les exigences de l'EN 1232 ou équivalent* *avec étalonnage adapté* *< 1 L/min* *1 L.min^{-1} recommandé pour un prélèvement de 60 minutes*	*Débits faibles donc LD élevée + incertitude sur prélèvement possiblement augmentée*
	Volume	*Jusqu'à 120 L, 90 L recommandés*	
	Durée	*Variable selon la LD souhaitée, 60 minutes recommandées*	
Analyse	**Préparation échantillon**	*Désorption du filtre dans solution de soude au moins sur 30 minutes sous agitation occasionnelle.* *Potentiométrie directe après vérification de l'absence de sulfures*	*Test colorimétrique proposé pour vérifier l'absence de sulfures. Si présence avérée, précipitation à réaliser par ajout de carbonate de cadmium en faible quantité*
	Technique d'analyse	*Potentiométrie directe*	*Avant puis après usage, l''électrode doit être polie durant 30 secondes (bande abrasive puis rinçage à l eau distillée), a minima tous les 10-20 échantillons)*
	Paramètres analytiques	*Potentiométrie directe avec attente de stabilisation du signal*	

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Étalonnage	*Solutions titrées de cyanures traitées dans des conditions identiques, matrice NaOH 0,1 N* *Gamme : 0,1 – 1 – 10 – 25 – 100 ppm*	
	Limites de quantification / détection	*Limite de détection revendiquée = 0,25 ppm de CN^- donc Limite de quantification estimée = 0,75 ppm de CN^-* *Soit une limite de quantification pratique de 0,5 ppm pour un prélèvement de 15 litres (15 minutes)*	*Sensibilité ajustable par modification du temps/volume de prélèvement.*
	Incertitudes élargies	*+/- 22 % (k = 2)*	*Mesuré à partir de 57 échantillons contenant entre 200 et 400 µg de CN^-*

DONNEES DE VALIDATION		
Paramètres	**Données générales**	**Détails particuliers**
Données de validation expérimentale du débit d'échantillonnage	*Débit de la pompe vérifié via un débitmètre avant et après le prélèvement*	
Capacité / Volume de claquage	*NR*	*Recommandé < 120 L*
Taux de récupération	*99,7 % sur filtre (fraction particulaire)*	

Influence des conditions environnementales sur le prélèvement	*Température, Pression, et débit de la pompe à consigner*	
Conditions de transport	*NR*	
Conditions de conservation et de stockage avant analyse	*NR*	
Interférences possibles sur le prélèvement et sur l'analyse	*Interférence propres à la potentiométrie (anions Cl^-, I^-, Br^- …), sulfures car poison de l'électrode + cations de transition (Fe^{2+}, Fe^{3+}, Co^{3+} …) car complexes possibles avec les cyanures* *En cas de présence de sels de cyanure sur le filtre situé en amont, hydrolyse possible pour donner HCN (16 %)*	
Linéarité de réponse du détecteur (instrument d'analyse)	*NR*	
Domaine de validation	*0,25 à 25 ppm (mg/L) de cyanures en solution dans le barboteur*	*Extension possible du domaine de linéarité par augmentation du temps de prélèvement* *Endommagement possible des électrodes pour des concentrations supérieures à 25 ppm CN^-*
Coefficient de désorption / Efficacité de désorption	*NA*	

16.1.5 Méthode n°4: Échantillonnage par barbotage – analyse par potentiométrie

Méthode décrite dans la fiche 56/2 du MDHS, mise à jour avril 1990.

Adaptation possible de cette méthode dans une version « terrain » en utilisant un spectrophotomètre portable pour la quantification des cyanures, permettrait d'obtenir des performances proches du laboratoire mais sans les contraintes de transport.

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
Gaz/ Particules en suspension **Gaz et particules en suspension**		*Fraction gazeuse uniquement, particules éliminées par filtre en amont*	
Mesure directe			
Détection*s*		*NA*	
Mesure en continu		*NA*	
Mesure indirecte			
Prélèvement	**Actif sans enrichissement**	*NA*	
	Actif avec enrichissement	*Barboteur rempli de solution de KOH 0,1 N – 10 mL*	*Existe commercialement*
	Débit	*Pompe d'échantillonnage doit remplir les exigences de l'EN 1232 ou équivalent* *avec étalonnage adapté* *200 mL/min (long terme) ou 1 L/min (court terme)*	*Débits faibles donc LD élevée + incertitude sur prélèvement possiblement augmentée*

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Volume	*10 à 40 L.*	*Volume expressément réduit par rapport à la méthode NIOSH car l'absorption de CO2 dans le barboteur conduirait à une acidification incompatible avec le piégeage de HCN à partir de 40 litres*
	Durée	*Selon débit de pompage de 10 minutes (court terme) à 3 heures (long terme)*	
Analyse	**Préparation échantillon**	*Potentiométrie directe après vérification de l'absence de sulfures. Volume ramené à 25 mL en raison des rinçages du barboteur*	*Test proposé pour vérifier l'absence de sulfure (acétate de plomb). Décontamination par ajout de solution de cadmium*
	Technique d'analyse	*Potentiométrie directe avec électrode sélective aux cyanures*	
	Paramètres analytiques	*Potentiométrie directe avec attente de stabilisation du signal* *Au moins 5 minutes de stabilisation qsp variation de moins de 0,1 mV en 1 minute. Vérification de la pente de la droite de calibration 59 +/- 3 mV selon température ambiante*	
	Étalonnage	*Solutions titrées de cyanures traitées dans des conditions identiques, matrice KOH 0,1 N* *Gamme : 10^{-3} - 4.10^{-4} – 10^{-4} – 4.10^{-5} – 10^{-5} mol.L^{-1} CN^-*	

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Limites de quantification / détection	*Début du domaine de validité de la méthode : 0,6 mg/m^3 pour un prélèvement de 10 litres (10 minutes)*	*Sensibilité ajustable par modification du temps/volume de prélèvement.*
	Incertitudes élargies	*< 20 % (k = 2)*	*Pour 10 µg de cyanures collectés en tenant compte de l'incertitude du volume prélevé*

DONNEES DE VALIDATION		
Paramètres	**Données générales**	**Détails particuliers**
Données de validation expérimentale du débit d'échantillonnage	*Débit de la pompe vérifié via un débitmètre avant et après le prélèvement*	
Capacité / Volume de claquage	*NR*	*Recommandé < 40 L*
Taux de récupération	*NR*	
Influence des conditions environnementales sur le prélèvement	*Température, Pression, et débit de la pompe à consigner*	
Conditions de transport	*Aussi rapidement que possible*	

Conditions de conservation et de stockage avant analyse	*Jusqu'à 1 semaine à une température comprise entre 5 et 25°C (pertes < 10 %)*	
Interférences possibles sur le prélèvement et sur l'analyse	*Interférence propres à la potentiométrie (anions), sulfures car poison de l'électrode + cations de transition car complexes possibles avec les cyanures* *En cas de présence de sels de cyanure sur le filtre situé en amont, hydrolyse possible pour donner HCN.*	
Linéarité de réponse du détecteur (instrument d'analyse)	*NR*	
Domaine de validation	*0,6 à 70 mg/m^3*	*Extension possible du domaine de linéarité par augmentation du temps de prélèvement*
Coefficient de désorption / Efficacité de désorption	*NA*	

16.2 Méthodes à lecture directe

16.2.1 Méthode n°5: Capteurs électrochimiques

Le descriptif de la méthode est basé sur des données commerciales "constructeur" ; les performances métrologiques annoncées restent indicatives.

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
Gaz/ Particules en suspension **Gaz et particules en suspension**		*Fraction gazeuse*	
Mesure directe			
Détection*s*		*NA*	
Mesure en continu		*Oui sur appareil acceptant les capteurs électrochimiques*	
Mesure indirecte			
Prélèvement	**Actif sans enrichissement**	*NA*	
	Actif avec enrichissement	*NA*	
	Débit	*NA*	
	Volume	*NA*	
	Durée	*NA*	
Analyse	**Préparation échantillon**	*NA*	

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Technique d'analyse	*Capteur électrochimique à 3 électrodes (référence, travail auxiliaire)*	
	Paramètres analytiques	*NA*	
	Étalonnage	*NA*	
	Limites de quantification / détection	*Limite de détection 0,5 ppm* *Résolution d'affichage jusqu'à 0,1 ppm*	
	Incertitudes élargies	*Précision +/- 0,5 ppm ou 5 % de la lecture* *Dérive dans le temps +/- 1 ppm ou 5 % de la lecture* *Influence de la température +/- 1 ppm ou 5 % de la lecture*	

DONNEES DE VALIDATION		
Paramètres	**Données générales**	**Détails particuliers**
Données de validation expérimentale du débit d'échantillonnage	*NA*	
Capacité / Volume de claquage	*NA*	
Taux de récupération	*NA*	

Influence des conditions environnementales sur le prélèvement	*Température, Pression et humidité*	
Conditions de transport	*NA*	
Conditions de conservation et de stockage avant analyse	*NA*	
Interférences possibles sur le prélèvement et sur l'analyse	*Principaux gaz interférents à des niveaux de concentration de l'ordre de la ppm : Chlore (-), formaldéhyde (+), hydrogène sulfuré (+), monoxyde d'azote (+), dioxyde d'azote (-), phosphine (+), dioxyde de soufre (+)*	
Linéarité de réponse du détecteur (instrument d'analyse)	*0,5 à 50 ppm*	
Domaine de validation	*NA*	
Coefficient de désorption / Efficacité de désorption	*NA*	

16.2.2 Méthode n°6: Tubes colorimétriques

Le descriptif de la méthode est basé sur des données commerciales "constructeur" ; les performances métrologiques annoncées restent indicatives. .

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
Gaz/ Particules en suspension **Gaz et particules en suspension**		*Fraction gazeuse*	
Mesure directe			
Détections		*Oui, jusqu'à 10 mesures possibles sur microplaques*	
Mesure en continu		*NA*	
Mesure indirecte			
Prélèvement	**Actif sans enrichissement**	*Pompe calibrée*	
	Actif avec enrichissement	*NA*	
	Débit	*NA*	
	Volume	*5 * 100 mL pour les tubes*	
	Durée	*NA*	
Analyse	**Préparation échantillon**	*NA*	

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Technique d'analyse	*Colorimétrie par variation de pH après réaction de HCN avec $HgCl_2$ libérant HCl*	
	Paramètres analytiques	*NA*	
	Étalonnage	*NA*	
	Limites de quantification / détection	*Limite de détection/quantification 2 ppm*	
	Incertitudes élargies	+/- 30 % (k=2)	

DONNEES DE VALIDATION		
Paramètres	**Données générales**	**Détails particuliers**
Données de validation expérimentale du débit d'échantillonnage	*NA*	
Capacité / Volume de claquage	*NA*	
Taux de récupération	*NA*	
Influence des conditions environnementales sur le prélèvement	*Température, Pression et humidité (jusqu'à 60 % HR)*	

Conditions de transport	*NA*	
Conditions de conservation et de stockage avant analyse	*NA*	
Interférences possibles sur le prélèvement et sur l'analyse	*Phosphine quasi-exclusivement à des teneurs de l'ordre de la ppm*	
Linéarité de réponse du détecteur (instrument d'analyse)	*2 à 150 ppm (tubes) ou 50 ppm (microplaques)*	
Domaine de validation	*NA*	
Coefficient de désorption / Efficacité de désorption	*NA*	

16.2.3 **Méthode n°7: Colorimétrie sur bande de papier défilante**

Le descriptif de la méthode est basé sur des données commerciales "constructeur" ; les performances métrologiques annoncées restent indicatives.

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
Gaz/ Particules en suspension **Gaz et particules en suspension**		*Fraction gazeuse*	
Mesure directe			
Détection*s*		*NA*	
Mesure en continu		*Jusqu'à 1 mesure toutes les 15 minutes*	
Mesure indirecte			
Prélèvement	**Actif sans enrichissement**	*Pompe calibrée*	
	Actif avec enrichissement	*NA*	
	Débit	*NA*	
	Volume	*NR*	
	Durée	*NA*	
Analyse	**Préparation échantillon**	*NA*	

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Technique d'analyse	*Colorimétrie sur bande papier lue par instrument*	
	Paramètres analytiques	*NA*	
	Étalonnage	*NA*	
	Limites de quantification / détection	*Limite de détection/quantification 0,5 ppm*	
	Incertitudes élargies	*NR*	

DONNEES DE VALIDATION		
Paramètres	**Données générales**	**Détails particuliers**
Données de validation expérimentale du débit d'échantillonnage	*NA*	
Capacité / Volume de claquage	*NA*	
Taux de récupération	*NA*	
Influence des conditions environnementales sur le prélèvement	*Température, pression et humidité*	

Conditions de transport	*NA*	
Conditions de conservation et de stockage avant analyse	*NA*	
Interférences possibles sur le prélèvement et sur l'analyse	*NR*	
Linéarité de réponse du détecteur (instrument d'analyse)	*0,5 à 50 ppm*	
Domaine de validation	*NA*	
Coefficient de désorption / Efficacité de désorption	*NA*	

16.2.4 **Méthode n°8: Diode ajustable laser + cavité résonnante**

Le descriptif de la méthode est basé sur des données commerciales "constructeur" ; les performances métrologiques annoncées restent indicatives.

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
Gaz/ Particules en suspension **Gaz et particules en suspension**		*Fraction gazeuse*	
Mesure directe			
Détections		*NA*	
Mesure en continu		*Oui, jusqu'à 1 mesure par seconde*	
Mesure indirecte			
Prélèvement	**Actif sans enrichissement**	*Pompe*	
	Actif avec enrichissement	*NA*	
	Débit	*NR*	
	Volume	*NA*	
	Durée	*NA*	
Analyse	**Préparation échantillon**	*NA*	

DESCRIPTION			
Paramètres		**Données générales**	**Détails particuliers**
	Technique d'analyse	*Absorption d'un faisceau laser ajusté sur l'une des bandes fines d'absorption de HCN gazeux (1548,7 nm)*	
	Paramètres analytiques	NA	
	Étalonnage	*NA*	
	Limites de quantification / détection	*Limite de détection 0,1 ppb*	
	Incertitudes élargies	*Justesse < 2 % de la lecture. Linéarité meilleure que 1 %*	

DONNEES DE VALIDATION		
Paramètres	**Données générales**	**Détails particuliers**
Données de validation expérimentale du débit d'échantillonnage	*NA*	
Capacité / Volume de claquage	*NA*	
Taux de récupération	*NA*	
Influence des conditions environnementales sur le prélèvement	*Température, Pression et humidité*	

Conditions de transport	*NA*	
Conditions de conservation et de stockage avant analyse	*NA*	
Interférences possibles sur le prélèvement et sur l'analyse	*Quasi absentes en raison de la sélectivité de la longueur d'onde retenue*	
Linéarité de réponse du détecteur (instrument d'analyse)	*Domaine de linéarité non mentionné*	
Domaine de validation	*NA*	
Coefficient de désorption / Efficacité de désorption	*NA*	

17 Annexe 5 - Lettre de saisine

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTERE DE LA SANTE ET DES SPORTS

Direction générale de la santé
Sous direction de la prévention des risques liés à l'environnement et à l'alimentation
Bureau de l'environnement extérieur et produits chimiques
DGS/SDEA1 - N° 110
Personne chargée du dossier :
Michel ROUGE
Tél. : 01 40 56 42 54
Mél :michel.rouge@sante.gouv.fr

Direction de la prévention des pollutions et des risques
Service de la prévention des nuisances et de la qualité de l'environnement
Département des produits chimiques, pollutions diffuses et agriculture
Bureau des substances et préparations chimiques
Personne chargée du dossier :
Antoine SCHWOERER
Tél : 01 40 81 97 82
Mél : antoine.schwoerer@developpement-durable.gouv.fr

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DE L'ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA MER, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat.

Paris, le 15 avril 2010

COURRIER REÇU LE
23 AVR. 2010
1529

Le Directeur général de la santé

Le Directeur général de la prévention des risques

à

Monsieur le directeur général de l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
253 avenue Général Leclerc
94701 MAISONS-ALFORT CEDEX

Objet : Fumigation des aéronefs.

Le ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer vous a adressé, pour avis, un projet d'arrêté relatif aux conditions générales d'emploi des fumigants à base d'acide cyanhydrique comme produits biocides mentionnés à l'article L. 522-1 du code de l'environnement. Ce texte vise à encadrer de façon stricte les opérations de fumigation à bord des aéronefs aux fins de destruction des rongeurs en vue de la protection des câbles électriques des fonctions de sécurité de l'aéronef. L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) a rendu son avis le 2 novembre 2009.

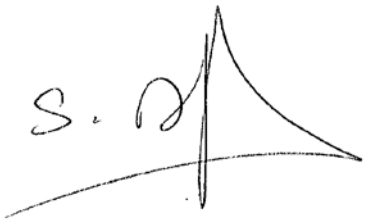
Bien que ce projet d'arrêté ne le mentionne pas expressément, les dispositions de son article 10 encadrent l'accès à l'aéronef par les professionnels, mais également par le grand public (entrée des passagers après la fumigation de l'aéronef). En conséquence, il nous semble nécessaire de fixer une valeur limite en acide cyanhydrique pour le grand public, prenant notamment en compte la présence de personnes sensibles telles que les enfants.

Dans ce cadre, nous souhaiterions que l'AFSSET puisse déterminer les valeurs toxicologiques de référence de l'acide cyanhydrique à prendre en compte pour la protection du grand public dans le cadre d'une dératisation par fumigation des aéronefs.

Nous vous serions reconnaissants de bien vouloir tout mettre en œuvre afin de nous adresser votre avis avant le 30 juin 2010.

Nos services restent à votre disposition pour apporter toute précision qui s'avèrerait nécessaire.

Le Directeur général de la santé



Didier HOUSSIN

Le Directeur général de la prévention des risques

Laurent MICHEL

18 Annexe 6 - Synthèse des déclarations publiques d'intérêts des experts en rapport avec le champ de la saisine

RAPPEL DES RUBRIQUES DE LA DECLARATION PUBLIQUE D'INTERETS

IF *Intérêts financiers dans le capital d'une entreprise*

LD *Liens durables ou permanents (Contrat de travail, rémunération régulière …)*

IP *Interventions ponctuelles (travaux scientifiques, rapports d'expertise, activités de conseil, conférences, colloques, actions de formation …)*

VB *Activités donnant lieu à un versement au budget d'une structure dont l'expert est responsable ou dans laquelle il exerce une responsabilité scientifique (correspond à la rubrique 3 de la DPI)*

SR *Autres liens sans rémunération (Parents salariés dans des personnes morales visées par la loi – voir paragraphe de la notice de la DPI ; autres intérêts considérés comme préjudiciables à l'impartialité de l'expert)*

SYNTHESE DES LIENS D'INTERET DES MEMBRES DU GT EN RAPPORT AVEC LE CHAMP DE LA SAISINE

NOM **ANALYSE ANSES :**	**PRENOM** ***RUBRIQUES DE LA DPI*** **DESCRIPTION DE L'INTERET** **EN CAS DE LIEN DECLARE**	**DATES DE DECLARATION ET D'ACTUALISATION DES INTERETS**
AUBIER **ANALYSE ANSES :**	**MICHEL** AUCUN LIEN DEMISSION LE 18/11/2010	**09/09/2009**
BELHADJ-TAHAR **ANALYSE ANSES :**	**HAFID** AUCUN LIEN	**17/09/2009** **15/04/2011**
BLANCHARD **ANALYSE ANSES :**	**MYRIAM** AUCUN LIEN	**15/06/2009** **15/03/2011**
BONVALLOT **ANALYSE ANSES :**	**NATHALIE** AUCUN LIEN	**19/08/2010** **25/01/2011**
CABANES **ANALYSE ANSES :**	**PIERRE-ANDRE** AUCUN LIEN	**23/06/2009** **16/03/2011**
CAILLAUD **ANALYSE ANSES :**	**DENIS** AUCUN LIEN	**28/08/2009** **30/03/2011** **12/05/2011**
ENRIQUEZ **ANALYSE ANSES :**	**BRIGITTE** AUCUN LIEN	**25/06/2009** **01/02/2010** **02/03/2010** **02/02/2011**

GOUPIL **ANALYSE ANSES :**	**GHISLAINE** AUCUN LIEN	**22/09/2009** **14/03/2011**
GRIMALDI **ANALYSE ANSES :**	**FREDERIQUE** AUCUN LIEN	**14/09/2009** **07/03/2011**
GUILLOSSOU **ANALYSE ANSES :**	**GAËLLE** AUCUN LIEN	**02/06/2009** **04/01/2010** **01/04/2011**
LARBRE **ANALYSE ANSES :**	**JULIETTE** AUCUN LIEN	**10/06/2009** **05/04/2011**
LECLERC **ANALYSE ANSES :**	**NATHALIE** AUCUN LIEN	**25/06/2009** **01/04/2011**
MANDIN **ANALYSE ANSES :**	**CORINNE** AUCUN LIEN	**15/06/2009** **11/03/2010** **08/03/2011**
MARCHAND **ANALYSE ANSES :**	**CAROLINE** AUCUN LIEN	**26/08/2010** **11/04/2011**
MILLET **ANALYSE ANSES :**	**MAURICE** AUCUN LIEN	**07/09/2009** **05/01/2010** **15/03/2011** **09/09/2011**
MOSQUERON **ANALYSE ANSES :**	**LUC** AUCUN LIEN	**22/06/2009** **13/04/2011**
SCHADKOWSKI **ANALYSE ANSES :**	**CORINNE** AUCUN LIEN	**17/09/2009** **23/03/2011**
TUDURI **ANALYSE ANSES :**	**LUDOVIC** AUCUN LIEN	**05/09/2009** **01/04/2011**

SYNTHESE DES LIENS D'INTERET DES MEMBRES DU CES EN RAPPORT AVEC LE CHAMP DE LA SAISINE

NOM **Analyse Anses :**	**Prénom** ***Rubriques de la DPI*** Description de l'intérêt en cas de lien déclaré	**Dates de déclaration et d'actualisation des intérêts**
BAEZA **Analyse Anses :**	**Armelle** Aucun lien	23/02/2010 04/02/2011
BLANCHARD **Analyse Anses :**	**Olivier** Aucun lien	22/02/2010 28/01/2011
BOUDET-DEVIDAL	**Céline**	26/02/2010

Analyse Anses :	Aucun lien	09/02/2011
BROCHARD **Analyse Anses :**	**Patrick** Aucun lien	25/02/2010 17/02/2011
BUGAJNY **Analyse Anses :**	**Christine** Aucun lien	19/02/2009 04/02/2011 11/03/2011
CHARPIN **Analyse Anses :**	**Denis** Aucun lien	09/02/2010 14/02/2011
DECLERCQ **Analyse Anses :**	**Christophe** Aucun lien	24/02/2010 03/03/2011
GARCON **Analyse Anses :**	**Guillaume** Aucun lien	25/02/2010 26/01/2011
GIROUX **Analyse Anses :**	**Michel** Aucun lien	25/02/2010 10/09/2010 04/02/2011
GLORENNEC **Analyse Anses :**	**Philippe** Aucun lien	16/02/2010 26/01/2011
HERRERA **Analyse Anses :**	**Horacio** Aucun lien	03/02/2010 04/02/2011
KIRCHNER **Analyse Anses :**	**Séverine** Aucun lien	13/01/2010 03/02/2011
LANGLOIS **Analyse Anses :**	**Eddy** Aucun lien	02/03/2010 04/02/2011
LAVOIE **Analyse Anses :**	**Jacques** Aucun lien Démission le 17 décembre 2010	17/02/2010
PAILLAT **Analyse Anses :**	**Loïc** Aucun lien	27/02/2010 15/09/2010 04/02/2011
PARIS **Analyse Anses :**	**Christophe** Aucun lien	23/02/2010 03/03/2011
SEIGNEUR **Analyse Anses :**	**Christian** Aucun lien	22/02/2010 03/02/2011
SQUINAZI **Analyse Anses :**	**Fabien** Aucun lien	27/01/2010 18/02/2011

Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
27-31 avenue du général Leclerc
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr

ISBN 978-2-11-129275-8 – Dépôt légal : octobre 2011 – © Anses Éditions : octobre 2011 – Date de publication : octobre 2011

Couverture : Parimage – Crédit photo : © Getty Images