

# Risques sanitaires liés aux composés organiques volatils dans l'air intérieur

Risques sanitaires liés aux émissions de composés organiques volatils par les produits de construction et d'aménagement intérieur

Procédure de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de composés organiques volatils et de formaldéhyde et de critères sanitaires

*Contribution à l'action 15 du Plan national santé environnement*

- **Avis de l'Afsset**
- **Rapport du groupe d'experts**

En partenariat avec  
le Centre scientifique et technique du bâtiment

**CSTB**  
*le futur en construction*

))) afsset • )))

agence française de sécurité sanitaire  
de l'environnement et du travail

Octobre 2006



## Avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

**relatif à une procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) et le formaldéhyde émis par les produits de construction**

Saisine Afsset n° 2004/011

L'AFSSET a été saisie le 28 avril 2004, par les ministères chargés de la santé et de l'environnement, d'une demande relative à une procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction.

Les ministères chargés de la santé et de l'environnement demandaient en particulier à l'Agence, en prenant en compte les études réalisées en France et en Europe concernant les émissions de COV par les produits de construction, de :

- Se prononcer sur la pertinence scientifique et les conditions de faisabilité de la procédure d'évaluation des risques liés aux émissions de COV décrite en annexe II de l'avis du CSHPF du 5 mars 2002, en indiquant les modifications éventuelles nécessaires ;
- Proposer un système de classification basé sur l'évaluation des risques liés aux émissions de COV ;
- Valider la procédure proposée en l'appliquant pour trois à quatre produits ou matériaux à évaluer en priorité ;
- Etudier la possibilité d'extension de cette procédure à d'autres sources de COV présentes dans les espaces clos (par ex. équipements de ventilation-climatisation, ameublement, décoration, etc) ;
- Etudier la possibilité d'extension de cette procédure à d'autres familles de substances apportées dans l'environnement intérieur par les matériaux de construction susceptibles de concourir à une exposition des personnes également par contact et ingestion.

L'instruction de cette saisine a été confiée par l'Agence à un groupe d'experts le 18 juin 2004, par la suite rattaché au Comité d'Experts Spécialisés « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » (CES) le 10 juin 2005. Ce comité d'experts est composé d'experts *intuitu personae* nommés par arrêté interministériel.

Sur la base du rapport provisoire présenté lors de sa séance plénière du 23 juin 2006, le CES a rendu un premier avis au fond :

« Considérant l'avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) du 5 mars 2002 relatif à l'information des utilisateurs sur les émissions de composés organiques volatils (COV) par les produits de construction ;

Considérant les objectifs de l'action 15 (prioritaire) du PNSE visant à « Mettre en place un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des produits et matériaux de construction » afin, qu'à l'horizon 2010, 50% des produits de construction mis sur le marché disposent d'un étiquetage informant l'utilisateur de leurs caractéristiques environnementales et sanitaires ;

Considérant la saisine transmise à l'AFSSE, devenue AFSSET par ordonnance en date du 1<sup>er</sup> septembre 2005, par les ministères chargés de la santé et de l'environnement en date du 28 avril 2004 faisant suite à l'avis du CSHPF du 5 mars 2002 ;

Considérant d'une part la mise en place d'un groupe de travail « COV et produits de construction » le 18 juin 2004, et d'autre part le rattachement de ce groupe de travail au Comité d'Experts Spécialisés (CES) « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » de l'AFSSET le 10 juin 2005 :

Considérant les travaux et le rapport présentés par le groupe de travail « COV et produits de construction » au CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens », lors de ses séances plénières des 10 juin, 16 décembre 2005, 17 mars et 23 juin 2006 ;

Et sur le fond :

Considérant que la définition des COV adoptée par le groupe de travail est conforme à la définition proposée par la norme NF ISO 16000-6 (AFNOR 2005) relative au point d'ébullition de composés organiques ;

Considérant la prise en compte de la seule voie d'exposition par inhalation relative au risque lié aux émissions de substances chimiques :

Considérant que les travaux du groupe ont visé, non pas à l'élaboration d'une procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les COV et le formaldéhyde émis par les produits de construction, mais à l'élaboration d'une procédure de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires :

Considérant que les méthodes de prélèvement et de mesure proposées dans le protocole s'appuient sur l'état de l'art disponible pour la caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par les produits de construction ;

Considérant que la liste des substances chimiques à mesurer a été établie à partir des listes de COV émis par les produits de construction solides, proposées par l'European Collaborative Action (ECA, 1997) et l'Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB, 2005) ;

Considérant que le protocole implique que chaque matériau soit qualifié individuellement comme seul contributeur aux concentrations relevées à l'intérieur d'une pièce de référence et le renforcement de ce protocole par la prise en compte :

- de CLI (concentrations limites d'intérêt) élaborées à partir de valeurs de référence (VG<sup>1</sup>, VTR<sup>2</sup> et VLEP<sup>3</sup>) nationales et internationales disponibles, selon un arbre décisionnel précisé dans le protocole annexé,
- du risque lié à l'exposition simultanée à plusieurs composés cancérogènes de catégorie 1 et 2,
- du risque lié à l'exposition simultanée à de multiples polluants ;

Considérant la spécificité accordée par les experts du groupe de travail au formaldéhyde quant à la détermination d'une CLI en cohérence avec les derniers travaux disponibles, à la réévaluation potentielle par l'Union Européenne de la classification de cette substance chimique comme cancérogène de catégorie 1, et à la disparité des valeurs de référence sanitaires aujourd'hui disponibles ;

Considérant les résultats des essais réalisés sur plusieurs produits de construction attestant de la faisabilité du protocole d'évaluation, de la variabilité constatée entre les différents produits testés, et du potentiel avéré de discrimination par le protocole des émissions de ces produits au regard de critères ayant une portée sanitaire ;

Considérant le caractère évolutif des référentiels toxicologiques des substances chimiques prises en compte dans le cadre de la présente procédure ;

Le CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » recommande :

- la mise en œuvre du protocole AFSSET (2006) présenté en Annexe I pour la qualification des seuls produits de construction solides ;
- la mise à jour régulière, si possible annuelle, de la version du protocole en fonction de l'évolution des connaissances ;
- la mise en place d'une mention du type « Emissions de COV et de formaldéhyde conformes aux recommandations du protocole AFSSET » pour les produits ayant satisfait aux critères du protocole proposé, et dont la version sera identifiée ;
- la poursuite des travaux visant à étendre ce type de procédure à l'évaluation des produits de construction liquides (vernis, peintures, etc.) ainsi que les éléments de mobilier (meubles, équipements, décoration, etc.) potentiellement émetteurs de COV et de formaldéhyde à l'intérieur des espaces clos ;
- l'étude de la possibilité d'extension d'une telle procédure à d'autres familles de substances apportées dans l'environnement intérieur par les matériaux de construction susceptibles de concourir à une exposition des personnes également par contact et ingestion. »

<sup>1</sup> VG : valeur guide

<sup>2</sup> VTR : valeur toxicologique de référence

<sup>3</sup> VLEP : valeur limite d'exposition professionnelle

En marge de l'Avis du CES, des compléments d'information ont été demandés par les experts du CES afin d'expliciter certains choix formels portés par le groupe d'experts.

Suite à la prise en compte de cette demande, le CES a validé officiellement le rapport final du groupe d'experts et a maintenu son Avis initial lors de la séance plénière du CES du 06 octobre 2006.

**Avis de l'Agence :**

*Avis conforme de l'AFSSET s'agissant des conclusions et des recommandations émises par son Comité d'Experts Spécialisés « Evaluation des risques liés aux milieux aériens ».*

Maisons-Alfort, le 30 octobre 2006



Dr. Michèle Froment-Védrine

Directrice générale de l'AFSSET

## ANNEXE 1 : protocole AFSSET (2006)

Le principe des essais de caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde adopté par le groupe de travail « COV et produits de construction » consiste à tester les émissions d'un produit de construction dans des conditions réalistes d'utilisation. L'essai doit ainsi permettre de calculer quelle serait la concentration d'exposition en polluants chimiques dans une pièce témoin (définie en terme de dimensions et de conditions de ventilation) à l'intérieur de laquelle ce produit aurait été mis en œuvre.

Pour cela, il est simulé dans un premier temps la génération des émissions des produits de construction dans l'air intérieur, en utilisant une chambre ou cellule d'essai d'émission, dans des conditions maîtrisées de température, d'humidité relative et de renouvellement d'air (normes prEN ISO 16000, parties 9 à 11). Les émissions sont ainsi caractérisées dans des conditions réalistes d'utilisation des produits.

Dans un second temps, le prélèvement et l'analyse des composés émis sont réalisés selon les normes NF ISO 16000 partie 6 (pour les COV) et partie 3 (pour le formaldéhyde). Ces normes décrivent les méthodes de prélèvements et de mesures de ces composés dans l'air intérieur ou en sortie d'une chambre ou cellule d'essai d'émission.

Par ailleurs, les émissions des produits de construction présentent généralement des dynamiques d'émission décroissantes avec le temps (concentrations importantes dans les premiers jours). Ainsi, les normes prEN ISO 16000-9 et prEN ISO 16000-10 précisent que les émissions des produits de construction doivent être caractérisées après 3 et 28 jours de conditionnement en chambre (ou cellule) d'essai. Selon ces normes d'essais, une durée de 28 jours est considérée comme un compromis acceptable pour la caractérisation du niveau d'émission d'un produit de construction représentatif de sa vie en œuvre.

Afin de définir un protocole permettant de qualifier les matériaux de construction sur la base d'essais menés en chambre d'émission et de critères sanitaires, les experts du groupe de travail ont choisi de s'appuyer sur les deux procédures de qualification des produits de construction jugées les plus abouties dans ce domaine : le protocole européen de l'European Collaborative Action (ECA, 1997)<sup>4</sup> et le protocole allemand de l'Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB, 2003/2005)<sup>5</sup>, directement dérivé du protocole ECA. Ainsi, il a été défini un protocole analogue en s'inspirant et en reprenant en partie les recommandations et conclusions édictées par l'ECA (1997) et l'AgBB (2003/2005).

Ce protocole repose notamment sur la vérification des concentrations des composés cancérogènes C1 et C2 mesurables par la norme NF ISO 16000-6 ainsi que sur l'examen détaillé des concentrations des COV individuels et leur comparaison, après 3 et 28 jours, à des valeurs limites d'émission appelées concentrations limites d'intérêt (CLI).

Le protocole AFSSET (2006) se décline ainsi comme suit :

<sup>4</sup> European Collaborative Action

<sup>5</sup> AgBB, Health-related evaluation procedure for volatile organic compounds emissions (VOC and SVOC) from building products (<http://www.umweltbundesamt.de/bauprodukte/agbb.htm> ).

- **MESURES ET EVALUATIONS APRES 72H +/-3H DE CONDITIONNEMENT**
- Mesure de la concentration en TVOC

Après 3 jours de conditionnement, la concentration en TVOC (Total Volatile Organic Compounds) dans la chambre d'essai d'émission est déterminée.

La norme de référence NF ISO 16000-6 définit la concentration en TVOC comme la somme des concentrations des COV prélevés sur Tenax TA, éluant entre le n-hexane et le n-hexadécane (inclus) et quantifiés avec le facteur de réponse du toluène.

La concentration d'exposition déterminée doit donc remplir la condition :

$$[\text{TVOC}] \leq 10\,000 \mu\text{g.m}^{-3}$$

- Mesure des composés cancérogènes de catégorie 1 et 2

Après 3 jours de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai d'émission, le protocole AFSSET (2006) recommande que la somme des concentrations d'exposition, des substances cancérogènes (catégories UE 1 et 2) mesurables par la norme NF ISO 16000-6, n'excède pas  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$  soit :

$$\sum [\text{COV}]_{c_1, c_2} \leq 10 \mu\text{g.m}^{-3}$$

- **MESURES ET EVALUATIONS APRES 28 JOURS +/-2J DE CONDITIONNEMENT**

- Mesure de la concentration en TVOC

Après 28 jours de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai d'émission, la mesure de la concentration d'exposition en TVOC retenue par le protocole AFSSET (2006) est déterminée de la même façon que celle calculée au troisième jour.

La concentration d'exposition déterminée doit remplir la condition :

$$[\text{TVOC}] \leq 1000 \mu\text{g.m}^{-3}$$

- Mesure des concentrations des composés cancérogènes de catégorie 1 et 2

Après 28 jours de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai d'émission, le protocole AFSSET (2006) recommande que la somme des concentrations d'exposition des substances cancérogènes (catégories UE 1 et 2) mesurables par la norme NF ISO 16000-6 n'excède pas  $1 \mu\text{g.m}^{-3}$  soit :

$$\sum [\text{COV}]_{c_1, c_2} \leq 1 \mu\text{g.m}^{-3}$$

- Mesure des concentrations des COV individuels non cancérogènes de catégorie 1 et 2

Pour les matériaux ayant satisfait les critères précédents, les COV sont identifiés individuellement et quantifiés si la moyenne des concentrations d'exposition (au moins deux mesures) dans la chambre d'essai d'émission remplit la condition pour chaque COV identifié ( $\text{COV}_i$ ) :

$$[\text{COV}]_i \geq 5 \mu\text{g.m}^{-3}$$

Les composés satisfaisant ce critère sont alors jugés comme COV d'intérêt selon l'évaluation toxicologique.

- Les concentrations d'exposition des COV d'intérêt sont alors comparées à leur CLI dont la liste est fournie en Annexe 2 du présent avis. Il est calculé pour chaque COV identifié ( $\text{COV}_i$ ) les ratios :

$$R_i = [\text{COV}]_i / \text{CLI}_i$$

Les COV d'intérêt mesurés sont dits évaluables lorsqu'une CLI leur est associée. Il est supposé ici que chaque  $\text{COV}_i$  n'a pas d'effet si le ratio  $R_i$  ne dépasse pas 1. De plus, en supposant une éventuelle additivité des effets des COV d'un point de vue sanitaire, le protocole AFSSET (2006) recommande que l'indice R, somme des  $R_i$ , ne dépasse pas la valeur de 1, soit :

$$R = \sum_i R_i = \sum_i [\text{COV}]_i / \text{CLI}_i \leq 1$$

R est l'indice de risque des COV émis et évaluables pour le matériau testé.

- Les COV d'intérêt mesurés pour lesquelles aucune CLI n'est associée, ou qui n'ont pas été identifiés avec certitude, sont considérés comme non évaluables ( $\text{COV}_{ni}$ ). Le protocole AFSSET fixe pour ces COV la condition suivante :

$$\sum_i [\text{COV}]_{ni} \leq 100 \mu\text{g.m}^{-3}$$

---

Si le produit testé remplit tous les critères du protocole AFSSET (2006), ses émissions peuvent être qualifiées de :

**« Emissions de COV et de formaldéhyde conformes aux recommandations du protocole AFSSET (2006) »**

---

La Figure 1 résume le protocole AFSSET (2006) proposé :

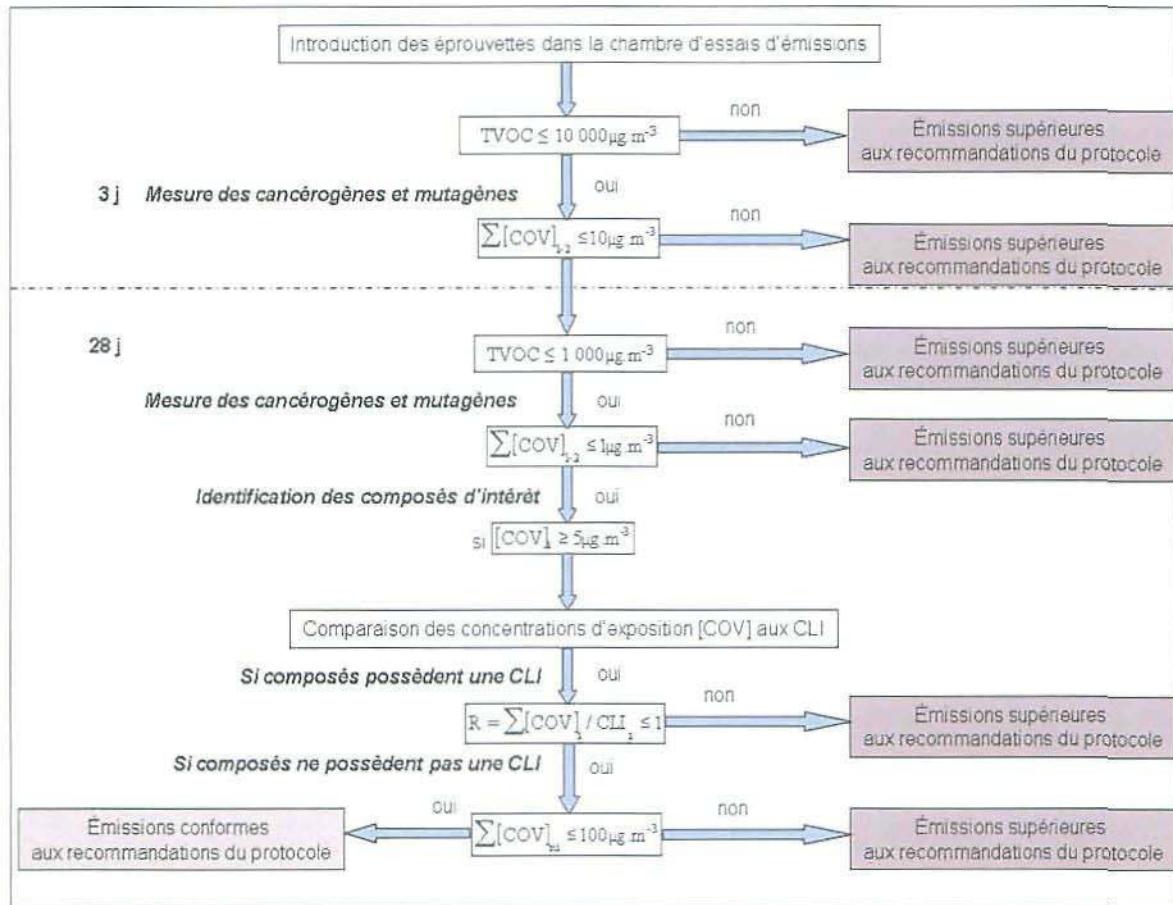


Figure 1 : Schéma de principe du protocole AFSSET (2006)

**ANNEXE 2 : CLI du protocole AFSSET (2006)**

Suite à l'examen des différentes méthodes de construction des LCI<sup>6</sup> et des NIK<sup>7</sup> respectivement proposées par l'ECA et l'AgBB, le groupe de travail « COV et produits de construction » a décidé de mettre à jour ces valeurs de référence. En effet, il a souhaité s'approprier une méthode de construction explicite en proposant des valeurs limites d'émission de COV et de formaldéhyde appelées ici « Concentrations Limites d'Intérêt » (CLI). Il a été défini par les experts du groupe de travail que l'objectif de ces CLI serait identique à celui des LCI et NIK, c'est-à-dire de :

- Garantir la limitation des émissions de certains polluants dans l'air intérieur
- Permettre l'évaluation de produits de construction sur une base sanitaire en comparant les niveaux des émissions de certaines substances chimiques

Ainsi, la méthode élaborée par le groupe de travail pour définir ces CLI est basée sur l'arbre décisionnel suivant, présenté par ordre décroissant de choix :

(1) Valeurs guides de qualité d'air (milieu et population générale) :

- i. Valeurs guides françaises (en cours d'élaboration à l'AFSSET)
- ii. « Exposure Limit » long terme recommandées par la Commission Européenne (projet INDEX, 2005) : Si la valeur proposée n'est pas construite selon des critères essentiellement sanitaires, alors elle n'est pas retenue.
- iii. Valeurs guides OMS (Air Quality Guidelines for Europe, 2000) : Si plusieurs AQG, alors la valeur définie sur le pas de temps le plus long est retenue. Si la valeur proposée n'est pas construite selon des critères essentiellement sanitaires, alors elle n'est pas retenue.

(2) Valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour une exposition chronique par voie respiratoire (milieu et population générale).

Si plusieurs VTR existent dans les bases IRIS, ATSDR, OEHHA et Health Canada, alors la plus faible est retenue.

(3) Valeurs Limites d'Exposition Professionnelles (VLEP)<sup>8</sup>

- i. VME européennes sur 8 h (Directives 2006/15/CE, 2000/39/CE et 91/322/CE), VME françaises (INRS, février 2005), Allemagne (TRGS 900, octobre 2000 (MAJ décembre 2004)). VME américaines (ACGIH, 2005). Si plusieurs VME sont disponibles, alors la plus faible est retenue.
- ii. VME autres pays européens. Si plusieurs VME sont disponibles, alors la plus faible est retenue.

<sup>6</sup> Lowest Concentration of Interest

<sup>7</sup> Niedrigste Interessierende Konzentrationen (équivalent en allemand de LCI)

<sup>8</sup> Lorsqu'une VLEP est utilisée en tant que CLI, celle-ci est préalablement corrigée de facteurs dits « de sécurité » afin de tenir compte du contexte d'application particulier de ces valeurs (transposition milieu professionnel/population générale) et d'un éventuel classement européen de la substance concernée en tant que CMR (pour plus de détails, consulter le rapport AFSSET « Procédure de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de COV (et de formaldéhyde) et de critères sanitaires»)

(4) Analogie avec CLI d'une autre substance de composition chimique voisine (voir protocoles ECA ou AgBB).

L'application de cet arbre décisionnel a permis d'élaborer le tableau de CLI AFSSET (2006) suivant :

### CLI AFSSET (2006)

N° CLI	Substance chimique	N° CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
<b>1. Hydrocarbures Aromatique Monocyclique</b>							
1-1	Toluène	108-88-3	VG INDEX 2005	300		1	300
1-2	Ethylbenzène	100-41-4	VTR IRIS US EPA	1 000		1	1 000
1-3	Xylènes (o-, m- and p-isomères)	1330-20-7	VG INDEX 2005 - CLI la plus faible des alkylbenzénés saturés	200		1	200
1-4	p-Xylène	95-47-6	CLI identique à celle du mélange d'isomères	200		1	200
1-5	m-Xylène	108-38-3	CLI identique à celle du mélange d'isomères	200		1	200
1-6	o-Xylène	106-42-3	CLI identique à celle du mélange d'isomères	200		1	200
1-7	Isopropyl benzène (cumène)	98-82-8	VTR IRIS US EPA	400		1	400
1-8	n-Propyl benzène	103-65-1	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzénés saturés	200		1	200
1-9	1-propenyl benzène ( $\beta$ -methyl styrène)	637-50-3	VME France du (a-methylstyrène 98-83-9) (analogie AgBB)	246 000		100	2 500
1-10	1,3,5-Triméthylbenzène	108-67-8	VME France	100 000		100	1 000
1-11	1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	VME France	100 000		100	1 000
1-12	1,2,3-Triméthylbenzène	526-73-8	VME France	100 000		100	1 000
1-13	2-Ethyltoluène	611-14-3	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzénés saturés	200		1	200

N° CLI	Substance chimique	N°CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
1-14	o-Cymène	527-84-4	OEL Danemark	135 000		100	1 300
1-15	m-Cymène	535-77-3	OEL Danemark	135 000		100	1 300
1-16	p-Cymène	99-87-6	OEL Danemark	135 000		100	1 300
1-17	1,2,4,5-Tétraméthylbenzène	95-93-2	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	200
1-18	n-Butyl benzène	104-51-8	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	200
1-19	1,3-Diisopropylbenzène	99-62-7	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	200
1-20	1,4-Diisopropylbenzène	100-18-5	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	200
1-21	Phenyl octane et isomères	2189-60-8	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	200
1-22	1-Phenyl decane et isomères	104-72-3	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	200
1-23	1-Phenyl undecane et isomères	6742-54-7	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	200
1-24	4-Phenyl cyclohexène (4-PCH)	31017-40-0 4994-16-5	VG INDEX 2005 du styrène	250		1	250
1-25	Styrène	100-42-5	VG INDEX 2005	250		1	250
1-26	Phenyl acrylique	536-74-3	VG INDEX 2005 du styrène	250		1	250
1-27	2-Phenyl propène (α-Methylstyrène)	98-83-9	VME France	246 000		100	2 500
1-28	Vinyl toluène (mélange d'isomères o-, m- and p-Methylstyrène)	25013-15-4	VME France	240 000		100	2 400
1-28 ter	o-Methylstyrène	611-15-4	VME France	240 000		100	2 400
1-28 ter	m-Methylstyrène	100-80-1	VME France	240 000		100	2 400
1-28 ter	p-Methylstyrène	622-97-9	VME France	240 000		100	2 400

N° CLI	Substance chimique	N°CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
1-29	Autres alkylbenzènes		non retenu par le GT				
1-30	Naphtalène	91-20-3	VG INDEX 2005	10	C3	1	10
1-31	Indène	95-13-6	VME France	45 000		100	450
1-32*	1-Méthyl-2-propylbenzène	1074-17-5	LCI ECA	1 000		1	1 000
1-33*	1-Méthyl-3-propylbenzène	1074-43-7	LCI ECA	1 000		1	1 000
1-34*	2-Phenyl octane	777-22-0	LCI ECA	1 000		1	1 000
1-35*	5-Phenyl undecane	4537-15-9	LCI ECA	1 000		1	1 000
1-36*	5-Phenyl decane	4537-11-5	LCI ECA	1 000		1	1 000

## 2. Hydrocarbure Aliphatique (n-, iso-, cyclo-)

2-1	3-Methyl pentane	96-14-0	VVOC				
2-2	n-Hexane	110-54-3	VTR IRIS US EPA	700	R3	1	700
2-3	Cyclohexane	110-82-7	VTR IRIS US EPA	6 000		1	6 000
2-4	Méthylcyclohexane	108-87-2	VME France	1 600 000		100	16 000
2-5	1,4-Diméthylcyclohexane	70688-47-0	VME France du méthylcyclohexane (108-87-2) (analogie AgBB)	1 600 000		100	16 000
2-6	1-Méthyl-4-méthyléthylcyclohexane cis	6069-98-3	VME France du méthylcyclohexane (108-87-2) (analogie AgBB)	1 600 000		100	16 000
2-6 bis	1-Méthyl-4-méthyléthylcyclohexane trans	1678-82-5	VME France du méthylcyclohexane (108-87-2) (analogie AgBB)	1 600 000		100	16 000
2-7*	2-Méthylbutane	78-78-4	VVOC				
2-8*	n-Pentane	109-66-0	VVOC				
2-9*	2-Méthylhexane	591-76-4	LCI ECA	8 000		1	8 000
2-10*	3-Méthylhexane	589-34-4	LCI ECA	8 000		1	8 000

N° CLI	Substance chimique	N° CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
2-11*	n-Heptane	142-82-5	VME France	2 085 000		100	20 800
2-12*	n-Octane	111-65-9	VME France	1 450 000		100	14 500
2-13*	Hydrocarbures en C9		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-14*	2-Méthyloctane	3221-61-2	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-15*	3-Méthyloctane	2216-33-3	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-16*	n-Nonane	111-84-2	VME France	1 050 000		100	10 500
2-17*	Hydrocarbures en C10		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-18*	3,5-Diméthyloctane	15869-93-9	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-19*	2-Méthynonane	871-83-0	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-20*	n-Décane	124-18-5	OEL Danemark	250 000		100	2 500
2-21*	Hydrocarbures en C-11		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-22*	2,4,6-Triméthyloctane	62016-37-9	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-23*	4-Methyldécane	2847-72-5	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-24*	n-Undécane	1120-21-4	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-25*	Hydrocarbures en C-12		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-26*	Isododécane	112-40-3	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-27*	2,2,4,6,6-Pentamethylheptane	30856-18-6	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-28*	n-Dodecane	112-40-3	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-29*	Hydrocarbures en C-13		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-30*	4,5-Diéthylnonane		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800

N° CLI	Substance chimique	N°CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
2-31*	n-Tridécane	629-50-5	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-32*	n-Tetradécane	64036-86-3	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-33*	n-Pentadécane	629-62-9	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-34*	Hydrocarbures en C-16		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800
2-35*	n-Hexadécane	544-76-3	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	20 800

## 3. Terpènes

3-1	3-Carene	13486-78-9	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005)	450		1	450
3-2	$\alpha$ -Pinène	80-56-8	VG INDEX 2005	450		1	450
3-3	$\beta$ -Pinène	127-91-3	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005)	450		1	450
3-4	Limonène	138-86-3	VG INDEX 2005	450		1	450
3-5	Autres terpènes		analogie NIK AgBB non retenue par le GT				
3-6*	Camphène	79-92-5	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005)	450		1	450
3-7*	Longifolène	475-20-7	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005) non retenue par le GT (famille des sesquiterpènes)				
3-8*	Caryophyllène-trans	13877-93-5	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005) non retenue par le GT (famille des sesquiterpènes)				
3-9*	$\alpha$ -Cédrene	469-61-4	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005) non retenue par le GT (famille des sesquiterpènes)				
3-10*	Turpentine	9005-50-6	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005) non retenue par le GT (famille des sesquiterpènes)				

## 4. Alcools

4-1	Ethanol	64-17-5	VVOC				
-----	---------	---------	------	--	--	--	--

N° CLI	Substance chimique	N°CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
4-2	1-Propanol	71-23-8	VVOC				
4-3	2-Propanol	67-63-0	VVOC				
4-4	2-Méthyl-2-propanol (Tert-Butanol)	75-65-0	MAK Allemagne	62 000		100	620
4-5	2-Méthyl-1-propanol	78-83-1	VME France	150 000		100	1 500
4-6	1-Butanol	71-36-3	VME France	150 000		100	1 500
4-7	1-Pentanol	71-41-0	MAK Allemagne	360 000		100	3 600
4-8	1-Hexanol	111-27-3	VME France du 1-butanol (71-36-3) (analogie AgBB)	150 000		100	1 500
4-9	Cyclohexanol	108-93-0	VME France	200 000		100	2 000
4-10	2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	MAK Allemagne	270 000		100	2 700
4-11	1-Octanol	111-87-5	TWA WEEL (AIHA)	270 000		100	2 700
4-12	4-Hydroxy-4-méthyl-pentane-2-one	123-42-2	VME France	240 000		100	2 400
4-13	Autres alcools de C4 à C10		analogie NIK AgBB non retenue par le GT				

**5. Alcools aromatiques**

5-1	Phénol	108-95-2	VTR OEHHA	200	M3	1	200
5-2	2,6-di-tert-butyl-4-méthyl phénol (BHT)	128-37-0	VME France	10 000		100	100
5-3	Alcool benzylique	100-51-6	TWA WEEL (AIHA)	44 000		100	440

**6. Glycols, éthers de glycol, esters de glycol**

6-1	Propylène glycol	57-55-6	TWA WEEL (AIHA)	10 000		100	100
6-2	Ethylène glycol	107-21-1	VTR OEHHA	400		1	400
6-3	Ethylène glycol monobutyl éther	111-76-2	VTR ATSDR	982		1	982

N° CLI	Substance chimique	N° CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
6-4	Diéthylène glycol	111-46-6	MAK Allemagne	44 000		100	440
6-5	Diéthylène glycol monobutyl éther	112-34-5	OEL Européenne	67 500		100	670
6-6	2-Phenoxyéthanol	122-99-6	MAK Allemagne	110 000		100	1 100
6-7	Ethylène carbonate	96-49-1	VTR OEHHA de l'éthylène glycol (107-21-1) (analogie AgBB)	400		1	400
6-8	Propylène glycol monométhyl éther (1-Méthoxy-2-propanol)	107-98-2	VTR IRIS US EPA	2 000		1	2 000
6-9	2,2,4-Triméthyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (Texanol)	25265-77-4	LCI ECA	1 000		1	1 000
6-10	Butyl glycolate	7397-62-8	OEL Danemark	135 000		100	1 300
6-11	Diéthylène glycol monométhyl éther acétate	124-17-4	OEL Suède	130 000		100	1 300
6-12	Dipropylène glycol monométhyl éther	34590-94-8	OEL Européenne	310 000		100	3 100
6-13	Ethylène glycol monométhyl éther (2-methoxyéthanol)	109-86-4	VTR IRIS US EPA	20	R2	1	20
6-14	Ethylène glycol monoéthyl éther (2-ethoxyéthanol)	110-80-5	VTR OEHHA	70	R2	1	70
6-15	Ethylène glycol monoisopropyléther (2-propoxyéthanol)	2807-30-9	OEL Suède	45 000		100	450
6-16	2-méthyléthoxyéthanol	109-59-1	VME France	105 000		100	1 000
6-17	Ethylène glycol n-hexyl éther (2-hexaoxyéthanol)	112-25-4	VTR ATSDR de l'éthylène glycol monobutyl éther (111-76-2) (analogie AgBB)	982		1	980
6-18	Diméthoxyéthane	110-71-4	CLI du 2-méthoxyéthanol (109-86-4) (analogie AgBB)	20	R2	1	20
6-19	1,2-Diéthoxyéthane	73506-93-1	CLI du 2-éthoxyéthanol (110-80-5) (analogie AgBB)	70		1	70
6-20	2-Méthoxyéthylacétate	110-49-6	VTR OEHHA	90	R2	1	90
6-21	2-Ethoxyéthylacétate	111-15-9	VTR OEHHA	300	R2	1	300
6-22	2-Butoxyéthylacétate	112-07-2	VME France	13 300		100	130

N° CLI	Substance chimique	N°CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
6-23	Diéthylène glycol n-hexyl éther (2-(2-hexaoxyéthoxy)-éthanol)	112-59-4	CLI du 2-hexaoxy éthanol (112-25-4) ou du diéthylène glycol monobutyl éther (112-34-5) (analogie AgBB)	67 500		100	670
6-24	Diéthylène glycol diméthyl éther (1-méhoxy-2-(2-méhoxy-éthoxy))	111-96-6	OEL Danemark	27 000	R2	1000	27
6-25	1-Propylène glycol 2-méthyl éther (2-méhoxy-1-propanol)	1589-47-5	MAK Allemagne	19 000	R2	1000	19
6-26	1-Propylène glycol 2-méthyl éther acétate (2-méhoxy-1-propyl-acétate)	70657-70-4	MAK Allemagne	28 000	R2	1000	28
6-27	1,2-Propylène glycol di-acétate	623-84-7	OEL Danemark	655 000		100	6 500
6-28	Dipropylène glycol	110-98-5	MAK Allemagne du diéthylène glycol (111-46-6) (analogie AgBB)	44 000		100	440
6-29	Dipropylène glycol monométhyl éther acétate	88917-22-0	OEL Europe du dipropylène glycol monométhyl éther (34590-94-8) (analogie AgBB)	308 000		100	3 100
6-30	Dipropylène glycol mono-n-propyl éther	29911-27-1	OEL Europe diéthylène glycol monobutyl éther (112-34-5) (analogie AgBB)	67 500		100	670
6-31	Dipropylène glycol mono-n-butyl éther	29911-28-2 35884-42-5	OEL Europe diéthylène glycol monobutyl éther (112-34-5) (analogie AgBB)	67 500		100	670
6-32	Dipropylène glycol mono-t-butyl éther	132739-31-3	OEL Europe diéthylène glycol monobutyl éther (112-34-5) (analogie AgBB)	67 500		100	670
6-33	1,4-Butylène glycol	110-63-4	MAK Allemagne	200 000		100	2 000
6-34	Tripropylène glycol monométhyl éther	20324-33-8 25498-49-1	LCI AgBB	1 000		1	1 000
6-35	Triéthylène glycol diméthyl éther	112-49-2	CLI de l'éthylène glycol monométhyl éther (109-86-4) (analogie AgBB)	20	R2	1	20
6-36	1,2-Propylène glycol diméthyl éther	7777-85-0	CLI du 1,2-diméhoxyéthane (110-71-4) (analogie AgBB)	20		1	20
6-37*	Diméthoxyméthane	109-87-5	VME France	3 100 000		100	31 000
<b>7. Aldéhydes</b>							
7-1	Butyraldéhyde (butanal)	123-72-8	VVOC				
7-2	Valeraldéhyde (pentanal)	110-62-3	VME France	175 000		100	1 700

N° CLI	Substance chimique	N°CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
7-3	Hexaldéhyde (hexanal)	66-25-1	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	640
7-4	Heptaldéhyde (heptanal)	111-71-7	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	640
7-5	2-Ethyl-1-hexanal	123-05-7	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	640
7-6	Octyl aldehyde (octanal)	124-13-0	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	640
7-7	Nonyl aldéhyde (nonanal)	124-19-6	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	640
7-8	Decyl aldéhyde (decanal)	112-31-2	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	640
7-9	Crotonaldéhyde (2-Butenal)	4170-30-3 123-73-9	MAK Allemagne pas de traces mesurées avec l'outil analytique mesure conforme à la norme NF ISO 16000-6	1 000	M3	1000	1
7-10	2-Pentenal (trans)	1576-87-0	MAK Allemagne du 2-butenal (123-73-9) (analogie AgBB) mais pas de classification mutagène par l'UE	1 000		100	10
7-11	2-Hexenal (trans)	6728-26-3	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	10
7-12	2-Heptenal (cis)	2463-63-0 57266-861	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	10
7-12 bis	2-Heptenal (trans)	18829-55-5	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	10
7-13	2-Octenal	2363-89-5	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	10
7-14	2-Nonenal (trans)	2463-53-8 188-29-86	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	10
7-15	2-Decenal (cis)	2497-25-8	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	10
7-15 bis	2-Decenal	3913-71-1	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	10
7-16	2-Undecenal	2463-77-6 1337-83-3	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	10
7-17	Furfuraldéhyde (furfural)	98-01-1	VME France	8 000	C3	1000	8
7-18	Glutaraldéhyde	111-30-8	VTR OEHHA pas de traces mesurées avec l'outil analytique mesure conforme à la norme NF ISO 16000-3	0,08		1	0,08

N° CLI	Substance chimique	N° CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
7-19	Benzaldéhyde	100-52-7	TWA WEEL (AIHA)	8 850		100	88
7-20*	Formaldéhyde (méthanal)	50-00-0	jugement du GT « COV et produits de construction » : 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	10	C3	1	10
7-21*	Acétaldéhyde (éthanal)	75-07-0	VG INDEX 2005	200	C3	1	200
7-22*	Propionaldéhyde (propanal)	123-38-6	TWA ACGIH	48 000		100	480
<b>8. Cétones</b>							
8-1	2-Butanone (Méthyléthylcétone)	78-93-3	VTR IRIS US EPA	5 000		1	5 000
8-2	3-Méthyl-2-butanone	563-80-4	VME France	705 000		100	7 000
8-3	4-Méthyl-2-pentanone (Méthylisobutylcétone)	108-10-1	VTR IRIS US EPA	3 000		1	3 000
8-4	Cyclopentanone	120-92-3	MAK Allemagne	690 000		100	6 900
8-5	Cyclohexanone	108-94-1	VME France	40 800		100	410
8-6	2-Méthylcyclopentanone	1120-72-5	MAK Allemagne du cyclopentanone (120-92-3) (analogie AgBB)	690 000		100	6 900
8-7	2-Méthylcyclohexanone	583-60-8	VME France	230 000		100	2 300
8-8	Acétophénone	98-86-2	TLV ACGIH	49 000		100	490
8-9	1-Hydroxyacétone (1-Hydroxy-2-propanone)	116-09-6	VTR OEHHA éthylène glycol (107-21-1) (analogie AgBB)	400		1	400
8-10*	Acétone	67-64-1	VVOC				
<b>9. Acides</b>							
9-1	Acide acétique	64-19-7	VME France	25 000		100	250
9-2	Acide propionique	79-09-4	VME France	31 000		100	310
9-3	Acide isobutyrique	79-31-2	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	310
9-4	Acide butyrique	107-92-6	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	310

N° CLI	Substance chimique	N° CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
9-5	Acide 2,2-dimethylpropanoïque (acide pivalique)	75-98-9	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	310
9-6	Acide pentanoïque (acide n-valérique)	109-52-4	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	310
9-7	Acide hexanoïque	142-62-1	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	310
9-8	Acide heptanoïque	111-14-8	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	310
9-9	Acide octanoïque	124-07-2	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	310
9-10	Acide 2-éthylhexanoïque	149-57-5	TWA ACGIH	5 000	R3	1000	5
9-11*	Acide hexadécanoïque	57-10-3	LCI ECA	300		1	300

## 10. Esters et lactones

10-1	Acétate de méthyle	79-20-9	VVOC				
10-2	Acétate d'éthyle	141-78-6	VVOC				
10-3	Acétate de vinyle	108-05-4	VVOC		C3		
10-4	Isopropylacétate	108-21-4	MAK Allemagne	420 000		100	4 200
10-5	Acétate propylique	109-60-4	MAK Allemagne	420 000		100	4 200
10-6	2-Méthoxy-1-Méthyléthylacétate	108-65-6	MAK Allemagne	270 000		100	2 700
10-7	Formiate de n-butyle	592-84-7	MAK Allemagne du formiate de méthyle (107-31-3) (analogie AgBB)	120 000		100	1 200
10-8	Méthacrylate de méthyle	80-62-6	VTR Health Canada	52		1	52
10-9	Autres méthacrylates		VTR Health Canada du Méthacrylate de méthyle (80-62-6) (analogie AgBB)	52		1	52
10-10	Acétate d'isobutyle	110-19-0	MAK Allemagne	480 000		100	4 800
10-11	Acétate de butyle	123-86-4	MAK Allemagne	480 000		100	4 800
10-12	Acétate de 2-éthylhexyle	103-09-3	LCI AgBB	270		1	270

N° CLI	Substance chimique	N°CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
10-13	Acrylate de méthyle	96-33-3	MAK Allemagne	18 000		100	180
10-14	Acrylate d'éthyle	140-88-5	VME France	20 000		100	200
10-15	Acrylate de n-butyle	141-32-2	VME France	11 000		100	110
10-16	Acrylate de 2-éthylhexyle	103-11-7	MAK Allemagne	82 000		100	820
10-17	Autres acrylates		VME France acrylate de n-butyl (141-32-2) (analogie AgBB)	11 000		100	110
10-18	Adipate de diméthyle	627-93-0	LCI méthanol (métabolite) (analogie AgBB)	270 000		100	2 700
10-19	Fumarate de diméthyle	105-75-9	VME France butanol (71-36-3) (analogie AgBB)	150 000		100	1 500
10-20	Succinate de diméthyle	106-65-0	LCI méthanol (métabolite) (analogie AgBB)	270 000		100	2 700
10-21	Glutarate de diméthyle	1119-40-0	LCI méthanol (métabolite) (analogie AgBB)	270 000		100	2 700
10-22	Diacrylate d'hexanediol	13048-33-4	TWA WEEL (AIHA)	1 000		100	10
10-23	Ester dibutylique de l'acide 2-buténedioïque	105-76-0	LCI AgBB	50		1	50
10-24	Butyrolactone	96-48-0	OEL Danemark	176 000		100	1 760
10-25*	Formiate de méthyle	107-31-3	MAK Allemagne	120 000		100	1 200
10-26*	Acétate de linalyle	115-95-7	LCI ECA	300		1	300

#### 11. Hydrocarbures halogénés

11-1	Tétrachloroéthylène	127-18-4	AQG OMS	250	C3	1	250
11-2*	Dichlorométhane	75-09-2	AQG OMS	450	C3	1	450
11-3*	Tétrachlorométhane	56-23-5	VTR OEHHA	40	C3	1	40
11-4*	1,4-Dichlorobenzène	106-46-7	VTR Health Canada	95	C3	1	95

#### 12. Autres familles chimiques

N° CLI	Substance chimique	N°CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
12-1	1,4-Dioxane	123-91-1	VTR OEHHA	3 000	C3	1	3 000
12-2	Caprolactame	105-60-2	MAK Allemagne	5 000		100	50
12-3	N-Methyl-2-Pyrrolidone	872-50-4	MAK Allemagne	80 000		100	800
12-4	Octaméthylcyclotetrasiloxane	556-67-2	jugement d'expert AgBB	1 200	R3	1	1 200
12-5	Hexaméthylénététramine	100-97-0	OEL Danemark	2 300		100	23
12-6	2-Butanonoxime	96-29-7	OEL Danemark	89 000	C3	1000	89
12-7	Tributyl phosphate	126-73-8	VME France pas de traces mesurées avec l'outil analytique mesure conforme à la norme NF ISO 16000-6	2 500	C3	1000	2
12-8	Triethyl phosphate	78-40-0	LCI AgBB	25		1	25
12-9	5-Chloro-2-methyl-2H-isothiazol-3-one (CIT) 2-Methyl-2H-isothiazol-3-one (MIT) mélange CIT:MIT ratio 3:1	26172-55-4 2682-20-4 55965-84-9	LCI AgBB=50 avec FS=50 pas de traces mesurées avec l'outil analytique mesure conforme à la norme NF ISO 16000-6	50		50	1

## 13. Phtalates

13-1*	Phtalate de diméthyle	131-11-3	VME France	5 000		100	50
13-2*	Phtalate de dibutyle	84-74-2	VME France	5 000	R2, R3	1000	5
13-3*	Phtalates alkylés (saturés)		LCI ECA	30		1	30

\*substances pour lesquelles une LCI est proposée dans le cadre du protocole ECA (1997) mais ne fait pas l'objet de propositions dans la dernière liste des NIK (actualisation 2005) publiée par l'AgBB.

Remarque : Les experts du GT soulignent que les CLI construites à partir de CLI de substances ayant une structure chimique analogue et une évaluation chimique comparable sont perfectibles. Il serait intéressant que ces substances fassent l'objet d'une évaluation toxicologique particulière (élaboration de VTR par exemple) afin d'être en mesure de définir des CLI spécifiques.

---

**Procédure de qualification des produits de  
construction sur la base de leurs émissions de COV et  
de formaldéhyde et de critères sanitaires**

Saisine n°2004 / 011

---

**RAPPORT**  
du groupe de travail Afsset  
« COV et produits de construction »

octobre 2006

**GROUPE DE TRAVAIL :****Experts****- Membres du CES « milieux aériens »**

M. Jean-Paul MORIN Chargé de recherche (Inserm) – toxicologue  
Mme Séverine KIRCHNER Responsable du pôle Qualité de l'air (Département Développement Durable, Division Santé – CSTB) – exposition à la pollution de l'air intérieur, caractérisation des émissions de COV par les produits de construction.

**- Membres du CES « substances chimiques »**

M. Sylvain DALLY Praticien Hospitalier, Chef de service (Hôpital Fernand Widal) – clinicien – toxicologue  
*Participation aux travaux jusqu'à mai 2006*  
*Démission pour manque de disponibilité*  
M. Henri HOELLINGER Directeur de recherche (Inserm, en retraite) – toxicologue

**- Autres experts**

M. Christophe YRIEIX Responsable technique qualité de l'air (CTBA) – caractérisation des émissions de COV par les produits de construction et d'ameublement.

**Organismes**

CSTB représenté par M. François MAUPETIT, Responsable du pôle Qualité Sanitaire des Produits de Construction (Département Développement Durable, Division Santé)  
INRS représenté par M. Bruno COURTOIS, Ingénieur Chimiste au Département Expertise et Conseil Technique

.....

**Coordination scientifique :**

Afsset M. Mickaël BASTARD (juillet 2005 – octobre 2006)  
Mlle Stéphanie GAUVIN (juin 2004 – juin 2005)  
CSTB M. François MAUPETIT (CSTB)

**Appui scientifique de l'Afsset :**

Mlle Nathalie BONVALLOT

.....

**Secrétariat administratif :**

Mme Séverine BOIX – Afsset  
Mme Romy COLLET – Afsset

**ADOPTION DU RAPPORT :**

Le rapport a été soumis pour commentaires au CES « Milieux aériens » le 17 mars 2006.

Après prise en compte des commentaires du CES, le rapport a été approuvé à l'unanimité par les membres du groupe de travail le 16 mai 2006.

Le CES a rendu un Avis sur le rapport final présenté le 23 juin 2006. Il a par ailleurs été demandé que soit apporté des éléments d'informations complémentaires.

Après ajout de ces éléments d'informations, le rapport définitif a été approuvé par le CES « milieux aériens » le 06 octobre 2006.

**MOTS CLES :**

COV, formaldéhyde, produits de construction, matériaux, critères sanitaires, protocole, qualification des émissions, chambre d'essais, ECA, AgBB, CLI, TVOC, CMR

## SOMMAIRE

<b>RESUME .....</b>	<b>6</b>
<b>ABRÉVIATIONS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>11</b>
<b>CONTEXTE.....</b>	<b>12</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>12</b>
<b>Objectifs du Plan National Santé Environnement .....</b>	<b>14</b>
<b>Présentation de la saisine .....</b>	<b>15</b>
<b>Mise en place et évolutions du groupe de travail.....</b>	<b>15</b>
<b>Organisation des travaux du groupe de travail.....</b>	<b>16</b>
<b>I. PROCEDURE DE QUALIFICATION DES PRODUITS DE CONSTRUCTION SUR LA BASE DE LEURS EMISSIONS DE COV ET DE FORMALDEHYDE ET DE CRITERES SANITAIRES .....</b>	<b>18</b>
<b>I-1. Principe global de la procédure .....</b>	<b>18</b>
<b>I-2. Normes d'essais existantes .....</b>	<b>19</b>
<b>I-2-a. Méthode de la chambre d'essai d'émission .....</b>	<b>20</b>
<b>I-2-b. Scénario d'exposition .....</b>	<b>22</b>
<b>I-3. Présentation du protocole ECA (1997) .....</b>	<b>24</b>
<b>I-3-a. Contexte .....</b>	<b>24</b>
<b>I-3-b. Protocole ECA .....</b>	<b>26</b>
<b>I-3-b-i) Choix du scénario et préparation de l'échantillon .....</b>	<b>26</b>
<b>I-3-b-ii) Mesures et évaluations après 24h +/-1h de conditionnement.....</b>	<b>27</b>
<b>I-3-b-iii) Mesures et évaluations après 72h +/-3h de conditionnement.....</b>	<b>28</b>
<b>I-3-b-iv) Mesures et évaluations après 28 jours +/-1j de conditionnement.....</b>	<b>28</b>
<b>I-3-c. Schéma de principe du protocole ECA .....</b>	<b>31</b>
<b>I-4. Présentation du protocole AgBB (2003/2005).....</b>	<b>32</b>
<b>I-4-a. Contexte .....</b>	<b>32</b>
<b>I-4-b. Protocole AgBB .....</b>	<b>32</b>
<b>I-4-b-i) Mesures et évaluations après 24h de conditionnement.....</b>	<b>32</b>
<b>I-4-b-ii) Mesures et évaluations après 72h de conditionnement.....</b>	<b>33</b>
<b>I-4-b-iii) Mesures et évaluations après 28 jours de conditionnement .....</b>	<b>33</b>
<b>I-4-c. Schéma de principe du protocole AgBB.....</b>	<b>34</b>
<b>I-4-d. Analyse comparative des protocoles ECA et AgBB .....</b>	<b>35</b>
<b>I-5. Elaboration de valeurs limites d'émission.....</b>	<b>36</b>
<b>I-5-a. Typologies de valeurs de référence .....</b>	<b>36</b>
<b>I-5-b. Construction des LCI (ECA) .....</b>	<b>38</b>
<b>I-5-c. Construction des NIK (AgBB) .....</b>	<b>39</b>
<b>I-6. Valeurs de référence : LCI (1997) et NIK (2005) .....</b>	<b>41</b>
<b>II. ELABORATION DU PROTOCOLE AFSSET : QUALIFICATION DES PRODUITS DE CONSTRUCTION SUR LA BASE DE LEURS EMISSIONS DE COV ET DE FORMALDEHYDE ET DE CRITERES SANITAIRES .....</b>	<b>48</b>

<b>II-1. Contexte .....</b>	<b>48</b>
<b>II-2. Normes utilisées .....</b>	<b>48</b>
<b>II-3. Liste des polluants visés .....</b>	<b>48</b>
<b>II-4. Détermination des CLI françaises.....</b>	<b>49</b>
<b>II-4-a. Choix de la valeur de référence : arbre décisionnel .....</b>	<b>49</b>
<b>II-4-b. Choix des facteurs de sécurité .....</b>	<b>51</b>
<i>II-4-b-i) Facteur de sécurité VME / CLI.....</i>	<i>51</i>
<i>II-4-b-ii) Facteur de sécurité pour les substances cancérogènes (catégorie 3), mutagènes (catégorie 3) et toxiques pour la reproduction (toutes catégories).....</i>	<i>53</i>
<b>II-4-c. Choix de la valeur de référence du formaldéhyde.....</b>	<b>54</b>
<b>II-5. Prise en compte des cancérogènes et mutagènes (catégories 1 et 2).....</b>	<b>55</b>
<b>II-6. Protocole AFSSET (2006) .....</b>	<b>56</b>
<b>II-6-a. Mesures et évaluations après 24h +/-1h de conditionnement.....</b>	<b>56</b>
<b>II-6-b. Mesures et évaluations après 72h +/-3h de conditionnement.....</b>	<b>57</b>
<b>II-6-c. Mesures et évaluations après 28 jours +/-2j de conditionnement .....</b>	<b>57</b>
<b>II-7. Schéma de principe du protocole AFSSET (2006) .....</b>	<b>61</b>
 <b>III. APPLICATION DE LA PROCEDURE : CARACTERISATION DES EMISSIONS DE COV ET DE FORMALDEHYDE PAR DOUZE PRODUITS DE CONSTRUCTION SOLIDES .....</b>	 <b>62</b>
<b>III-1. Méthodologie .....</b>	<b>62</b>
<b>III-1-a. Préparation des éprouvettes d'essai.....</b>	<b>62</b>
<b>III-1-b. Conditions de prélèvements des COV et aldéhydes.....</b>	<b>62</b>
<b>III-1-c. Conditions d'analyse des COV.....</b>	<b>62</b>
<b>III-1-d. Conditions d'analyse des aldéhydes .....</b>	<b>63</b>
<b>III-2. Résultats .....</b>	<b>64</b>
<b>III-3. Discussions .....</b>	<b>65</b>
 <b>IV. CONCLUSIONS .....</b>	 <b>66</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>70</b>
 <b>ANNEXES :</b>	
Annexe 1 : Saisine .....	72
Annexe 2 : Normes d'essais disponibles pour l'évaluation des matériaux de construction .....	79
Annexe 3 : Classification des substances selon la directive 67/548/CEE modifiée relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses.....	80
Annexe 4 : Liste des CLI françaises (AFSSET 2006) .....	82
Annexe 5 : Résultats des essais .....	95

## RESUME

Les composés organiques volatils (COV) regroupent de nombreux composés appartenant à différentes familles chimiques (alcools, aldéhydes, cétones, éthers de glycols, terpènes, etc). Ils sont aujourd’hui reconnus comme des paramètres d’évaluation de la qualité de l’air, notamment intérieur, car l’exposition ponctuelle ou prolongée à certains COV peut présenter des risques pour la santé.

Parmi les sources de pollution identifiées dans l’environnement intérieur, les matériaux de construction sont à l’origine d’émission de COV et de formaldéhyde. Afin de diminuer les expositions aux COV et ainsi réduire les impacts potentiels sur la santé, certains pays européens proposent différentes procédures de qualification des produits de construction. Ces procédures conduisent à identifier et à promouvoir auprès des consommateurs les produits de construction à faibles émissions chimiques. Elles souffrent actuellement d’un manque d’harmonisation au niveau européen et ne sont actuellement pas appliquées en France.

Partant de ce constat, le Plan National Santé-Environnement recommande dans le cadre de l’action 15 (prioritaire) que soit rendu possible et mis en œuvre, «un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des produits et matériaux de construction». Dans ce cadre, l’Afssset a été saisie afin de proposer un système de classification des produits de construction sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires, en s’appuyant sur les normes d’essais et procédures existantes.

Le groupe d’experts réuni par l’Agence, sous l’égide de son comité d’experts spécialisé « Milieux aériens » a rendu ses conclusions et recommande les éléments suivants :

### Normes d’essais

Afin de mesurer les concentrations générées dans un environnement intérieur par l’application ou l’usage d’un produit de construction (simple ou assemblage complexe) dans des conditions réaliste d’utilisation, les experts proposent de s’appuyer sur la série des normes horizontales ISO 16000 : Indoor Air qui inclut notamment :

- les normes d’essais NF EN ISO 16000 parties 9, 10 et 11. Ces normes fixent notamment la manière dont doivent être conduits les essais d’émissions en terme de conditionnement des échantillons et de fixation des paramètres à l’intérieur de la chambre d’essai d’émission (température, humidité relative, taux de renouvellement d’air, etc.).
- les normes de mesure NF ISO 16000-6 et NF ISO 16000-3. Ces normes précisent les moyens analytiques à mettre en œuvre pour réaliser respectivement une mesure des COV et d’autres composés carbonylés tels que le formaldéhyde.

Selon ces normes, l’essai sur un échantillon du matériau testé doit ainsi permettre de calculer les concentrations d’exposition attendues pour les COV à l’intérieur d’une pièce témoin (définie en termes de dimensions et de conditions de ventilation) suite à l’application de ce matériau.

Le principe de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires consiste à comparer les concentrations d’exposition ainsi déterminées à des valeurs limites d’émission. Si les seuils retenus sont respectés (non dépassés), alors le matériau testé est jugé conforme au protocole.

### Procédures de qualification

Deux procédures de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions et de critères sanitaires ont été considérées par les experts comme les plus pertinentes et complètes : l’application du protocole européen de l’European Collaborative Action (ECA, 1997) et celle du protocole allemand de l’Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten

(AgBB, 2003-2005), directement dérivé du protocole ECA. Ces protocoles reposent notamment sur l'évaluation des concentrations d'exposition après 1, 3 et 28 jours de conditionnement du produit en chambre d'essai et l'estimation de l'impact sur la santé humaine des concentrations d'exposition calculées sur la base des valeurs limites d'émission définies dans chacun des protocoles.

Ces valeurs limites d'émission sont ainsi proposées pour tenir compte à la fois de la toxicité de substances individuelles (via l'utilisation des concentrations limites d'intérêt (CLI)), de la toxicité particulière associée aux composés cancérogènes et de l'inconfort général pouvant être perçu lié à la pollution générale de l'air par des COV (limitation des COV totaux).

### Protocole AFSSET (2006)

Au regard des recommandations proposées dans le cadre de ces deux protocoles et suite à la mise à jour des valeurs limites d'émission considérées, les experts du groupe de travail ont défini un protocole (AFSSET (2006)) reposant sur les critères suivants :

- Après 3 jours de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai d'émission, les concentrations d'exposition ne doivent pas dépasser:
  - o  $10\ 000\ \mu\text{g.m}^{-3}$  pour les COV totaux
  - o  $10\ \mu\text{g.m}^{-3}$  pour la somme des COV classés cancérogènes par la commission européenne (catégories 1 et 2) et mesurables par la norme NF ISO 16000-6
- Après 28 jours de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai d'émission, les concentrations d'exposition ne doivent pas dépasser :
  - o  $1\ 000\ \mu\text{g.m}^{-3}$  pour les COV totaux
  - o  $1\ \mu\text{g.m}^{-3}$  pour la somme des COV classés cancérogènes par la commission européenne (catégories 1 et 2) et mesurables par la norme NF ISO 16000-6. Ce critère revient à considérer qu'aucun des COV listés n'est mesurable même à l'état de traces par les outils analytiques actuellement disponibles.

De plus, pour les COV identifiés individuellement et quantifiés à une concentration supérieure à  $5\ \mu\text{g.m}^{-3}$  (concentration d'intérêt), il est calculé pour chaque  $\text{COV}_i$  les ratios «  $R_i = [\text{COV}_i]/\text{CLI}_i$  ».

Il est supposé ici que chaque  $\text{COV}_i$  n'a pas d'effet si le ratio  $R_i$  ne dépasse pas 1. De plus, en supposant une éventuelle additivité des effets des COV d'un point de vue sanitaire, le protocole AFSSET (2006) recommande que l'indice R, somme des  $R_i$ , ne dépasse pas la valeur de 1, soit :

$$\circ \quad R = \sum R_i = \sum ([\text{COV}]_i/\text{CLI}_i) \leq 1$$

Enfin, les COV d'intérêt mesurés pour lesquels aucune CLI n'est associée, ou qui n'ont pas été identifiés avec certitude, sont considérés comme non évaluables ( $\text{COV}_{ni}$ ). Le protocole AFSSET fixe pour ces COV la condition suivante :

$$\circ \quad \sum [\text{COV}]_{ni} \leq 100\ \mu\text{g.m}^{-3}$$

Ce critère permet entre autres d'identifier les COV pour lesquels une recherche de données serait nécessaire afin d'établir une CLI.

**Si le produit testé remplit tous ces critères, alors ses émissions peuvent être qualifiées de :**

**« Emissions de COV et de formaldéhyde conformes aux recommandations du protocole  
AFSSET (2006) »**

## Application de la procédure

Une évaluation du potentiel discriminant de la procédure de qualification a été réalisée en conduisant des essais en laboratoire sur une série de produits de construction solides. Les émissions de six des douze produits testés se sont révélées conformes aux recommandations du protocole AFSSET (2006). Ce protocole se révèle au final comme étant au moins aussi discriminant que les autres protocoles existants (ECA, AgBB).

## Perspectives

A ce jour, le protocole AFSSET (2006) est dédié à la qualification de produits de construction solides incluant notamment les panneaux de cloisons, les plafonds, les revêtements (sol, mur, plafond), etc. Au regard des interrogations concernant d'autres produits potentiellement émetteurs de COV dans les environnements intérieurs, il est envisagé que l'Afsset poursuive ses travaux afin d'étendre une telle démarche à la qualification des produits de construction liquides d'une part et des éléments de mobilier d'autre part.

## ABRÉVIATIONS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienist
Afsset	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
AgBB	Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (commission d'évaluation sanitaire des produits de construction)
AIHA	American Industrial Hygiene Association
AQG	Air Quality Guidelines
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CEN	Comité Européen de Normalisation
CES	Comité d'Experts Spécialisés
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CLI	Concentration Limite d'Intérêt
COV/VOC	Composé Organique Volatil / Volatile Organic Compound
COV <sub>i</sub>	Composé Organique Volatil individuel
COV <sub>ni</sub>	Composé Organique Volatil non identifié ou ne disposant pas de CLI
COSV/SVOC	Composé Organique Semi Volatil / Semi Volatile Organic Compound
COTV/VVOC	Composé Organique Très Volatil / Very Volatile Organic Compound
COVT/TVOC	Composés Organiques Volatils Totaux / Total Volatile Organic Compounds
CMR	Composés Cancérogènes, Mutagènes et toxiques pour la Reproduction <ul style="list-style-type: none"><li>○ C1, C2, C3 Composés classés « cancérogènes » de catégorie 1, 2 ou 3</li><li>○ M1, M2, M3 Composés classés « mutagènes » de catégorie 1, 2 ou 3</li><li>○ R1, R2, R3 Composés classés « toxiques pour la reproduction » de catégorie 1, 2 ou 3</li></ul>
CNAMTS	Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés
CSHPF	Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CTBA	Centre Technique du Bois et de l'Ameublement
CVM	Chlorure de Vinyle Monomère

DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Association)
DIBt	Deutsche Institut für Bautechnik
DNPH	2,4-dinitrophénylhydrazine
ECA	European Collaborative Action (action de collaboration européenne)
EPA	Environmental Protection Agency
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
IRIS	Integrated Risk Information System
ISO	International Standardization Organization
JRC	Joint Research Center (centre commun de recherche)
LCI	Lowest Concentration of Interest (plus faible concentration d'intérêt)
MWC/MAK	Maximum Workplace Concentrations / Maximale Arbeitsplatzkonzentration (concentration maximale sur le lieu de travail)
NIK	Niedrigste Interessierende Konzentrationen (plus faible concentration d'intérêt)
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level (Dose Sans Effet Nocif Observé)
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OEL	Occupational Exposure Limit
OMS/WHO	Organisation mondiale de la Santé / World Health Organization
OQAI	Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
PNSE	Plan National Santé Environnement
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SCOEL	Scientific Committee on Occupational Exposure Limits
SER	Specific Emission Rate (facteur d'émission spécifique)
TLV	Threshold Limit Value
TRGS 900	Technical Regulations for Hazardous Substances
VG	Valeur Guide
VLEP	Valeur Limite d'Exposition Professionnelle
VME	Valeur Limite de Moyenne d'Exposition
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

WEEL      Workplace Environment Exposure Limit

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau I : Comparaison des protocoles ECA (1997) et AgBB (2003/2005) .....	35
Tableau II : LCI/NIK en $\mu\text{g.m}^{-3}$ des substances visées dans les protocoles ECA (1997) et AgBB (2005) .....	41
Tableau III : Protocole proposé par le groupe de travail (AFSSET, 2006) .....	60
Tableau IV : Synthèse des évaluations sanitaires selon les différents protocoles .....	64

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1 : Schéma de principe du protocole ECA (1997) .....	31
Figure 2 : Schéma de principe du protocole AgBB (2003/2005) .....	34
Figure 3 : Schéma de principe du protocole AFSSET (2006) .....	61

## CONTEXTE

### Introduction

Les composés organiques volatils (ou COV) sont des hydrocarbures<sup>1</sup> qui ont la particularité de pouvoir être libérés sous forme gazeuse dans l'air à température ambiante. Cette appellation générique regroupe un certain nombre de composés appartenant à différentes familles chimiques telles que des alcools, des aldéhydes, des cétones, des éthers de glycols, des terpènes, etc. Les COV sont aujourd'hui reconnus comme des paramètres d'évaluation de la qualité de l'air, notamment intérieur, car l'exposition ponctuelle ou prolongée à certains COV peut présenter des risques pour la santé humaine. Leurs effets sont le plus souvent mal connus mais on attribue à certains composés la faculté de causer chez l'homme des irritations de la peau, des muqueuses et du système pulmonaire, des nausées, des maux de tête, des vomissements, des cancers, des altérations de la fertilité et/ou causer des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine.

Parmi les sources contribuant à la pollution spécifique de l'air intérieur, la pollution extérieure pénétrant dans l'habitat joue un rôle important, à laquelle s'ajoute un certain nombre de sources spécifiques *in situ*. Ainsi, les COV sont largement utilisés dans de nombreux produits et matériaux pour leurs propriétés intrinsèques en tant que solvants, gaz propulseurs, carburants, bactéricides, etc. et peuvent ainsi s'en dégager naturellement ou être émis via des processus de combustion (ex : fumée de cigarette) et de cuisson des aliments. Des conditions de ventilation insuffisantes contribuent également à une dégradation de la qualité de l'air intérieur.

Parmi les sources de pollution identifiées dans l'environnement intérieur, et de par leur diversité et leur utilisation, les matériaux de construction sont considérés comme des sources non négligeables d'émission de COV et de formaldéhyde<sup>2</sup>.

A ce jour, les matériaux de construction sont évalués au niveau européen et français pour leurs propriétés d'aptitude à l'usage : résistance mécanique et stabilité, sécurité en cas d'incendie, sécurité d'utilisation, isolation thermique et acoustique, etc. Les caractéristiques

---

<sup>1</sup> Les hydrocarbures sont des composés contenant au moins l'élément carbone et un ou plusieurs autres éléments tels que l'hydrogène, l'oxygène, l'azote,...

<sup>2</sup> A noter que la méthode employée pour mesurer les concentrations dans l'air de composés carbonylés (tels que les aldéhydes dits « légers » (nombre de carbones sur la chaîne hydrocarbonée < 6)) diffère de celle utilisée pour quantifier d'autres substances chimiques identifiées comme des COV. Ainsi, cette caractéristique purement analytique a conduit à distinguer notamment les COV d'une part et notamment le formaldéhyde d'autre part lorsqu'il est question des émissions gazeuses pouvant être induites par les matériaux de construction.

environnementales et sanitaires ne sont pas actuellement évaluées de façon satisfaisante dans ce type de procédure d'évaluation.

Au niveau européen, l'aptitude à l'usage des produits de construction est évaluée dans le cadre de la Directive du Conseil du 21 décembre 1988 dite « Directive Produits de Construction ou DPC »<sup>3</sup> et se traduit par le marquage CE réglementaire des produits. L'application de la DPC s'inscrit dans le contexte de la libre circulation des produits et de la suppression des barrières aux échanges par l'harmonisation des réglementations existantes dans les différents Etats Membres. La DPC est toujours en cours de transposition et à la fin de l'année 2004, environ 50 % des familles de produits de construction concernées par cette Directive disposaient des documents (normes harmonisées ou guides d'agrément européen) permettant l'apposition du marquage CE. La DPC comporte une exigence essentielle « Hygiène, santé et environnement » (exigence essentielle n°3) qui précise que l'ouvrage doit être conçu et construit de manière à ne pas constituer une menace pour l'hygiène et la santé des occupants ou des voisins, du fait notamment, d'un dégagement de gaz toxiques, de la présence dans l'air de particules ou de gaz dangereux, de l'émission de radiations dangereuses.

Cependant, du fait du manque de méthodes harmonisées au niveau européen permettant l'évaluation de ces caractéristiques, l'exigence essentielle n°3 n'est actuellement pas prise en compte de manière satisfaisante dans le marquage CE des produits. Des travaux en vue de l'harmonisation de ces méthodes ont démarré en 2003 à la Commission Européenne puis au Comité Européen de Normalisation (CEN) et doivent aboutir vers 2010. Dans l'intervalle, le marquage CE réglementaire des produits de construction ne couvrira pas de façon satisfaisante les aspects sanitaires.

Au niveau français, ces propriétés d'aptitude à l'usage sont évaluées dans le cadre des procédures de certification (marques NF, CSTBat, etc.) pour les produits dits « traditionnels » ou d'Avis Technique (ATec) pour les produits dits « innovants ». *Stricto sensu*, ces procédures d'évaluation relèvent du domaine volontaire, mais comme elles s'inscrivent dans le contexte d'assurance du bâtiment (garantie décennale), elles sont *de facto* incontournables. Ces procédures françaises volontaires ne comportent pas non plus de façon systématique un examen des caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction.

Aussi l'utilisateur de ces produits (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, architecte, etc.) ou le consommateur ne dispose actuellement d'aucun élément d'information objectif lui permettant

---

<sup>3</sup> Directive 89/106/CEE du conseil du 21 décembre 1988 modifiée par la Directive 93/68/CEE du Conseil du 22 juillet 1993 relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des Etats membres concernant les produits de construction, JOCE L40 du 11 février 1989 et L220 du 30 août 1993.

d'orienter ses choix vers des produits plus respectueux notamment de la santé des occupants et des utilisateurs. Pourtant, dans certains pays européens, différentes procédures ont été mises en place, en particulier afin de favoriser la promotion de produits de construction à faibles émissions chimiques. Ce type de procédure, d'origine privée ou publique, a établi dans les pays concernés un niveau d'exigence de référence pour les fabricants de produits de construction, leur permettant de développer des produits « faibles émissions ». Actuellement, ces différents labels ne font pas l'objet d'une harmonisation européenne, même s'ils s'appuient tous sur des normes d'essais européennes identiques et sur des schémas de principe très voisins.

## Objectifs du Plan National Santé Environnement

Au niveau français, le Plan National Santé Environnement<sup>4</sup> (PNSE) est la feuille de route opérationnelle de la stratégie gouvernementale de réduction sur cinq ans (2004-2008) des impacts de l'environnement et des pollutions sur la santé humaine.

Le PNSE vise trois objectifs :

- garantir un air et une eau de bonne qualité ;
- prévenir les pathologies d'origine environnementale et notamment les cancers ;
- mieux informer le public et protéger les populations sensibles (enfants, femmes enceintes et personnes âgées).

Il s'articule en quarante-cinq actions dont douze ont été classées prioritaires. A chaque action correspond des objectifs de résultats ainsi que des mesures qui permettront de les atteindre en cinq ans. Dans ce cadre, l'une de ces actions prioritaires est l'action 15 qui prévoit de « Mettre en place un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des produits et matériaux de construction ».

L'ambition ainsi annoncée serait de parvenir, à l'horizon 2010, à ce que 50% des produits de construction mis sur le marché disposent d'un étiquetage informant l'utilisateur de leurs caractéristiques sanitaires et environnementales.

Il est précisé en particulier qu'une méthodologie globale d'évaluation des impacts sanitaires et environnementaux des émissions, fondée sur la définition de valeurs de référence, sera précisée et appliquée dans un premier temps aux émissions de COV et de formaldéhyde.

---

<sup>4</sup> Disponible en ligne sur : <http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/pnse/sommaire.htm>

## Présentation de la saisine

Dans ce cadre général du PNSE, les ministères chargés de la santé et de l'environnement ont saisi l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale (Afsse, devenue Afsset par ordonnance en date du 1<sup>er</sup> septembre 2005) le 28 avril 2004 pour mettre en place une procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction (voir Annexe 1). L'Agence doit répondre aux cinq points suivants :

- A- se prononcer sur la pertinence scientifique et les conditions de faisabilité de la procédure d'évaluation des risques liés aux émissions de COV décrite en annexe II de l'avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) du 5 mars 2002<sup>5</sup> en indiquant les modifications éventuellement nécessaires ;
- B- proposer un système de classification basé sur l'évaluation des risques liés aux émissions de COV ;
- C- valider la procédure proposée en l'appliquant pour 3 ou 4 produits ou matériaux à évaluer en priorité ;
- D- étudier la possibilité d'extension de cette procédure à d'autres sources de COV présentes dans les espaces clos (par exemple, équipements de ventilation-climatisation, ameublement, décoration, produits d'entretien, etc.) ;
- E- étudier la possibilité d'extension de cette procédure à d'autres familles de substances chimiques apportées dans l'environnement intérieur par les matériaux de construction susceptibles de concourir à une exposition des personnes également par contact et ingestion.

Le présent document présente les résultats de la réflexion du groupe de travail sur les points A, B et C. Les points D et E, bien que pouvant en partie trouver leur réponse dans les travaux synthétisés par le présent document, devront faire l'objet d'investigations complémentaires.

## Mise en place et évolutions du groupe de travail

Afin de répondre à la saisine, l'Afsset a mis en place un groupe de travail piloté conjointement avec le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Une note sur l'organisation du

---

<sup>5</sup> Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, Avis relatif à l'information des utilisateurs sur les émissions de composés organiques volatils par les produits de construction, Séance du 5 mars 2002, également en Annexe 1.

travail a été remise aux ministères de tutelles le 15 juillet 2004 et une note d'information a été transmise le 21 février 2006.

Le groupe de travail « COV et produits de construction » était initialement formé de représentants des organismes impliqués dans les travaux relatifs à la qualité de l'air intérieur et à la caractérisation des émissions chimiques des produits de construction : OQAI, CSTB, CTBA et INRS. La première réunion d'installation du groupe de travail s'est tenue le 18 juin 2004 et neuf réunions de travail ont été nécessaires pour élaborer le protocole d'évaluation des émissions de COV et de formaldéhyde par les produits de construction solides.

Au cours des travaux et suite à des présentations d'avancement lors de réunions de Comités d'Experts Spécialisés (CES) de l'Afsset, le groupe de travail s'est élargi en accueillant trois experts issus du CES « substances chimiques » (fin 2004) et un expert du CES « milieux aériens » (septembre 2005). Le CES « milieux aériens » a pris en charge le suivi et la validation formelle des travaux du groupe et S. Kirchner a été désignée rapporteur des travaux auprès de ce CES. Aucun rapporteur n'a été désigné auprès du CES « substances chimiques ».

Les travaux du groupe ont ainsi été rapportés à quatre reprises en séance plénière du CES « milieux aériens » les 10 juin, 16 décembre 2005, 17 mars et 23 juin 2006.

N.B. : Au regard du rapport final exposé par le groupe de travail « COV et produits de construction » et de l'intitulé de la saisine transmise à l'Afsset, le CES « milieux aériens » a souhaité que soit précisé la teneur des résultats fournis par l'Afsset. En effet, les travaux du groupe n'ont pas visé à l'élaboration à proprement parler d'une procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction, mais à l'élaboration d'une procédure de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires<sup>6</sup>, conformément aux objectifs de l'action 15 du PNSE, aux recommandations du CSHPF et aux besoins exprimés dans la saisine adressée à l'Afsset.

### **Organisation des travaux du groupe de travail**

Le premier point abordé par le groupe de travail a consisté à se prononcer sur la pertinence scientifique et les conditions de faisabilité d'une procédure de qualification des produits de

<sup>6</sup> Il est entendu que les termes « critères sanitaires » ou « évaluations sanitaires » font référence au fait que les travaux et les conclusions édictées ne prennent pas en compte des considérations pouvant être économiques et/ou sociales mais visent à utiliser essentiellement des référentiels de santé chez l'homme pour caractériser les émissions de COV et de formaldéhyde par les matériaux de construction.

construction sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires en se basant principalement, conformément à l'avis du 5 mars 2002 du CSHPF, sur les normes d'essais et les protocoles d'évaluation existants. Ce point est traité dans le paragraphe I de ce document.

Le second point a consisté à étudier les protocoles disponibles de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires et d'apprécier selon les considérations des experts du groupe de travail les points pour lesquels des modifications pourraient être apportées. Ce point est traité dans le paragraphe II de ce document.

Enfin, conformément à la demande de la saisine, il a été organisé des essais en laboratoire pour évaluer le potentiel discriminant du protocole de qualification sur une série de matériaux, et pour comparer les résultats obtenus en testant les matériaux selon deux autres protocoles existants. Les essais ont été réalisés par le CSTB et le CTBA. Parmi les matériaux à évaluer en priorité, l'avis du CSHPF recommandait de s'intéresser aux panneaux de cloison, aux plafonds et revêtements de plafonds, ainsi qu'aux revêtements de sols et muraux pour les produits solides. Quant aux produits liquides, les recommandations portaient sur l'évaluation des colles, vernis, mastics et enduits intérieurs, des produits de ragréage, des produits de protection des bois et des peintures intérieures. Le groupe de travail a concentré ses moyens dans un premier temps sur la qualification des produits de construction solides. Ce point est traité dans le paragraphe III de ce document.

## I. PROCEDURE DE QUALIFICATION DES PRODUITS DE CONSTRUCTION SUR LA BASE DE LEURS EMISSIONS DE COV ET DE FORMALDEHYDE ET DE CRITERES SANITAIRES

### I-1. Principe global de la procédure

L'objectif d'une procédure de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires consiste à déterminer les niveaux d'émission potentiellement atteints lorsqu'on met en œuvre un matériau dans une pièce témoin et de qualifier le comportement d'un matériau s'agissant de l'impact sanitaire de ses émissions. Cette procédure peut également permettre de comparer, sur le plan de leur impact sanitaire potentiel, différents matériaux entre eux.

Dans le cadre de travail proposé par le CSHPF, l'évaluation sanitaire des produits de construction sur la base des émissions repose sur le principe d'une mesure de la concentration des COV émis par un matériau placé dans une chambre d'essai dans des conditions maîtrisées de température et d'humidité, reproductibles et représentatives d'une utilisation réaliste du matériau. Ce type de mesure fait l'objet de normes internationales.

En effet, les COV et le formaldéhyde sont des composés chimiques que l'on retrouve usuellement à l'émission des matériaux de construction. Ces composés, présents naturellement dans certains matériaux (par exemple, terpènes dans certains bois) mais entrant aussi dans le procédé de fabrication du produit, peuvent avoir une influence sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments.

L'inventaire des normes actuellement utilisées pour caractériser les émissions de COV et de formaldéhyde par les matériaux de construction est réalisé dans le paragraphe I-2 et résumé en Annexe 2.

Plusieurs systèmes de labels incluant des critères d'émissions de COV et de formaldéhyde (niveaux maximum d'émission) ont vu le jour dans certains pays européens (Finlande, Danemark, Allemagne). Ces labels ne font pas l'objet d'une harmonisation et ils recouvrent des niveaux d'exigence pouvant être très différents.

A l'heure actuelle, deux systèmes de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions sont considérés par les experts comme les plus complets et basés sur une démarche simplifiée d'évaluation des risques sanitaires : le protocole européen de l'European Collaborative Action (ECA) et le protocole allemand de l'Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB), directement dérivé du protocole ECA.

- Le protocole ECA a été mis au point en 1997, pour l'évaluation sanitaire des émissions de COV des revêtements de sols, dans le cadre de l'Action de Collaboration Européenne intitulée « Indoor Air Quality & its Impact on Man », coordonnée par le Centre Commun de Recherche (Joint Research Center – JRC) d'Ispra de la Commission Européenne. Son objectif était de

proposer une base d'harmonisation européenne pour les différents labels mis en place dans les différents pays européens.

- Le protocole AgBB a été mis en place en Allemagne en 2003. Il a une portée réglementaire dans le cadre de l'autorisation de mise sur le marché de certains revêtements de sol. Ce protocole reprend le principe global de l'ECA et il fait l'objet de mises à jour annuelles des valeurs limites.

Le principe commun de ces deux protocoles consiste à :

- ✓ Déterminer les facteurs d'émission des COV après 1 (ECA seulement), 3 et 28 jours de conditionnement en chambre ou en cellule d'essai d'émission,
- ✓ Evaluer les concentrations d'exposition des COV dans une pièce témoin en utilisant un modèle simplifié tenant compte du taux de charge du produit et des conditions de ventilation,
- ✓ Réaliser une estimation de l'impact sur la santé des concentrations d'exposition des COV dans l'air intérieur sur la base des valeurs limites d'émission définies dans chacun des protocoles. L'établissement des ces valeurs de référence dans le cadre du protocole ECA et du protocole AgBB est explicité dans le paragraphe I-5.
- ✓ Effectuer une évaluation sensorielle par une mesure d'odeurs (ECA seulement) des émissions des produits de construction.

Le descriptif complet du protocole ECA et les modifications apportées par l'AgBB sont présentés dans les paragraphes I-3 et I-4.

## I-2. Normes d'essais existantes

Les travaux menés conjointement au Comité Européen de Normalisation (CEN) et à l'International Standardization Organization (ISO) depuis 1992 ont permis de développer des normes d'essais pour la caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par les produits de construction et d'ameublement (série de normes ISO 16000 – Air intérieur).

Le principe de ces normes consiste dans un premier temps à simuler la génération des émissions des produits dans l'air intérieur, en utilisant une chambre ou cellule d'essai d'émission, dans des conditions maîtrisées de température, d'humidité relative et de renouvellement d'air (normes NF EN ISO 16000, parties 9 à 11). Les émissions sont ainsi caractérisées dans des conditions réalistes d'utilisation des produits.

Dans un second temps, le prélèvement et l'analyse des composés émis sont réalisés selon les normes NF ISO 16000 partie 6 (pour les COV) et partie 3 (pour le formaldéhyde). Ces normes

décrivent les méthodes de prélèvements et de mesures de ces composés dans l'air intérieur ou en sortie d'une chambre ou cellule d'essai d'émission.

### I-2-a. Méthode de la chambre d'essai d'émission

Afin de déterminer les émissions de COV et de formaldéhyde par les matériaux de construction, le Comité Européen de Normalisation (CEN) TC264/WG7 (Indoor air quality – Emission of chemical substances from building materials) a préparé la série de normes horizontales<sup>7</sup> ISO 16 000 : Indoor Air (anciennement série des normes pr NF EN13419 pour tous produits de construction, sauf panneaux à base de bois<sup>8</sup>) :

- ✓ NF EN ISO 16000-9 : Air intérieur – Partie 9 : dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la chambre d'essai d'émission (AFNOR 2006, ISO 2006) (ancienne norme pr NF EN 13419-1).
- ✓ NF EN ISO 16000-10 : Air intérieur – Partie 10 : dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la cellule d'essai d'émission (AFNOR 2006, ISO 2006) (ancienne norme pr NF EN 13419-2).
- ✓ NF EN ISO 16000-11 : Air intérieur – Partie 11 : dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Échantillonnage, conservation des échantillons et préparation d'échantillons pour essai (AFNOR 2006, ISO 2006) (ancienne norme pr NF EN 13419-3).

Au sens de la norme NF EN ISO 16000-9, une **chambre d'essai d'émission** est un volume d'essai étanche, en matériau inerte (verre, acier inox), alimenté par un air propre et à l'intérieur duquel on peut placer des éprouvettes de matériaux de construction, dans des conditions maîtrisées, notamment de :

- Température :  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ,
- Humidité relative :  $50 \pm 5\%$ ,
- Taux de renouvellement de l'air ( $\text{h}^{-1}$ ),
- Taux de charge du produit de construction (rapport entre la surface de l'éprouvette d'essai (S) et le volume de la chambre d'essai d'émission ( $V_c$ ) :  $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ ).

<sup>7</sup> Une norme horizontale est une norme qui s'applique à toutes les familles de produits de construction, par opposition à une norme verticale, spécifique à une famille de produits.

<sup>8</sup> Pour la détermination des émissions de formaldéhyde par les panneaux à base de bois, la norme de référence est la norme NF EN 717-1 : Panneaux à base de bois – Détermination du dégagement de formaldéhyde – Partie 1 : Emission de formaldéhyde par la méthode à la chambre (AFNOR, 2005).

Ces paramètres, et en particulier le taux de renouvellement d'air dans la chambre d'essai et le taux de charge du produit, permettent de réaliser les essais de caractérisation des émissions des produits de construction dans des scénarios réalistes d'utilisation des produits dans une pièce témoin (décrite en annexe de la norme).

Une **cellule d'essai d'émission** (NF EN ISO 16000-10) est une cellule dont le volume est très nettement inférieur à celui d'une *chambre d'essai d'émission* et qui est placée directement à la surface d'une éprouvette de produit de construction.

Enfin, la troisième partie de la norme (NF EN ISO 16000-11) décrit les **procédures d'échantillonnage, de stockage et de préparation des éprouvettes d'essai** des produits de construction en vue de la réalisation des essais de caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde. Cette partie de la norme précise le mode de préparation des éprouvettes de produits :

- Solides,
- Liquides (produits devant évaporer une phase solvant ou aqueuse, par exemple : peintures, adhésifs, etc.),
- Composites (combinaison d'au moins 2 produits, par exemple : revêtement de sol collé sur une chape béton).

D'autre part, **les méthodes de mesure** des concentrations de formaldéhyde et de COV dans l'air intérieur ou dans des chambres (ou cellules) d'essai d'émission sont décrites dans les normes préparées en parallèle par l'International Standardization Organization (ISO) TC146/SC6 (Air quality – Indoor air) :

- ✓ NF ISO 16000-3 : Air intérieur – Partie 3 : Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés – Méthode par échantillonnage actif (AFNOR, 2002),
- ✓ NF ISO 16000-6 : Air intérieur – Partie 6 : Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et enceintes d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS/FID (AFNOR, 2005).

Le principe de la mesure du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés (benzaldéhyde, acétaldéhyde, hexaldéhyde, etc.) est basé sur un prélèvement actif par pompage sur un tube contenant du gel de silice imprégné de 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH), suivi par une élution liquide à l'acétonitrile et une analyse par chromatographie liquide haute performance avec détection UV (HPLC/UV).

Le principe de la mesure des COV repose sur un prélèvement actif par pompage sur un tube contenant un adsorbant spécifique (le Tenax TA), suivi par une désorption thermique et une analyse par chromatographie en phase gazeuse avec double détection par spectrométrie de masse (MS) et ionisation de flamme (FID).

Cette méthode est particulièrement optimisée pour les composés compris dans la fenêtre chromatographique entre le n-hexane ( $C_6$ ) et le n-hexadécane ( $C_{16}$ ).

La norme NF ISO 16000-6 définit les composés organiques très volatils (COTV), volatils (COV) et semi-volatils (COSV) de la façon suivante (d'après une classification de l'OMS) :

- Composés organiques très volatils (COTV) : composés organiques dont le point d'ébullition se situe entre < 0 °C et (50 à 100 °C) ,
- Composés organiques volatils (COV) : composés organiques dont le point d'ébullition se situe entre (50 à 100 °C) et (240 à 260 °C),
- Composés organiques semi volatils (COSV) : composés organiques dont le point d'ébullition se situe entre (240 à 260 °C) et (380 à 400 °C).

### I-2-b. Scénario d'exposition

Le principe des essais de caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde consiste à tester les émissions d'un produit de construction dans des conditions réalistes d'utilisation. L'essai doit ainsi permettre de calculer quelle serait la concentration d'exposition en polluants chimiques dans une pièce témoin (définie en terme de dimensions et de conditions de ventilation) à l'intérieur de laquelle ce produit aurait été mis en œuvre.

La concentration en COV mesurée en sortie de la chambre d'essai d'émission ( $C_{mes}$ ) permet de calculer le facteur d'émission du produit SER [ $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ] en fonction du taux de renouvellement de l'air dans la chambre d'essai  $n_c$  [ $\text{h}^{-1}$ ] et du rapport de la surface de produit utilisée  $S$  [ $\text{m}^2$ ] et du volume de la chambre d'essai  $V_c$  [ $\text{m}^3$ ]. On appelle débit de ventilation spécifique la grandeur  $q_c$  [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ], définie par :

$$q_c = n_c \cdot V_c / S \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}]$$

Le facteur d'émission est alors défini par :

$$\text{SER} = C_{mes} \cdot q_c \quad [\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}]$$

Le facteur d'émission permet ensuite d'estimer la concentration d'exposition ( $C_{exp}$ ) du COV considéré dans une pièce témoin (définie dans la norme NF EN ISO 16000-9) à l'intérieur de laquelle le produit de construction testé aurait été mis en œuvre :

$$\text{SER} = C_{exp} \cdot q_e \quad [\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}]$$

La pièce témoin est ainsi décrite dans la norme NF EN ISO 16000-9 :

- Surface sols ou plafond :  $S_s = 7 \text{ m}^2$ ,
- Surface murs :  $S_m = 24 \text{ m}^2$ ,
- Volume pièce :  $V_p = 17,4 \text{ m}^3$ ,
- Taux de renouvellement d'air :  $n_e = 0,5 \text{ h}^{-1}$ .

A titre d'exemple, pour le scénario « sols », les caractéristiques de la pièce témoin sont les suivantes :

- Taux de renouvellement d'air :  $n_e = 0,5 \text{ h}^{-1}$ ,
- Taux de charge ( $L_e = S_s / V_p$ ) :  $L_e = 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ ,
- Débit de ventilation spécifique ( $q_e = n_e / L_e$ ) :  $q_e = 1,25 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ .

La concentration d'exposition ( $C_{exp}$ ) peut donc être calculée à partir de la concentration en COV mesurée en sortie de la chambre d'essai d'émission ( $C_{mes}$ ) :

$$C_{exp} = C_{mes} \cdot q_c / q_e \quad [\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Ce scénario fait donc l'hypothèse que :

- le matériau est utilisé sur la totalité de la surface d'application disponible dans la pièce témoin (exemple : application du revêtement de sol sur  $7 \text{ m}^2$ )
- le matériau est la seule source de composés organiques volatils dans la pièce témoin contribuant aux concentrations mesurées.

**Ainsi, si l'on teste les émissions d'un revêtement de sol avec un débit de ventilation spécifique de  $q = 1,25 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  dans une chambre d'essai d'émission<sup>9</sup>, les concentrations mesurées en sortie de la chambre d'essai seront égales aux concentrations d'exposition calculées dans la pièce témoin ( $q_c = q_e$ ).**

Pour le scénario « murs », et afin d'être dans les mêmes conditions, il est nécessaire de fixer un débit de ventilation spécifique  $q = 0,4 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ .

---

<sup>9</sup> Ce principe permet par exemple de travailler avec un taux de renouvellement de l'air ( $n$ ) et un taux de charge ( $L$ ) plus importants, mais toujours dans un rapport  $q = n / L = 1,25$ .

Les résultats des essais peuvent être exprimés sous la forme de concentrations en sortie de la chambre (ou cellule) d'essai d'émission C [ $\mu\text{g.m}^{-3}$ ] ou de facteurs d'émission spécifiques SER [ $\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ].

Les émissions des produits de construction présentent généralement des dynamiques d'émission décroissantes avec le temps (concentrations importantes dans les premiers jours). Ainsi, les normes NF EN ISO 16000-9 et NF EN ISO 16000-10 précisent que les émissions des produits de construction doivent être caractérisées après 3 et 28 jours de conditionnement en chambre (ou cellule) d'essai. Selon ces normes d'essais, une durée de 28 jours est considérée comme un compromis acceptable pour la caractérisation du niveau d'émission d'un produit de construction représentatif de sa vie en œuvre. La plupart des évaluations sur la base de critères sanitaires reposent sur l'examen des émissions à 28 jours. Les concentrations globales en COV continuent généralement à décroître par la suite.

Pour des besoins spécifiques, les émissions peuvent être également caractérisées après des temps plus courts (1 jour) ou plus longs (56 jours, 6 mois).

Ensuite, une fois ces données obtenues, le principe de l'évaluation sanitaire des émissions consiste à comparer les concentrations d'exposition ainsi déterminées à des valeurs limites d'émission. Si les seuils retenus sont respectés (non dépassés), alors le matériau testé est jugé conforme au protocole.

### I-3. Présentation du protocole ECA (1997)

#### I-3-a. Contexte

Le protocole ECA (1997) a été mis au point dans le cadre de l'action de collaboration européenne intitulée « Indoor Air Quality & its Impact on Man », coordonnée par le Joint Research Center (JRC) d'Ispra de la Commission Européenne et destinée à organiser la collaboration entre scientifiques européens afin de construire des bâtiments « sains » et énergétiquement économies.

Cette concertation a donné lieu à la rédaction d'un rapport<sup>10</sup> décrivant le principe général d'une démarche simplifiée d'évaluation des risques sanitaires par la définition d'un protocole de qualification des produits de construction sur la base des émissions de COV et de critères sanitaires. Les conclusions de ces travaux ont permis de construire un protocole de qualification

---

<sup>10</sup> European Collaborative Action. Report n°18, Evaluation of VOC emissions from buildings products – Solid flooring materials, 1997

de matériaux solides utilisés comme revêtements de sols sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires.

Selon les auteurs, cette procédure présente certaines limites. En effet elle :

1. est restreinte à une application pour les matériaux solides de revêtements de sols<sup>11</sup>,
2. est dédiée essentiellement à un objectif de labellisation ou de classement de tels matériaux,
3. est basée sur un scénario simplifié d'exposition,
4. fait des hypothèses simplificatrices dans l'estimation des effets sanitaires.

En effet, dans le cadre notamment du point 2, les auteurs indiquent qu'en principe, une évaluation sanitaire des émissions de COV d'un matériau de construction nécessiterait une estimation de l'exposition associée à ces émissions qu'un individu peut subir, ainsi qu'une estimation de l'exposition globale de cet individu aux mêmes COV. Les auteurs considèrent que cette estimation est malheureusement très complexe à réaliser car il n'existe pas de scénario prenant en considération tous les facteurs influençant les concentrations en COV, tout en tenant compte du temps d'exposition de chaque individu. Pour exemple, l'ECA cite notamment que :

1. L'émission d'un COV<sub>i</sub> d'un revêtement de sol ne dépend pas seulement du type de matériau utilisé mais aussi de ce qui se trouve dessous (i.e. colle) et du type de finition appliquée sur le matériau ;
2. Le revêtement de sol n'est pas la seule source du COV<sub>i</sub> dans une pièce ;
3. La concentration d'un COV<sub>i</sub> dans une pièce ne dépend pas seulement des émissions mais aussi des phénomènes d'adsorption et de désorption sur les surfaces intérieures, et de réactions chimiques ;
4. Les phénomènes d'émission et d'adsorption des COV<sub>i</sub> dépendent de la température, et de l'humidité relative ;
5. La concentration d'un COV<sub>i</sub> dans une pièce peut ne pas être homogène ;

---

<sup>11</sup> Les auteurs précisent par ailleurs que cette procédure est tout de même déclinable pour l'évaluation des émissions d'autres produits de construction solides (i.e. murs) en adaptant certains paramètres du scénario d'exposition (notamment le débit de ventilation spécifique).

6. L'exposition à un  $\text{COV}_i$  ne dépend pas seulement de sa concentration dans la pièce contenant le matériau visé, mais aussi de la concentration de ce  $\text{COV}_i$  dans tous les autres micro-environnements visités par l'individu, ainsi que le temps passé dans chacun d'eux.

En définitive, le même individu peut être exposé à des centaines de COV et d'autres polluants de l'air à des niveaux pouvant affecter sa santé. Des modèles complets permettant de calculer l'exposition individuelle ne sont pas disponibles car ils seraient extrêmement complexes, nécessitant un trop grand nombre de données non disponibles ou à un coût de mesure trop élevé.

Dans son rapport, l'ECA souligne bien ces différentes incertitudes et les auteurs estiment en conséquence qu'une évaluation simple et protectrice des expositions consécutives aux émissions des revêtements de sols au regard de la santé des occupants peut être basée sur :

- la détermination des taux d'émission spécifiques du matériau considéré afin de calculer les concentrations d'exposition,
- la considération d'une exposition 24h/24, 168h par semaine,
- l'hypothèse simplificatrice d'un air de composition homogène dans une pièce et de conditions de ventilation suffisantes.

### I-3-b. Protocole ECA

Ainsi, le protocole de qualification proposé par l'ECA se décline globalement en 4 étapes essentielles :

#### *I-3-b-i) Choix du scénario et préparation de l'échantillon*

La première étape du protocole consiste à déterminer le débit de ventilation spécifique  $q_c$  à appliquer en ajustant le taux de renouvellement de l'air ( $n$ ) et le taux de charge ( $L$ ) du matériau à tester. L'objectif est de tester le matériau dans des conditions réalistes d'utilisation et de pouvoir ramener les concentrations mesurées dans la chambre d'essai ( $\{C\}$ ) aux concentrations attendues dans un scénario d'exposition standard ( $[\text{COV}]$ ). Les équations permettant de les déterminer, explicitées dans le rapport de l'ECA, sont :

- Calcul du facteur d'émission SER à partir de la concentration mesurée (pour un  $\text{COV}_i$ ) :
  - $\text{SER}_i = \{C\}_i \times q_c \ [\mu\text{g.h}^{-1}.\text{m}^{-2}]$   
où  $\{C\}_i$  est la moyenne des mesures effectuées d'un  $\text{COV}_i$  (au moins deux mesures)  
et  $q_c = n / L \ [\text{m}^3.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-2}]$  est le débit de ventilation spécifique **expérimental**
- Calcul de la concentration d'exposition  $[\text{COV}]$ , à partir du facteur d'émission  $\text{SER}_i$  :

○  $[COV]_i = SER_i / q_e \text{ [} \mu\text{g.m}^{-3} \text{]}$

où  $q_e$  est le débit de ventilation spécifique **défini par la norme et représentatif du scénario d'utilisation du produit**

Ainsi :

$$[COV]_i = \{C\}_i \times q_e / q_e$$

L'ensemble des recommandations relatives aux procédures d'échantillonnage, de stockage et de préparation des éprouvettes d'essai des produits de construction en vue de la réalisation des essais de caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde proposées par l'ECA sont décrites dans la norme NF EN ISO 16000-11.

### *I-3-b-ii) Mesures et évaluations après 24h +/-1h de conditionnement*

- Mesure des cancérogènes

Après un jour (24h +/- 1h) de conditionnement de l'éprouvette en chambre d'essai d'émission, l'air de la chambre d'essai est analysé et une mesure de composés cancérogènes classés en catégorie 1 par la Commission Européenne est effectuée ( $\{C\}_{ci}$ )<sup>12</sup>. Le protocole ECA propose en effet de ne mesurer que le benzène et le chlorure de vinyle monomère (CVM), tous deux classés cancérogènes catégorie 1, parmi tous les COV classés en catégorie 1 et 2, car ce sont les seuls jugés potentiellement présents dans les émissions de revêtements de sols. Cette mesure est essentiellement effectuée afin de protéger les individus, participant au jury de nez pour l'évaluation sensorielle à 3 jours, d'une exposition potentielle à des composés cancérogènes émis par le matériau de construction.

Les concentrations relevées dans la chambre d'essai d'émission sont ensuite rapportées selon le scénario d'exposition choisi ( $[COV]_{ci} = SER_{ci}/q_e$ ).

Ainsi, après 24h de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai, le risque « vie entière » doit être :

$$[COV]_{ci} * RU_i \leq 10^{-4}$$

où  $RU \text{ (benzène)} = 4 \cdot 10^{-6} [\mu\text{g.m}^{-3}]^1$  soit  $[\text{benzène}] \leq 25 \mu\text{g.m}^{-3}$

et  $RU \text{ (CVM)} = 1 \cdot 10^{-6} [\mu\text{g.m}^{-3}]^1$  soit  $[\text{CVM}] \leq 100 \mu\text{g.m}^{-3}$

<sup>12</sup> L'évaluation, du potentiel cancérogène d'une substance chimique sur l'homme peut être déterminée via des études menées chez l'homme ou extrapolée via des études chez l'animal. En fonction de cela, plusieurs organisations proposent à ce jour une classification des substances chimiques cancérogènes en fonction de leur risque potentiel. Ainsi, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC, <http://www.iarc.fr/>) et la Commission Européenne (CE, [http://ec.europa.eu/index\\_fr.htm](http://ec.europa.eu/index_fr.htm)) sont à ce jour deux des principales organisations faisant référence en la matière.

Le choix de l'ECA a été de se baser sur classification réglementaire de la CE construite en 3 catégories pour établir ses recommandations concernant les émissions de COV par les produits de construction. Une présentation de la classification des substances cancérogènes, mutagènes et/ou toxiques pour la reproduction (CMR) par la CE est proposée en Annexe 3

(RU étant le Risque Unitaire, considéré comme la probabilité supplémentaire de survenue d'une pathologie pour un individu exposé, pendant sa vie entière, à une unité de dose, par rapport à un groupe non exposé).

Le protocole ECA précise que si cette condition n'est pas remplie, l'essai peut être arrêté.

*I-3-b-iii) Mesures et évaluations après 72h +/-3h de conditionnement*

- Mesure de l'irritation sensorielle

Un groupe de 10-15 personnes, ou plus, est exposé à l'air d'une chambre d'essai contenant un échantillon de taille appropriée du matériau testé et aéré avec un débit de ventilation spécifique q<sub>e</sub> [ $\mu\text{g.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$ ] adapté à celui choisi dans le scénario d'émission du matériau testé. Le débit d'air envoyé sur chaque expérimentateur/testeur doit être au minimum de 0.9  $\text{l.s}^{-1}$  ou 3.24  $\text{m}^3\text{h}^{-1}$ .

A l'issue de ce test, si plus de 10% des expérimentateurs ressentent une irritation sensorielle, alors l'essai peut être arrêté.

- Mesure du TVOC

Après 3 jours de conditionnement, la concentration en TVOC (Total Volatile Organic Compounds) dans la chambre d'essai d'émission est déterminée.

La norme de référence NF ISO 16000-6 définit la concentration en TVOC comme la somme des concentrations des COV prélevés sur Tenax TA, éluant entre le n-hexane et le n-hexadécane (inclus) et quantifiés avec le facteur de réponse du toluène.

Cette concentration est rapportée selon le scénario d'exposition choisi et doit remplir la condition :

$$[\text{TVOC}] \leq 5000 \mu\text{g.m}^{-3}$$

Si ce critère d'évaluation est rempli, l'essai est poursuivi, sinon, l'essai peut être arrêté.

*I-3-b-iv) Mesures et évaluations après 28 jours +/-1j de conditionnement*

- Mesure de la concentration en TVOC

La concentration en TVOC est mesurée après 28 jours. La concentration correspondante est ensuite rapportée au scénario d'exposition choisi et doit remplir la condition :

$$[\text{TVOC}] \leq 200 \mu\text{g.m}^{-3}$$

- Mesure des concentrations de composés cancérogènes

Comme pour le test après un jour, les concentrations de composés cancérogènes de catégorie 1 que sont le benzène et le CVM doivent être mesurées.

Les concentrations relevées dans la chambre d'essai d'émission sont ensuite rapportées selon le scénario d'exposition choisi ( $[COV]_{ci} = SER_{ci}/q_e$ ).

Ainsi, après 28 jours de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai, le risque « vie entière » doit être :

$$[COV]_{ci} * RU_i \leq 10^{-5}$$

$$\text{où } RU(\text{benzène}) = 4.10^{-6} [\mu\text{g.m}^{-3}]^1 \text{ soit } [\text{benzène}] \leq 2,5 \mu\text{g.m}^{-3}$$

$$\text{et } RU(\text{CVM}) = 1.10^{-6} [\mu\text{g.m}^{-3}]^1 \text{ soit } [CVM] \leq 10 \mu\text{g.m}^{-3}$$

- Mesure d'odeur et de la perception de la qualité de l'air

Un test d'odeur ou de qualité perçue de l'air contenue dans la chambre d'essai doit être effectué après 28 jours de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai. Les résultats de ces tests doivent être rendus public sous une forme telle que le consommateur puisse comparer les émissions des différents matériaux et les classer, sur des critères relatifs aux perceptions sensorielles mesurées (détecteur d'odeurs, intensité d'odeur perçue, pourcentage de testeurs ayant été insatisfait de la perception sensorielle de la qualité de l'air...).

- Mesure des concentrations des COV individuels

Pour les matériaux ayant satisfais aux critères précédents, les COV sont identifiés individuellement et quantifiés si la moyenne des concentrations mesurées (au moins deux mesures) dans la chambre d'essai d'émission rapportées au scénario d'exposition choisi remplit la condition suivante :

$$[COV]_i \geq 5 \mu\text{g.m}^{-3}$$

L'ECA justifie cette condition par le fait que la plus faible LCI de leur protocole est deux fois plus élevée que cette condition et qu'en conséquence, à ce niveau de concentration aucun effet néfaste pour la santé humaine d'un composé individuel n'est attendu.

Les composés satisfaisant ce critère sont alors jugés comme COV d'intérêt pour l'évaluation toxicologique.

Les concentrations d'exposition des COV d'intérêt sont alors comparées à leur LCI, dont la méthode d'élaboration est explicitée dans le paragraphe I-5 et dont la liste est fournie dans le Tableau II. Les ratios  $R_i$  sont ensuite calculés pour chaque COV identifié ( $COV_i$ ) :

$$R_i = [COV_i]/LCI_i$$

Les COV d'intérêt mesurés sont dits évaluables lorsqu'une LCI leur est associée. Il est supposé ici que chaque  $COV_i$  n'a pas d'effet si le ratio  $R_i$  ne dépasse pas 1. De plus, en supposant une éventuelle additivité des effets des COV d'un point de vue sanitaire, l'ECA recommande que l'indice R, somme des  $R_i$ , ne dépasse pas la valeur de 1, soit :

$$R = \sum_i R_i = \sum_i [COV]_i / LCI_i \leq 1$$

R est l'indice de risque des COV émis et évaluables par le matériau testé.

Les COV d'intérêt mesurés pour lesquels aucune LCI n'est associée ou qui n'ont pas été identifiés avec certitude sont considérés comme non évaluables ( $COV_{ni}$ ). Le protocole ECA fixe comme condition pour ces COV que :

$$\sum_i [COV]_{ni} \leq 20 \mu\text{g.m}^{-3}$$

**Si toutes les conditions du protocole ont été remplies, le matériau testé respecte les exigences du protocole ECA et il peut donc recevoir un label sur cette base.**

### I-3-c. Schéma de principe du protocole ECA

La Figure 1 synthétise le protocole proposé par l'ECA pour qualifier les produits de construction solides (ici les revêtements de sols) sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires.

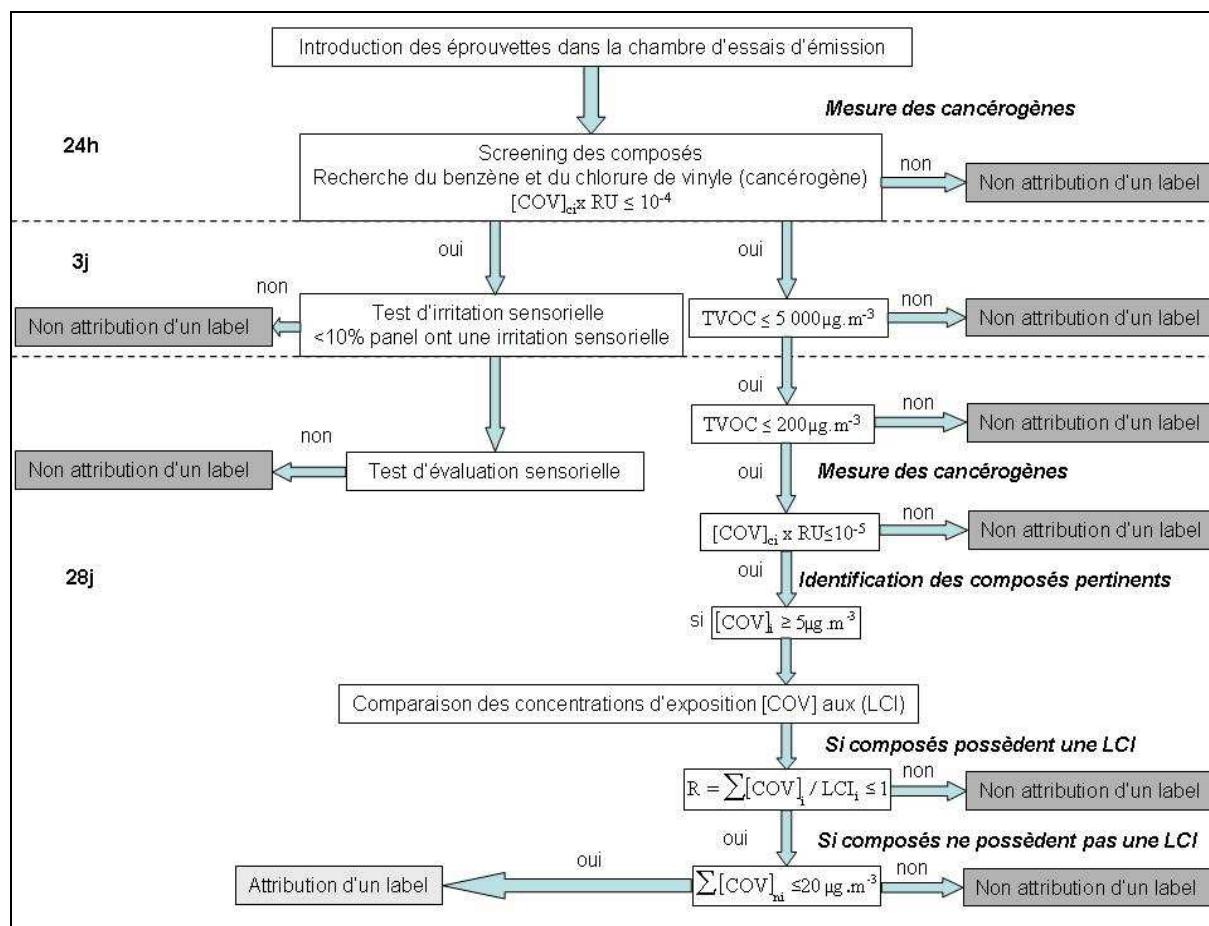


Figure 1 : Schéma de principe du protocole ECA (1997)

## I-4. Présentation du protocole AgBB (2003/2005)

### I-4-a. Contexte

Les principes du protocole allemand d'évaluation des matériaux de construction sur la base de critères sanitaires ont été élaborés par la commission d'experts "Protection de la santé et de l'environnement" de l'institut allemand des techniques de construction (DIBt). Ils se fondent sur le schéma du protocole de qualification des produits de construction établi par la "commission d'évaluation sanitaire des produits de construction" (AgBB).

Par ailleurs, et avant même l'évaluation des émissions de COV par les matériaux de construction, le DIBt s'assure de la conformité réglementaire du produit par une saisie et une évaluation des composants du produit de construction. Dans le cadre de la procédure d'homologation, la saisie des composants est effectuée sur la base de la composition que le fabricant doit présenter au DIBt. Les critères suivants sont appliqués :

- utilisation de critères d'exclusion pour des composants individuels,
- évaluation d'autres dangers potentiels que l'utilisation du produit est susceptible de présenter,
- comparaison avec des produits de construction de composition similaire déjà évalués sur la base de ces principes.

Le détail de cette procédure est disponible pour information sur le site Internet du DIBt (<http://www.dibt.de/>)

Dans un second temps, pour caractériser les émissions de COV par les matériaux de construction solides, l'AgBB a proposé un protocole<sup>13</sup> dérivé du protocole ECA, explicité ci après.

### I-4-b. Protocole AgBB

Une fois le choix du scénario et la préparation de l'échantillon effectués comme décrits précédemment dans le cadre de la présentation du protocole ECA (voir chapitre I-3-b-i), l'AgBB fixe les exigences suivantes au niveau de son protocole de qualification :

#### *I-4-b-i) Mesures et évaluations après 24h de conditionnement*

- la mesure à 1 jour des composés classés cancérogènes par la Commission Européenne n'est pas retenue. En effet, l'évaluation sensorielle à 3 jours n'étant pas appliquée dans le cadre du protocole AgBB, la mesure à 1 jour se révèle inutile.

<sup>13</sup> AgBB, Health-related evaluation procedure for volatile organic compounds emissions (VOC and SVOC) from building products (<http://www.umweltbundesamt.de/bauprodukte/agbb.htm> ).

*I-4-b-ii) Mesures et évaluations après 72h de conditionnement*

**A 3 jours, l'AgBB considère que le matériau doit satisfaire aux critères suivants :**

- concentration en TVOC  $\leq 10\ 000 \mu\text{g.m}^{-3}$ ,
- la somme des concentrations de tous les COV cancérogènes (listés en catégories 1 et 2 par la Commission Européenne) détectées après 3 jours ne doit pas excéder  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ .

*I-4-b-iii) Mesures et évaluations après 28 jours de conditionnement*

**A 28 jours, l'AgBB considère que le produit doit satisfaire aux critères suivants :**

- concentration en TVOC  $\leq 1\ 000 \mu\text{g.m}^{-3}$ ,
- concentration en composés organiques semi volatils (SVOC)  $< 100 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Les SVOC sont les COV prélevés sur Tenax TA, éluant entre le n-hexadécane (non inclus) et le docosane ( $C_{22}$  alcane) (définition de l'AgBB),
- la somme des concentrations de tous les COV cancérogènes (listés en catégories 1 et 2 par la Commission Européenne) détectés après 28 jours ne doit pas excéder  $1 \mu\text{g.m}^{-3}$ . L'objectif annoncé est ici d'exclure la possibilité d'émissions de COV cancérogènes pouvant affecter un utilisateur à long terme et ceci est illustré en instaurant un seuil aussi bas qu'analytiquement mesurable.
- identification et quantification des composés dont la concentration atteint ou dépasse  $2 \mu\text{g.m}^{-3}$ .
- comme défini dans le protocole ECA, les substances ayant une concentration d'exposition supérieure à  $5 \mu\text{g.m}^{-3}$  et disposant d'une NIK sont évaluées selon le critère :

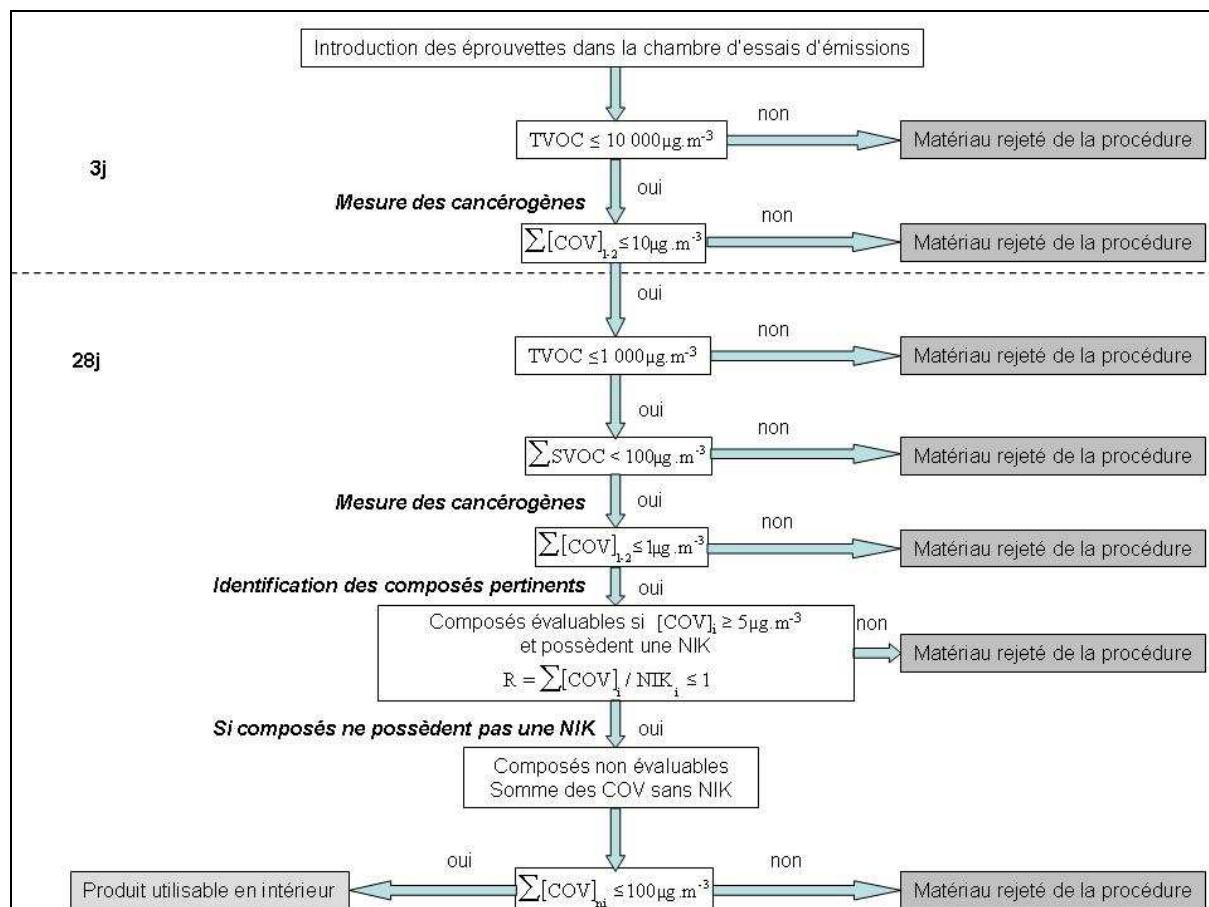
$$R = \sum_i R_i = \sum_i [COV]_i / NIK_i \leq 1$$

- somme des COV non évaluables  $< 100 \mu\text{g.m}^{-3}$  (composés sans NIK ou non identifiés avec certitude, 10 % de la valeur de la concentration en TVOC admise).

**Si le produit testé remplit toutes ces conditions, alors l'AgBB attribue au produit l'aptitude à l'utilisation dans des locaux intérieurs du point de vue de la protection de la santé.**

#### I-4-c. Schéma de principe du protocole AgBB

La Figure 2 synthétise le protocole proposé par l'AgBB pour qualifier les produits de construction solides sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires.



**Figure 2 : Schéma de principe du protocole AgBB (2003/2005)**

#### I-4-d. Analyse comparative des protocoles ECA et AgBB

Au final, les deux protocoles proposés observent globalement les mêmes principes généraux pour la qualification des produits de construction. Néanmoins, quelques choix spécifiques ont été réalisés. L'analyse comparative des 2 protocoles est synthétisée dans le Tableau I.

**Tableau I : Comparaison des protocoles ECA (1997) et AgBB (2003/2005)**

Jours	Paramètres	ECA (1997)	AgBB (2003/2005)
1	cancérogènes C1 : benzène et CVM	$[COV]_{ci} \cdot RU \leq 10^{-4}$ soit $[benzène] \leq 25 \mu\text{g.m}^{-3}$ et $[CVM] \leq 100 \mu\text{g.m}^{-3}$	/
3	TVOC	$5\ 000 \mu\text{g.m}^{-3}$	$10\ 000 \mu\text{g.m}^{-3}$
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	/	$10 \mu\text{g.m}^{-3}$
28	TVOC	$200 \mu\text{g.m}^{-3}$	$1\ 000 \mu\text{g.m}^{-3}$
28	$\Sigma$ SVOC	/	$100 \mu\text{g.m}^{-3}$
28	cancérogènes C1 : benzène et CVM	$[COV]_{ci} \cdot RU \leq 10^{-5}$ soit $[benzène] \leq 2,5 \mu\text{g.m}^{-3}$ et $[CVM] \leq 10 \mu\text{g.m}^{-3}$	/
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	/	$1 \mu\text{g.m}^{-3}$
28	R	$\Sigma [COV]_i / LCI_i < 1$	$\Sigma [COV]_i / NIK_i < 1$
28	$\Sigma [COV]_{ni}$	20	100

## I-5. Elaboration de valeurs limites d'émission

### I-5-a. Typologies de valeurs de référence

Afin de quantifier le risque lié à l'exposition par voie respiratoire à une substance chimique, un certain nombre de valeurs de référence sont utilisées. Ces valeurs sont déclinées selon leurs objectifs.

#### Les Valeurs Guides (VG)

D'après Air Quality Guidelines for Europe, WHO, second edition, European series, n°91, les valeurs guides (VG) dans l'air représentent, idéalement, « la concentration d'un produit chimique dans l'air qui n'engendre aucun effet adverse chez l'homme s'il y est exposé ». Une VG peut correspondre à une « concentration » si la substance est dite à seuil ou à un «risque unitaire » si la substance est dite sans seuil (cas de certains composés cancérogènes notamment). Selon la substance étudiée, la VG est donnée pour un pas de temps déterminé (15mn, 1h, 24h, 7j, annuel....).

Le principal objectif d'une VG de qualité d'air est de fournir une base pour protéger la santé des populations des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air et d'éliminer, ou de réduire à un niveau minimum, les contaminants ayant un effet néfaste sur la santé humaine et le bien-être, que cet effet soit connu ou supposé. Les méthodes de construction habituellement retrouvées reposent sur la détermination préalable de VTR qui, pour les substances ayant un seuil de toxicité, sont calculées en appliquant des facteurs d'incertitude à une certaine dose critique. L'OMS indique que, pour les effets cancérogènes, la méthode de construction générale diffère selon le classement cancérogène de la substance. Pour construire ses VG, l'OMS s'appuie plus particulièrement sur la classification proposée par le CIRC<sup>14</sup> : pour les substances du groupe 1 et 2A, il est généralement appliqué une extrapolation du risque aux faibles doses, alors que pour les substances du groupe 2B et 3, on applique des facteurs d'incertitude.

#### Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)<sup>15</sup>

Le terme VTR est une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques permettant d'établir une relation entre une dose et un effet néfaste pour la santé ou une dose et la probabilité d'un effet néfaste au sein d'une population. Elles sont définies par des instances

<sup>14</sup> La classification d'une substance chimique par le CIRC est réalisée selon les groupes suivants 1A = agent cancérogène pour l'homme, 2A = agent probablement cancérogène pour l'homme, 2B = agent possiblement cancérogène pour l'homme, 3 = agent non classifiable comme cancérogène pour l'homme, 4 = agent probablement non cancérogène pour l'homme.

<sup>15</sup> Institut de Veille Sanitaire, Valeurs toxicologiques de référence : méthodes d'élaboration. Bonvalot N et Dor F, (janvier 2002)

spécialisées, internationales (OMS ...) ou nationales (US-EPA, ATSDR, Health Canada, RIVM ...), sur la base d'une analyse systématique et exhaustive des connaissances toxicologiques et épidémiologiques disponibles. Elles sont généralement spécifiques d'un effet donné, d'une voie d'exposition (orale, respiratoire, cutanée) et d'une durée d'exposition. Elles sont principalement élaborées pour des expositions sur la totalité de la durée de vie d'un individu<sup>16</sup> (VTR dites « chroniques»). L'ATSDR et l'US EPA proposent également des VTR pour des périodes plus courtes. Ainsi, certaines VTR de l'ATSDR sont également définies pour des expositions aiguës<sup>17</sup> et subchroniques<sup>18</sup> (ou intermédiaires).

### **Les Valeurs Limites d'Exposition Professionnelles (VLEP)<sup>19</sup>**

La valeur limite d'un composé chimique représente sa concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération pour sa santé, même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées. Aucune atteinte organique ou fonctionnelle de caractère irréversible ou prolongé n'est raisonnablement prévisible. Pour prévenir la survenue de pathologies d'origine professionnelle dues à l'exposition à un polluant toxique, il faut réduire le plus possible cette exposition et fixer une limite à celle-ci. On a donc défini des niveaux de concentration dans l'atmosphère de travail à ne pas dépasser. Ce sont les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP). Elles sont fixées par le ministère chargé du Travail qui les révise périodiquement en fonction de l'état des connaissances. D'autres sont recommandées par la CNAMTS.

Deux types de valeurs sont ainsi disponibles :

- Des valeurs limites d'exposition à court terme (VLE), dont le respect permet d'éviter le risque d'effets toxiques immédiats ou à court terme. La VLE est une valeur plafond mesurée sur une durée maximale de 15 minutes, en fonction de la nature du risque, des conditions de travail et des possibilités techniques de mesurage ;
- Des valeurs limites de moyenne d'exposition (VME) destinées à protéger les travailleurs des effets à terme, mesurées ou estimées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures. La VME peut être dépassée sur de courtes périodes, sous réserve de ne pas dépasser la VLE, lorsqu'elle existe.

<sup>16</sup> pour les substances non cancérogènes, la validité d'application des VTR construites pour des expositions chroniques commence, par exemple, à partir de 1 an d'exposition pour l'ATSDR et de 7 ans pour l'US EPA.

<sup>17</sup> moins de 14 jours

<sup>18</sup> de 15 à 365 jours

<sup>19</sup> INRS, « valeurs limites d'exposition professionnelles aux agents chimiques en France », ND 2098 (2005)

Afin d'évaluer les différents matériaux entre eux et dans l'objectif de donner des informations relatives à la qualification sanitaire du matériau de construction testé, la comparaison des concentrations mesurées à l'émission des matériaux est réalisée avec des valeurs appelées **LCI** (Lowest Concentration of Interest) par l'ECA et **NIK** (Niedrigste interessierende Konzentrationen, traduction allemande de LCI), dans le cadre du protocole de l'AgBB. Ces valeurs, exprimées en  $\mu\text{g.m}^{-3}$ , sont construites sur la base des valeurs de référence existantes.

La méthodologie d'élaboration de ces valeurs dans le cadre des deux protocoles est présentée ci-après.

#### I-5-b. Construction des LCI (ECA)

La construction des LCI est basée sur l'existence de données toxicologiques (risque unitaire, NOAEL<sup>20</sup>) ou de valeurs de référence. L'ECA définit les LCI comme les plus faibles concentrations d'intérêt au dessus desquelles le polluant peut provoquer un ou des effets sur des personnes exposées.

**Il est précisé dans le protocole ECA que les LCI établies dans le cadre de cette procédure ne doivent malgré cela en aucun cas être utilisées comme des valeurs guides de qualité d'air intérieur.**

La méthode de construction des LCI est basée sur le choix de valeurs existantes produites par des organismes reconnus selon un arbre de choix dont l'ordre admis n'est pas explicité.

Ainsi, selon les valeurs de référence disponibles par substance et selon leur appartenance à la liste des substances classées cancérogènes, mutagènes et/ou toxiques pour la reproduction<sup>21</sup> (CMR) par la Commission Européenne, différents critères de précaution sont appliqués pour dériver la LCI d'une substance.

➲ Substances cancérogènes de catégorie 3, tératogènes, toxiques pour la reproduction et substances classées non cancérogènes

L'ECA a choisi d'élaborer ses LCI à partir de deux types de valeurs de référence disponibles au moment de l'élaboration du protocole (1997) :

- celles établies en population générale comme les Air Quality Guidelines<sup>22</sup> de l'OMS (AQG)
- soit celles en milieu professionnel comme les Occupational Exposure Limits européennes (OEL<sup>23</sup>)

---

<sup>20</sup> No Observed Adverse Effect Level = dose sans effet nocif observé

<sup>21</sup> Voir Annexe 3

<sup>22</sup> WHO Air Quality Guidelines for Europe (1<sup>st</sup> edition, 1987)

L'ECA a fait le choix de la procédure décisionnelle suivante :

- Si une AQG a été établie alors :

$$\text{LCI}=\text{AQG}$$

S'il existe plusieurs AQG établies pour différentes populations, plusieurs durées d'exposition (ex : 30min ou 24h), des effets différents, ou des AQG proposées par d'autres organismes reconnus que l'OMS, l'AQG choisie sera la plus faible.

- S'il n'existe aucune AQG mais qu'une OEL a été établie, alors par convention la LCI dérive de cette OEL. Il se peut que plusieurs organismes ou institutions nationales aient déterminé des OEL (Danemark, Allemagne, USA, et Grande-Bretagne). La valeur sélectionnée est alors la plus faible élaborée parmi celles recensées à laquelle on ajoute un facteur de sécurité (FS) :

$$\text{Composé non cancérogène (FS=100)} \quad \text{LCI} = \text{OEL} / 100$$

$$\begin{array}{ll} \text{Composé cancérogène catégorie 3,} & \text{LCI} = \text{OEL} / 1000 \\ \text{tératogène ou reprotoxique} & (\text{FS}=1000) \end{array}$$

#### **➲ Substances non évaluées par un organisme**

L'ECA jugeait que si certaines substances n'avaient pas encore été évaluées par un organisme reconnu, mais que cependant des équipes de recherche indépendantes avaient pu établir des AQG. Dans ce cadre précis :

$$\text{LCI} = \text{AQG} / 10 \quad \text{avec FS=10}$$

Si aucune donnée sur une substance n'était disponible, il était possible de reprendre la AQG ou OEL d'un composé de structure chimique analogue.

#### **I-5-c. Construction des NIK (AgBB)**

En se basant sur les mêmes hypothèses que l'ECA en terme de définition et d'objectif des LCI, l'AgBB indique aussi que « pour des raisons matérielles et juridiques, les valeurs NIK individuelles peuvent uniquement être utilisées comme des valeurs de calcul pour l'évaluation ou l'homologation de produits de construction et non comme des valeurs limites d'hygiène de l'air ambiant pour des substances individuelles ». Par ailleurs, l'AgBB s'appuie sur la méthode de déduction des NIK pour estimer qu'elles sont « la concrétisation adéquate des critères exigés par

---

<sup>23</sup> Occupational Exposure Limit = valeur limite d'exposition professionnelle

la législation de la construction pour la défense contre les risques sanitaires dus aux mélanges VOC/SVOC»<sup>24</sup>.

La construction des NIK est basée sur l'existence de valeurs guides pour les ambiances de travail. En Allemagne, les Maximum Workplace Concentrations, (MWC ou MAK en allemand) sont publiées dans une liste officielle TRGS 900 (TRGS : Technical Regulations for Hazardous Substances) et mises à jour régulièrement.

➲ Substances cancérogènes de catégorie 3, mutagènes, reprotoxiques et substances non cancérogènes

La procédure d'élaboration des LCI suit les étapes décrites ci-dessous selon un arbre décisionnel déterminé par les experts de l'AgBB :

- 1- Si une substance est publiée dans le TRGS et/ou qu'une OEL est établie par la Commission Européenne, alors la valeur la plus faible sera retenue pour établir la NIK.
- 2- Si une substance n'a pas de MAK publiée dans le TRGS ou d'OEL établie par la Commission Européenne, les LCI sont établies à partir des valeurs réglementaires d'autres pays européens, pour le milieu du travail. Si plusieurs valeurs existent pour une même substance, la NIK est dérivée de la valeur la plus faible.
- 3- Si pour une substance, il n'existe ni MAK, ni OEL européennes, ni autres valeurs réglementaires européennes, mais qu'une MWC a été établie par le DFG<sup>25</sup> et/ou une TLV<sup>26</sup> par l'ACGIH<sup>27</sup> et/ou une WEEL<sup>28</sup> par l'AIHA<sup>29</sup>, la NIK est dérivée de la valeur la plus faible.
- 4- Si la NIK d'une substance ne peut pas être établie à partir des critères précédemment énumérés, la valeur retenue est la NIK la plus faible d'une substance de la même classe chimique et toxicologique, multipliée par le ratio de leur poids moléculaire.
- 5- Si la substance est non évaluable et non identifiable, aucune NIK ne lui est associée.

Une fois les valeurs limites sélectionnées et afin de respecter les différences de conditions d'exposition et d'hétérogénéité de sensibilité des populations entre les travailleurs et la population générale, des facteurs de sécurité sont appliqués. Les NIK sont calculées de la façon suivante :

Substances cancérogènes

NIK = MWC/1000

<sup>24</sup> AgBB, Health-related evaluation procedure for volatile organic compounds emissions (VOC et SVOC) from building products (<http://www.umweltbundesamt.de/bauprodukte/agbb.htm> ).

<sup>25</sup> DFG : Deutsche Forschungsgemeinschaft ou German Research Association

<sup>26</sup> TLV : Threshold Limit Value

<sup>27</sup> ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienist

<sup>28</sup> WEEL : Workplace Environment Exposure Limit

<sup>29</sup> AIHA : American Industrial Hygiene Association

de catégorie 3 (FS=1000)

Substances non cancérogènes NIK = MWC/100  
(FS=100, excepté pour les irritants)

Substances reprotoxiques et mutagènes NIK = MWC/FS  
(FS déterminé au cas par cas selon la substance)

Les NIK sont déterminées par l'AgBB avec la collaboration de l'industrie et d'associations de fabricants. Des substances peuvent être ajoutées à la liste à l'initiative de l'AgBB avec la participation de représentants des fabricants. Par ailleurs, les fabricants ont la possibilité de demander à l'AgBB de déduire une NIK en présentant les données disponibles.

Les NIK de l'AgBB ont déjà fait l'objet de révisions annuelles (en 2004 et 2005) en fonction de l'évolution des connaissances relatives à la toxicologie des substances ou de l'identification de substances émises par certains produits qui ne disposent pas de valeur limite.

#### I-6. Valeurs de référence : LCI (1997) et NIK (2005)

Le Tableau II présente les différentes substances qui sont recherchées dans le cadre de la procédure d'évaluation des émissions de COV, pour les 2 protocoles existants, ainsi que les valeurs de référence associées. Les NIK de l'AqBB ont été mises à jour en 2005.

**Tableau II : LCI/NIK en  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  des substances visées dans les protocoles ECA (1997) et AgBB (2005)**

Substance chimique		N°CAS	LCI ECA (1997)	NIK AgBB (2005)
	Hydrocarbures Aromatique Monocyclique			
1-1	Toluène	108-88-3	1 000	1 900
1-2	Ethylbenzène	100-41-4	1 000	4 400
1-3	Xylènes (o-, m- and p- isomères)	1330-20-7	1 000	2 200
1-4	p-Xylène	95-47-6	1 000	2 200
1-5	m-Xylène	108-38-3	1 000	2 200
1-6	o-Xylène	106-42-3	1 000	2 200
1-7	Isopropyl benzène (cumène)	98-82-8	1 000	1 000
1-8	n-Propyl benzène	103-65-1	1 000	1 000
1-9	1-propenyl benzène ( $\beta$ -methyl styrène)	637-50-3	1 000	2 400
1-10	1,3,5-Triméthylbenzène	108-67-8	1 000	1 000
1-11	1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	1 000	1 000
1-12	1,2,3-Triméthylbenzène	526-73-8	1 000	1 000
1-13	2-Ethyltoluène	611-14-3	2 000	1 000
1-14	o-cymène	527-84-4		1 100
1-15	m-cymène	535-77-3		1 100
1-16	p-cymène	99-87-6		1 100
1-17	1,2,4,5-Tétraméthylbenzène	95-93-2	1 000	1 100
1-18	n-Butyl benzène	104-51-8	1 000	1 100

<b>Substance chimique</b>		<b>N° CAS</b>	<b>LCI ECA (1997)</b>	<b>NIK AgBB (2005)</b>
1-19	1,3-Diisopropylbenzène	99-62-7	1 000	1 400
1-20	1,4-Diisopropylbenzène	100-18-5	1 000	1 400
1-21	Phenyl octane et isomères	2189-60-8		1 600
1-22	1-Phenyl decane et isomères	104-72-3		1 800
1-23	1-Phenyl undecane and isomers	104-72-3		1 900
1-24	4-Phenyl cyclohexène (4-PCH)	31017-40-0 4994-16-5	800	1 300
1-25	Styrène	100-42-5	70	860
1-26	Phenyl acetylène	536-74-3	800	840
1-27	2-Phenyl propène (a-Methylstyrène)	98-83-9	1 000	2 400
1-28	Vinyl toluène (isomères o-, m- and p-Methylstyrène)	25013-15-4		4 900
1-28 ter	o-Methylstyrène	611-15-4	1 000	
1-28 ter	m-Methylstyrène	100-80-1	1 000	
1-28 ter	p-Methylstyrène	622-97-9	1 000	
1-29	Autres alkylbenzènes			1000
1-30	Naphthalène	91-20-3	500	50
1-31	Indène	95-13-6	450	450
1-32*	1-Méthyl-2-propylbenzène	1074-17-5	1 000	
1-33*	1-Méthyl-3-propylbenzène	1074-43-7	1 000	
1-34*	2-Phenyl octane	777-22-0	1 000	
1-35*	5-Phenyl undecane	4537-15-9	1 000	
1-36*	5-Phenyl decane	4537-11-5	1 000	
<b>Hydrocarbure Aliphatique (n-, iso-, cyclo-)</b>				
2-1	3-methyl pentane	96-14-0	7 000	7 200
2-2	n-Hexane	110-54-3	700	72
2-3	Cyclohexane	110-82-7	3 000	7 000
2-4	Méthylcyclohexane	108-87-2	8 000	20 000
2-5	1,4-Diméthylcyclohexane	70688-47-0	8 000	20 000
2-6	1-Méthyl-4-méthyléthylcyclohexane cis	6069-98-3	8 000	20 000
2-6 bis	1-Méthyl-4-méthyléthylcyclohexane trans	1678-82-6	8 000	20 000
2-7*	2-Méthylbutane	78-78-4	10 000	
2-8*	n-Pentane	109-66-0	10 000	
2-9*	2-Méthylhexane	591-76-4	8 000	
2-10*	3-Méthylhexane	589-34-4	8 000	
2-11*	n-Heptane	142-82-5	8 000	21 000
2-12*	n-Octane	111-65-9	9 000	21 000
2-13*	Hydrocarbures en C9		10 000	21 000
2-14*	2-Méthyoctane	3221-61-2	10 000	21 000
2-15*	3-Méthyoctane	2216-33-3	10 000	21 000
2-16*	n-Nonane	111-84-2	10 000	21 000
2-17*	Hydrocarbures en C10		3 000	21 000
2-18*	3,5-Diméthyoctane	15869-93-9	3 000	21 000
2-19*	2-Méthylnonane	871-83-0	3 000	21 000
2-20*	n-Décane	124-18-5	2 000	21 000
2-21*	Hydrocarbures en C-11		10 000	21 000
2-22*	2,4,6-Triméthyoctane	62016-37-9	10 000	21 000
2-23*	4-Methyldécane	2847-72-5	10 000	21 000
2-24*	n-Undécane	1120-21-4	10 000	21 000
2-25*	Hydrocarbures en C-12		10 000	21 000
2-26*	Isododécane	112-40-3	10 000	21 000
2-27*	2,2,4,6,6-Pentamethylheptane	30856-18-6	10 000	21 000

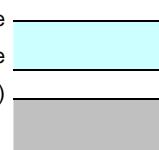
Substance chimique	N° CAS	LCI ECA (1997)	NIK AgBB (2005)
2-28* n-Dodecane	112-40-3	10 000	21 000
2-29* Hydrocarbures en C-13		10 000	21 000
2-30* 4,5-Diéthylnonane		10 000	21 000
2-31* n-Tridécane	629-50-5	10 000	21 000
2-32* n-Tetradécane	64036-86-3	10 000	21 000
2-33* n-Pentadécane	629-62-9	10 000	21 000
2-34* Hydrocarbures en C-16		10 000	21 000
2-35* n-Hexadécane	544-76-3	10 000	21 000
<b>Terpènes</b>			
3-1 3-Carène	13466-78-9	1 000	1 400
3-2 α-pinène	80-56-8	1 000	1 400
3-3 β-pinène	18171-67-3 127-91-3	1 000	1 400
3-4 Limonène	138-86-3	1 000	1 400
3-5 Autres terpènes			1 400
3-6* Camphène	79-92-5	1 000	
3-7* Longifolène	475-20-7	1 000	
3-8* Caryophyllène-trans	13877-93-5	1 000	
3-9* α-cédrene	469-61-4	1 000	
3-10* Turpentine	9005-50-7	1 000	
<b>Alcools</b>			
4-1 Ethanol	64-17-5		9 600
4-2 1-Propanol	71-23-8	5 000	2 400
4-3 2-Propanol	67-63-0	4 000	5 000
4-4 2-Méthyl-2-propanol (Tert-Butanol)	75-65-0	1 000	620
4-5 2-Méthyl-1-propanol	78-83-1	1 000	3 100
4-6 1-Butanol	71-36-3	1 000	3 100
4-7 1-Pentanol	71-41-0	3 000	3 600
4-8 1-Hexanol	111-27-3	1 000	4 200
4-9 Cyclohexanol	108-93-0	2 000	2 100
4-10 2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	1 000	2 700
4-11 1-Octanol	111-87-5	1 000	2 700
4-12 4-Hydroxy-4-méthyl-pentane-2-one	123-42-2		2 400
4-13 autres alcools de C4 à C10			3 100
<b>Alcools aromatiques</b>			
5-1 Phénol	108-95-2	400	78
5-2 2,6-di-tert--butyl-4-méthyl phénol (BHT)	128-37-0	400	100
5-3 Alcool benzyllique	100-51-6		440
<b>Glycols, éthers de glycol, esters de glycol</b>			
6-1 Propylène glycol	57-55-6	4 000	320
6-2 Ethylène glycol	107-21-1		260
6-3 Ethylène glycol monobutyl éther	111-76-2	1 000	980
6-4 Diethylène glycol	111-46-6		440
6-5 Diéthylène glycol monobutyl éther	112-34-5	1 000	1 000
6-6 2-Phenoxyéthanol	122-99-6		1 100
6-7 Ethylène carbonate	96-49-1		370
6-8 Propylène glycol monométhyl éther (1-Méthoxy-2-propanol)	107-98-2		1 900
6-9 2,2,4-Triméthyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (Texanol)	25265-77-4	1 000	
6-10 Butyl glycolate	7397-62-8		550
6-11 Diethylène glycol monométhyl éther acétate	124-17-4		800

<b>Substance chimique</b>		<b>N° CAS</b>	<b>LCI ECA (1997)</b>	<b>NIK AgBB (2005)</b>
6-12	Dipropylène glycol monométhyl éther	34590-94-8		3 100
6-13	Ethylène glycol monométhyl éther (2-methoxyéthanol)	109-86-4	10	15
6-14	Ethylène glycol monoéthyl ether (2-ethoxyethanol)	110-80-5	10	19
6-15	Ethylène glycol monoisopropyléther (2-propoxyéthanol)	2807-30-9		860
6-16	2-méthyléthoxyéthanol	109-59-1		220
6-17	Ethylène glycol n-hexyl éther (2-hexaoxyéthanol)	112-25-4		1 200
6-18	Diméthoxyéthane	110-71-4	1 000	19
6-19	1,2-diéthoxyéthane	73506-93-1		25
6-20	2-Méthoxyéthylacétate	110-49-6	20	25
6-21	2-Ethoxyéthylacétate	111-15-9	20	27
6-22	2-Butoxyéthylacétate	112-07-2		1 300
6-23	Diéthylène glycol n-hexyl éther (2-(2-hexaoxyéthoxy)-éthanol)	112-59-4		1 100
6-24	Diéthylène glycol diméthyl éther (1-méthoxy-2-(2-méthoxy-éthoxy))	111-96-6		28
6-25	1- Propylène glycol 2- méthyl éther (2-méthoxy-1-propanol)	1589-47-5		19
6-26	1-Propylène glycol 2-méthyl éther acétate (2-méthoxy-1-propyl-acétate)	70657-70-4		28
6-27	1,2-propylène glycol di-acétate	623-84-7		670
6-28	dipropylène glycol	110-98-5		550
6-29	Dipropylène glycol monométhyl éther acétate	88917-22-0		3 900
6-30	Dipropylène glycol mono-n-propyl éther	29911-27-1		1 100
6-31	Dipropylène glycol mono-n-butyl éther	29911-28-2 35884-42-5		1 200
6-32	Dipropylène glycol mono-t-butyl éther	132739-31-3		1 200
6-33	1,4-Butylène glycol	110-63-4		2 000
6-34	Tripropylène glycol monométhyl éther	20324-33-8 25498-49-1		1 000
6-35	Triéthylène glycol diméthyl éther	112-49-2		35
6-36	1,2-Propylène glycol diméthyl éther	7777-85-0		25
6-37*	Diméthoxyméthane	109-87-5	30 000	
<b>Aldéhydes</b>				
7-1	Butyraldéhyde (butanal)	123-72-8	400	640
7-2	Valeraldéhyde (pentanal)	110-62-3	400	1 700
7-3	Hexaldéhyde (hexanal)	66-25-1	400	890
7-4	Heptaldéhyde (heptanal)	111-71-7	400	1 000
7-5	2-Ethyl-1-hexanal	123-05-7	400	1 100
7-6	Octyl aldehyde (octanal)	124-13-0	400	1 100
7-7	Nonyl aldéhyde (nonanal)	124-19-6	400	1 300
7-8	Decyl aldéhyde (decanal)	112-31-2	400	1 400
7-9	Crotonaldéhyde (2-Butenal)	4170-30-3 123-73-9	60	1
7-10	2-Pentenal (trans)	1576-87-0	60	12
7-11	2-Hexenal (trans)	6728-26-3		14
7-12	2-Heptenal (cis)	2463-63-0	60	16
7-12 bis	2-Heptenal (trans)	18829-55-5	60	16
7-13	2-Octenal	2363-89-5		18
7-14	2-Nonenal (trans)	2463-53-8 188-29-86	60	20
7-15	2-Decenal (cis)	2497-25-8	60	22

<b>Substance chimique</b>		<b>N° CAS</b>	<b>LCI ECA (1997)</b>	<b>NIK AgBB (2005)</b>
7-15 bis	2-Decenal	3913-71-1 3913-81-3		22
7-16	2-Undecenal	2463-77-6 1337-83-3	60	24
7-17	Furfuraldéhyde (furfural)	98-01-1	70	20
7-18	Glutaraldéhyde	111-30-8		4
7-19	Benzaldéhyde	100-52-7		90
7-20*	Formaldéhyde (methanal)	50-00-0	10	
7-21*	Acétaldéhyde (ethanal)	75-07-0	40	
7-22*	Propionaldéhyde (propanal)	123-38-6	400	
<b>Cétones</b>				
8-1	2-Butanone (Méthyléthylcétone)	78-93-3	1 000	3 000
8-2	3-Méthyl-2-butanone	563-80-4	1 000	7 000
8-3	4-Méthyl-2-pentanone (Méthylisobutylcétone)	108-10-1	1 000	830
8-4	Cyclopentanone	120-92-3	900	6 900
8-5	Cyclohexanone	108-94-1	1 000	400
8-6	2-Méthylcyclopentanone	1120-72-5	900	8 000
8-7	2-Méthylcyclohexanone	583-60-8	2 000	2 300
8-8	Acétophénone	98-86-2		490
8-9	1-Hydroxyacétone (1-Hydroxy-2-propanone)	116-09-6		300
8-10*	Acétone	67-64-1	6 000	
<b>Acides</b>				
9-1	Acide acétique	64-19-7	250	500
9-2	Acide propionique	79-09-4	300	310
9-3	Acide isobutyrique	79-31-2	300	370
9-4	Acide butyrique	107-92-6	300	370
9-5	Acide 2,2-dimethylpropanoïque (acide pivalique)	75-98-9	300	420
9-6	Acide pentanoïque (acide n-valérique)	109-52-4	300	420
9-7	Acide hexanoïque	142-62-1	300	490
9-8	Acide heptanoïque	111-14-8	300	550
9-9	Acide octanoïque	124-07-2	300	600
9-10	Acide 2-éthylhexanoïque	149-57-5		50
9-11*	Acide hexadécanoïque	57-10-3	300	
<b>Esters et lactones</b>				
10-1	Acétate de méthyle	79-20-9		6 100
10-2	Acétate d'éthyle	141-78-6	5 000	7 300
10-3	Acétate de vinyle	108-05-4	300	36
10-4	Acétate d'isopropyle	108-21-4	6 000	4 200
10-5	Acétate propylique	109-60-4	6 000	4 200
10-6	2-Méthoxy-1-Méthyléthylacétate	108-65-6		2 700
10-7	Formiate de butyle	592-84-7	2 000	2 000
10-8	Méthacrylate de méthyle	80-62-6	2 000	2 100
10-9	autres methacrylates			2 100
10-10	Acétate d'isobutyle	110-19-0	7 000	4 800
10-11	Acétate de butyle	123-86-4	7 000	4 800
10-12	Acétate d'éthyl-2 hexyle	103-09-3	200	3 500
10-13	Acrylate de méthyle	96-33-3		180
10-14	Acrylate d'éthyle	140-88-5		210
10-15	Acrylate de n-butyle	141-32-2		110
10-16	Acrylate de 2-éthylhexyle	103-11-7		820
10-17	Autres acrylates			110

Substance chimique	N° CAS	LCI ECA (1997)	NIK AgBB (2005)
10-18 Adipate de diméthyle	627-93-0		7 300
10-19 Fumarate de diméthyle	105-75-9		4 800
10-20 Succinate de diméthyle	106-65-0		6 200
10-21 Glutarate de diméthyle	1119-40-0		6 800
10-22 Diacrylate d'hexaméthylène	13048-33-4		10
10-23 Ester dibutylique de l'acide 2-butènedioïque	105-76-0		190
10-24 Butyrolactone	96-48-0		2 700
10-25* Formiate de méthyle	107-31-3	2 000	
10-26* Acétate de linalyle	115-95-7	300	
<b>Hydrocarbures halogénés</b>			
11-1 Tétrachloroéthylène	127-18-4	70	340
11-2* Dichlorométhane	75-09-2	400	
11-3* Tétrachlorométhane	56-23-5	10	
11-4* 1,4-Dichlorobenzène	106-46-7	600	
11-5* 1,2-Dichloroéthane	107-06-2	700	
<b>Autres familles chimiques</b>			
12-1 1,4-Dioxane	123-91-1	30	73
12-2 Caprolactame	105-60-2	50	50
12-3 N-Methyl-2-Pyrrolidone	872-50-4	800	800
12-4 Octaméthylcyclotetra siloxane	556-67-2		1 200
12-5 Hexaméthylènetétramine	100-97-0		30
12-6 2-Butanonoxime	96-29-7		20
12-7 Tributyl phosphate	126-73-8		25
12-8 Triethyl phosphate	78-40-0		25
12-9 5-Chloro-2-methyl-2H-isothiazol-3-one (CIT) 2-Methyl-2H-isothiazol-3-one (MIT) mélange CIT:MIT ratio 3:1	26172-55-4 2682-20-4 55965-84-9		1
<b>Phtalates</b>			
13-1* Phtalate de diméthyle	131-11-3	30	
13-2* Phtalate de dibutyle	84-74-2	30	
13-3* Phtalates alkylés (saturés)		30	

\* substances pour lesquelles une LCI est proposée dans le cadre du protocole ECA (1997) mais ne fait pas l'objet de propositions dans la dernière liste des NIK (actualisation 2005) publiée par l'AgBB.



Substance ne disposant pas de LCI ou de NIK  
VVOC par AgBB (mise à jour 2005)

D'après l'AgBB, les substances considérées comme très volatiles (VVOC) ne sont pas analysables selon la norme NF ISO 16000-6 et, par conséquent, ne sont pas prises en compte dans le référentiel d'évaluation.

En effet, la méthode analytique décrite dans la norme NF ISO 16000-6 (prélèvements sur TENAX TA et chromatographie en phase gazeuse avec détection MS-FID) n'est pas optimisée pour les composés plus volatils que le n-hexane.

*Il est à noter ici que l'AgBB ne mesure et n'évalue pas la présence de formaldéhyde dans le cadre de son protocole. En effet, celui-ci est mesuré indépendamment dans une autre procédure particulière selon que le produit appartient à l'une des deux classes de matériaux suivants :*

- panneaux à base de bois : valeur limite d'émission de formaldéhyde  $\leq 0,1 \text{ ppm}$  selon *E DIN EN 717-1 (Directive DIBt 100, transposition du décret ChemVerbotsV, annexe au § 1, alinéa 3)*
- tous les autres matériaux de construction s'ils sont concernés : Valeur limite d'émission de formaldéhyde  $\leq 0,1 \text{ ppm}$  selon *ChemVerbotsV*, décèlement par mesure en chambre d'essai selon *E DIN EN 717-1 ou E DIN EN 13419-1 en relation avec DIN ISO 16000-3*.

Globalement, sur les 214 substances<sup>30</sup> ayant au moins une LCI dans l'un des 2 protocoles :

- 118 substances sont communes aux 2 protocoles
- 32 substances ne sont présentes que dans le protocole ECA
- 64 substances ne sont présentes que dans le protocole AgBB

Sur les 118 substances communes aux 2 protocoles :

- 10 substances ont des LCI identiques
- 30 substances ont des LCI avec un écart  $\geq 50\%$
- 78 substances ont des LCI avec un écart  $< 50\%$  (hors LCI identiques)

→ Suite à la lecture des documents de synthèse disponibles et à l'analyse des normes et protocoles existants, le groupe de travail Afsset s'est donc prononcé sur la pertinence scientifique de ces normes d'essais et de ces deux protocoles d'évaluation sanitaire. Il a décidé d'utiliser ces normes et ces deux protocoles comme base de travail pour la mise au point d'un système de classification des émissions de COV et de formaldéhyde des produits de construction solides sur la base de critères sanitaires.

<sup>30</sup> Hors substances listées dans des appellations du type « hydrocarbures en C13 » qui regroupent un nombre indéterminé de substances.

## II. ELABORATION DU PROTOCOLE AFSSET : QUALIFICATION DES PRODUITS DE CONSTRUCTION SUR LA BASE DE LEURS EMISSIONS DE COV ET DE FORMALDEHYDE ET DE CRITERES SANITAIRES

### II-1. Contexte

Sur la base des 2 protocoles de qualification des produits de construction existants (ECA et AgBB), les experts du groupe de travail ont travaillé à l'élaboration d'un protocole de qualification des produits de construction sur la base des émissions de COV et de formaldéhyde et de critères sanitaires.

Les différents paramètres proposés dans les protocoles existants ont été discutés et évalués par les experts du travail. Les conclusions et recommandations faisant suite à cette réflexion collective sont présentées ci-après.

### II-2. Normes utilisées

Afin de mettre en application les méthodes les plus pertinentes pour évaluer les émissions de COV et de formaldéhyde pouvant être générées par les matériaux de construction, le protocole proposé par le groupe de travail se base sur les normes internationales existantes les plus récentes (série de normes horizontales NF ISO 16 000 : Air Intérieur) décrites dans le paragraphe I-2 et rappelées en Annexe 2.

### II-3. Liste des polluants visés

Les protocoles ECA (1997) et AgBB (2005) visent respectivement 150 substances<sup>31</sup> (dont le formaldéhyde) et 182 substances<sup>32</sup>, hors substances cancérogènes de catégories 1 et 2, évaluées indépendamment. Le groupe de travail a décidé d'inclure globalement dans le protocole proposé chaque substance considérée dans l'un ou l'autre des 2 protocoles ECA et AgBB. 198 substances<sup>33</sup> (hors SVOC notamment) sont donc visées spécifiquement par le protocole proposé par le groupe de travail. Par ailleurs, tous les composés cancérogènes classés en catégories 1 et 2 par la Commission Européenne et mesurables par la norme NF ISO 16000-6 sont évalués par le protocole AFSSET, alors que l'ECA n'évalue que le benzène et le chlorure de vinyle monomère (CVM).

---

<sup>31</sup> Hors substances listées dans des appellations du type « hydrocarbures en C13 » qui regroupent un nombre indéterminé de substances

<sup>32</sup> Idem note précédente

<sup>33</sup> Idem note précédente

## II-4. Détermination des CLI françaises

Suite à l'examen des différentes méthodes de construction des LCI et des NIK respectivement proposées par l'ECA et l'AgBB (voir paragraphe I-5), le groupe de travail a décidé de mettre à jour les valeurs de référence proposées. En effet, le groupe de travail a souhaité s'approprier une méthode de construction explicite en proposant des valeurs limites d'émission de COV et de formaldéhyde appelées ici **Concentrations Limites d'Intérêt (CLI)**. Il a été défini par les experts du groupe de travail que l'objectif de ces CLI serait identique à celui des LCI et NIK, c'est-à-dire de :

- Garantir la limitation des émissions de certains polluants par les produits de construction dans l'air intérieur
- Permettre l'évaluation de produits de construction sur une base sanitaire en comparant les niveaux des émissions de certaines substances chimiques

Pour cela, le groupe de travail a décidé de revoir les arbres de choix de l'ECA et de l'AgBB en les mettant à jour en fonction de valeurs de références (VG, VTR, VLEP,...) élaborées par des organismes reconnus et jugées d'intérêts.

La CLI d'une substance n'est pas utilisable comme valeur guide de qualité d'air, valeur toxicologique de référence ou valeur limite d'exposition professionnelle en tant que telle. En effet, bien que construite pour protéger d'effets sanitaires, la CLI est avant tout définie comme valeur limite d'émission d'une substance donnée par des produits de construction. La CLI ne garantit pas d'un seuil en dessous duquel aucun effet ne serait observé quelles que soient la population et la durée d'exposition associées mais elle permet, via la prise en compte conjuguée des CLI de chaque substance dans le calcul du facteur R (voir paragraphe II-6-c), d'identifier les produits de construction dont les émissions de COV et de formaldéhyde présentent un niveau considéré comme acceptable.

### II-4-a. Choix de la valeur de référence : arbre décisionnel

Afin de choisir la CLI à appliquer dans le cadre du protocole AFSSET, le groupe de travail a décidé de s'inspirer de la démarche suivie par l'ECA et l'AgBB en suivant un arbre de choix.

Ainsi, il a semblé pertinent de prendre en considération en tout premier lieu les valeurs guides de qualité d'air (voir paragraphe I-5-a). Il a été recherché les valeurs guides disponibles proposées par l'OMS (AQG, 2000), mais aussi plus récemment celles proposées par le groupe de travail européen INDEX (EC – JRC Critical Appraisal of the Setting and implementation of Indoor Exposure Limits in the EU, 2005) dont l'objectif était d'élaborer une liste de polluants chimiques prioritaires pour les environnements intérieurs susceptibles d'être réglementés dans le futur et de proposer des suggestions et des recommandations sur des valeurs limites d'exposition. Les CLI

devant être garantes de préoccupations sanitaires, les experts du groupe de travail ont donc choisi d'exclure les valeurs guides proposées par l'OMS ou INDEX intégrant des facteurs économiques et de faisabilité lors du choix de la valeur (voir cas du formaldéhyde, voir paragraphe II-4-c). Enfin, il a été suggéré de placer en premier choix de CLI, les valeurs guides de qualité d'air intérieur actuellement élaborées par l'Afsset afin de valoriser l'expertise récente menée sur certaines substances chimiques (dont des COV) jugées préoccupantes d'un point de vue sanitaire.

Afin d'utiliser au maximum des données sanitaires applicables dans des milieux non spécifiques et pour une population dite « générale » (en opposition avec le milieu professionnel), le groupe de travail a suggéré de retenir les valeurs toxicologiques de référence (VTR) définies pour une exposition chronique par voie respiratoire en second choix. Ces valeurs, non utilisées dans le cadre de la démarche d'élaboration de LCI et de NIK, et prenant en considérations des critères exclusivement sanitaires, ont donc été recherchées dans les documents mis à disposition par les principaux organismes internationaux reconnus. Si elle existe, la plus faible des valeurs construites sur un pas de temps chronique est choisie comme CLI.

Certains COV ne disposant pas de VG ou de VTR, le groupe de travail a décidé de retenir des valeurs issues du milieu professionnel en privilégiant les VME européennes, les VME françaises, allemandes et américaines, devant les valeurs issues d'autres pays européens tels que la Suède et le Danemark notamment.

Enfin, si aucune valeur acceptable n'est actuellement disponible, il est alors envisagé de conserver l'extrapolation faite pour ces substances, dans le cadre des protocoles ECA et AgBB, c'est-à-dire d'adopter la CLI d'une substance de structure chimique analogue. Néanmoins, les experts du GT indiquent que ces valeurs ne sont pas pleinement satisfaisantes d'un point de vue toxicologique car il subsiste dans ce cas une incertitude importante sur les niveaux proposés. S'appuyant en partie sur l'expertise menée par l'ECA et l'AgBB, les experts du GT ont repris ce critère pour choisir des CLI mais soulignent qu'une évaluation particulière doit être menée sur les substances concernées afin de définir dans le futur des CLI à partir de leurs propres caractéristiques toxicologiques.

La méthode élaborée par le groupe de travail pour définir ces CLI est donc basée sur l'arbre décisionnel suivant, présenté par ordre décroissant de choix :

(1) Valeurs guides de qualité d'air (milieu et population générale)

- i. Valeurs guides françaises (en cours d'élaboration à l'Afsset)
- ii. « Exposure Limit » long terme recommandées par la Commission Européenne (projet INDEX, 2005) : Si la valeur proposée n'est pas construite selon des critères essentiellement sanitaires, alors elle n'est pas retenue.

iii. Valeurs guides OMS (Air Quality Guidelines for Europe, 2000) : Si plusieurs AQG, alors la valeur définie sur le pas de temps le plus long est retenue. Si la valeur proposée n'est pas construite selon des critères essentiellement sanitaires, alors elle n'est pas retenue.

(2) Valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour une exposition chronique par voie respiratoire (milieu et population générale).

Si plusieurs VTR existent dans les bases IRIS, ATSDR, OEHHA et Health Canada, alors la plus faible est retenue,

(3) Valeurs Limites d'Exposition Professionnelles (VLEP)

- i. VME européennes sur 8 h (Directives 2006/15/CE, 2000/39/CE et 91/322/CE), VME françaises (INRS, février 2005), Allemagne (TRGS 900, octobre 2000 (mise à jour décembre 2004)), VME américaines (ACGIH, 2005). Si plusieurs VME sont disponibles, alors la plus faible est retenue,
- ii. VME autres pays européens. Si plusieurs VME sont disponibles, alors la plus faible est retenue,

(4) Analogie avec CLI d'une autre substance de composition chimique voisine (voir protocoles ECA ou AgBB).

#### II-4-b. Choix des facteurs de sécurité

En suivant cet arbre décisionnel, il a été décidé par les experts du groupe de travail que pour une meilleure homogénéité entre les CLI proposées, soient appliqués des facteurs dits « de sécurité (FS) » pour corriger les VME, non adaptées à la problématique de protection de la population générale. Par ailleurs, à l'instar des méthodes de construction des valeurs de référence par l'ECA et l'AgBB, il a été décidé d'appliquer un facteur supplémentaire afin de tenir compte du classement CMR de certains composés.

##### *II-4-b-i) Facteur de sécurité VME / CLI*

L'analyse des méthodes de construction des VME<sup>34</sup> (méthode proposée par le Groupe Européen SCOEL) montre en effet qu'on retrouve une similarité de construction entre les VG de qualité de l'air ou les VTR à seuil pour une exposition chronique par voie respiratoire qui sont définies pour la population générale et les VME destinées à protéger la santé en milieu professionnel.

---

<sup>34</sup> Commission Européenne, « Méthodologie de fixation des valeurs limites d'exposition professionnelle : Document de référence » (janvier 1999)

Néanmoins, les VME ne peuvent être considérées comme transposables pour protéger la population générale car :

- ◊ La durée d'exposition considérée correspond à la durée de travail : 8h/jour, 5 jours/semaine (ou 240j/an), pendant 40 ans. Cette période d'exposition est donc discontinue.
- ◊ La population active est plus homogène que la population générale (nourrissons, enfants, personnes âgées exclus).
- ◊ Les VME sont construites en premier lieu à partir de relations dose-effet définies par différentes phases :
  - ◊ 1) aucun effet
  - ◊ 2) effets compensatoires ou précoces, sans conséquence néfaste pour la santé
  - ◊ 3) troubles de santé précoces, effets néfastes clairs
  - ◊ 4) maladie déclarée
  - ◊ 5) décès

Les effets sont considérés comme devenant néfastes au cours du passage de la phase 2 à la phase 3. La définition au sens large des effets néfastes inclut le concept de « nuisances » en milieu du travail (difficulté d'objectiver), qui se différencie cependant d'une simple perception.

- ◊ Les informations nécessaires à l'élaboration d'une VME, outre les données de toxicité à long terme, de cancérogenèse, sur les organes cibles et la nature des effets, prennent en compte également les méthodes de mesures des concentrations d'air sur le lieu de travail.

Il résulte que les facteurs permettant de passer d'une dose critique à une VME sont souvent inférieurs aux facteurs d'incertitude appliqués aux VTR et aux VG en population générale.

**Ainsi, dans le cas où la valeur retenue pour fixer une CLI est une VME ou toute autre valeur de référence applicable en milieu professionnel, le groupe de travail a décidé d'appliquer un facteur de sécurité (FS).**

Ce facteur de sécurité intègre deux composantes :

- ◊ **un facteur de « transposition », basé sur des aspects scientifiques tenant compte de la différence de durée d'exposition entre les populations professionnelle et générale,**
- ◊ **un facteur de « précaution », basé de la différence d'hétérogénéité et de sensibilité entre ces deux types de population.**

Ainsi, la CLI calculée peut être exprimée de la façon suivante :

$$\text{CLI} \approx \text{VME} \times \frac{1}{\text{FS}} \text{ ou } \text{CLI} \approx \text{VME} \times \frac{1}{\text{FT}} \times \frac{1}{\text{FP}}$$

Avec *FT* : facteur de transposition

*FP* : facteur de précaution.

L'équation peut encore s'écrire :  $CLI \approx VME \times \frac{NHT_j}{NHtotal_j} \times \frac{NJT_s}{NJtotal_s} \times \frac{NAT_v}{NAtotal_v} \times \frac{1}{UFH}$ ,

Avec *NHT<sub>j</sub>* : nombre d'heures travaillées par jour ;

*NHtotal<sub>j</sub>* : nombre d'heures par jour ;

*NJT<sub>s</sub>* : nombre de jours travaillés par semaine ;

*NJTotal<sub>s</sub>* : nombre de jours par semaine ;

*NAT<sub>v</sub>* : nombre d'années travaillées en une vie

*NAtotal<sub>v</sub>* : nombre d'années vécues en moyenne<sup>35</sup>

*UFH* : facteur d'incertitude appliqué aux VTR pour tenir compte de la variabilité au sein de la population humaine (10).

Soit :  $CLI \approx VME \times \frac{8}{24} \times \frac{5}{7} \times \frac{40}{83,8} \times \frac{1}{10}$  ou encore  $CLI \approx \frac{VME}{88}$ .

Sur la base de ce calcul, le groupe de travail a choisi d'arrondir le facteur de sécurité à appliquer aux VME ainsi calculé (88) à **100**.

*II-4-b-ii) Facteur de sécurité pour les substances cancérogènes (catégorie 3), mutagènes (catégorie 3) et toxiques pour la reproduction (toutes catégories)*

Par ailleurs, afin de définir des CLI prenant en compte la sévérité des effets liés à l'exposition aux COV listés comme CMR par la Commission Européenne, le groupe de travail a choisi d'appliquer un facteur supplémentaire égal à 10 pour les COV potentiellement cancérogènes (catégorie 3) (cf. protocole AgBB). **Pour ces COV, le facteur de sécurité pour transposer une VME en CLI est donc égal à 1000.**

Ce facteur de sécurité de **1000** est aussi appliqué pour les COV classés potentiellement mutagènes (catégorie 3) et les COV classés toxiques pour la reproduction.

Les COV étant classés cancérogènes et/ou mutagènes de catégorie 1 et 2 par la Commission Européenne, pour lesquelles le potentiel de survenue de la maladie suite à une exposition à la substance est avéré ou fortement suspecté, sont soumis à un critère plus contraignant (voir paragraphe II-5).

<sup>35</sup> Espérance de vie française : 76,7 ans pour les hommes, 83,8 ans pour les femmes.

Par précaution, l'indice pris pour le calcul est l'espérance de vie pour la femme à 83,8 ans.

(Données Insee 2005, au 1er janvier 2006, pour la population de la France métropolitaine et des départements d'outre-mer, <http://www.insee.fr>)

## II-4-c. Choix de la valeur de référence du formaldéhyde

La détermination de la CLI du formaldéhyde a fait l'objet de discussions particulières. En effet, il a été observé une large disparité entre les valeurs de référence issues des différents organismes et institutions. De plus, au regard des discussions et réévaluations diverses dont fait l'objet le formaldéhyde actuellement, et notamment son évaluation pour modification éventuelle de sa classification en tant que cancérogène de catégorie 1 par la Commission Européenne, le groupe de travail ne souhaitait pas proposer une valeur élaborée indépendamment des travaux spécifiques en cours.

En suivant l'arbre de décision déterminé par le groupe de travail, la CLI française pour le formaldéhyde serait de  $30 \text{ } \mu\text{g.m}^{-3}$ , identifiée par le groupe de travail européen INDEX (2005) comme la NOAEL en moyenne sur 30 minutes. Cette valeur non définie spécifiquement sur un pas de temps chronique et non considérée comme valeur guide de qualité de l'air en tant que telle n'est pas retenue par les experts du GT. Par ailleurs, cette valeur a été proposée pour avis au groupe de travail « Formaldéhyde » constitué par l'Afsset pour une évaluation globale des risques liés à cette substance. La valeur proposée par le groupe de travail européen INDEX a été jugée trop élevée au regard des données sanitaires actuellement disponibles pour la substance, notamment au niveau de sa toxicité chronique.

Remarque : les experts du groupe de travail européen INDEX recommandent une valeur guide pour le formaldéhyde qui doit être aussi basse que possible car l'application de facteurs d'incertitudes à ce NOAEL les a conduit à calculer une valeur sanitaire de  $1 \text{ } \mu\text{g.m}^{-3}$ . Cette valeur, proche du niveau de fond mesuré en milieu rural (c'est-à-dire sans source de pollution spécifique du formaldéhyde) n'est pas recommandée par les experts du GT « COV et produits de construction » comme CLI.

En effet, le formaldéhyde a été identifié par les experts du groupe de travail « COV et produits de construction » comme une substance pouvant être émise à des niveaux variables notamment par un certain nombre de produits de construction. L'objectif du protocole et des CLI étant de garantir la limitation des émissions par les produits de construction de certains polluants dans l'air intérieur, les experts du groupe de travail ont souhaité proposer un référentiel qui permette l'évaluation des matériaux de construction actuellement vendus sur le marché français.

En seconde priorité, l'arbre décisionnel conduit à considérer une CLI de  $100 \text{ } \mu\text{g.m}^{-3}$ , valeur guide de qualité d'air sur 30 minutes proposée par l'OMS. Outre sa définition sur un pas de temps court, la valeur proposée par l'OMS a de même été jugée comme non suffisamment protectrice par tous les experts du groupe de travail « COV et produits de construction ».

C'est pour cela que, en attente des travaux du groupe de travail Afsset « Valeurs guides air intérieur » en charge d'élaborer des recommandations quant aux seuils de qualité d'air intérieur, notamment pour le formaldéhyde, le groupe de travail « COV et produits de construction » a décidé de retenir la valeur de **10 µg.m<sup>-3</sup>** proposée comme VTR chronique par l'ATSDR (1999). Cette valeur, amenée à être révisée, permet en effet de poser une première contrainte, essentielle à la réduction des concentrations à l'émission de certains produits de construction. Pour information, l'ECA propose une valeur de 10 µg.m<sup>-3</sup>, correspondant à la valeur de qualité de l'air proposée par l'OMS en 1987<sup>36</sup> pour protéger les populations sensibles, valeur qui n'est plus considérée dans la mise à jour du document OMS en 2000<sup>37</sup>. L'AgBB ne propose pas de NIK pour le formaldéhyde car cette substance fait l'objet de mesures indépendantes dans une autre procédure.

Dans la mesure où les travaux actuellement en cours au niveau européen conduiraient à identifier le formaldéhyde comme substance cancérogène de catégorie 1, cette substance ne serait alors plus évaluée par le biais de sa CLI mais serait évaluée dans la somme des composés cancérogènes de catégories 1 et 2.

L'ensemble des CLI ainsi construites est présenté en Annexe 4.

## II-5. Prise en compte des cancérogènes et mutagènes (catégories 1 et 2)

Pour la prise en compte des composés cancérogènes, le groupe de travail a décidé d'adopter le principe retenu dans le protocole AgBB (somme des composés C1 et C2 mesurables par la norme NF ISO 16000-6 < 10 µg.m<sup>-3</sup> à 3 jours et < 1 µg.m<sup>-3</sup> à 28 jours (prélèvements des COV sur Tenax TA et analyse par TD/GC/MS/FID)), plus sévère que le principe du protocole ECA qui ne propose d'évaluer de cette manière que la présence de benzène et de chlorure de vinyle monomère (CVM). De plus, les experts du groupe de travail recommandent que les substances mutagènes de catégories 1 et 2 (M1 et M2) suivent la même procédure que les substances C1 et C2 car celles-ci ont été jugées comme toutes aussi préoccupantes en terme de probabilité de survenue de la maladie suite à une exposition à celles-ci et sont pour la plupart reconnues comme étant des substances sans seuil. Les niveaux choisis par les experts du groupe de travail correspondent à ceux déterminés par les experts de l'AgBB, et conduisent ainsi, en particulier pour le seuil à 28 jours, à considérer qu'aucun COV cancérogène (C1 ou C2) et/ou mutagène (M1 ou M2) ne soit mesurable à l'état de traces par les outils analytiques actuellement disponibles. L'objectif est donc bien de rejeter tout produit de construction pouvant induire une exposition à ce type de polluants.

<sup>36</sup> OMS WHO Air Quality Guidelines for Europe (1<sup>st</sup> edition, 1987)

<sup>37</sup> OMS WHO Air Quality Guidelines for Europe (2<sup>nd</sup> edition, 2000)

Pour rappel, le caractère cancérogène et mutagène des substances est inscrit dans la directive 67/548/CEE<sup>38</sup> modifiée (tenant compte de la 29<sup>ème</sup> adaptation au progrès technique datée de juillet 2004). Il est important de souligner que les substances inscrites dans cette liste ne sont pas toutes définies comme étant des COV et ne sont donc pas toutes mesurables par la norme NF ISO 16000-6. Pour information, cette liste ne présente pas à l'heure actuelle de substances classées M1 et il est remarqué que les substances classées M2 sont aussi classées C1 ou C2 (sauf le carbendazime et le benomyl qui ne sont pas des COV). Jusqu'à la publication potentielle d'une prochaine adaptation au progrès technique de la directive 67/548/CEE, la mesure des composés C1 et C2 revient donc à considérer aussi les substances mutagènes de catégorie 2.

## II-6. Protocole AFSSET (2006)

Le groupe de travail s'est prononcé sur la pertinence scientifique des deux protocoles existants et a proposé des modifications par rapport aux protocoles ECA et AgBB. Les principales considérations prises en compte par le groupe de travail sont présentées ci-après.

### II-6-a. Mesures et évaluations après 24h +/-1h de conditionnement

Le protocole ECA propose la mesure de composés cancérogènes à 1 jour dans un objectif de protection des membres du jury de nez chargés d'effectuer un test d'irritation sensorielle à 3 jours (voir détails dans rapport ECA).

Le groupe de travail n'a pas retenu la réalisation d'une mesure d'odeur dans le protocole d'évaluation sanitaire des émissions des produits de construction solides. En effet, ce type d'évaluation sensorielle apporte une information complémentaire à l'analyse chimique des composés volatils, mais une information qui n'a pas de portée sanitaire. Plusieurs méthodes de mesure des odeurs dans l'air intérieur ou à l'émission des produits ont été proposées (notamment acceptabilité ou intensité d'odeur) sans faire l'objet d'harmonisation et de consensus, en particulier sur la détermination d'une valeur limite acceptable en terme d'analyse sensorielle.

La mesure des odeurs peut donc être réalisée en parallèle aux analyses chimiques nécessaires au protocole d'évaluation sanitaire, par exemple pour fournir des informations en matière de confort olfactif des environnements intérieurs, mais ce type de mesure reste complémentaire au protocole AFSSET (2006) et n'y est pas intégré.

Par conséquent, le groupe de travail n'a pas retenu la réalisation de la mesure des composés cancérogènes à 1 jour.

<sup>38</sup> Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses.

## II-6-b. Mesures et évaluations après 72h +/-3h de conditionnement

- Mesure de la concentration en TVOC

Après 3 jours de conditionnement de l'échantillon, la concentration en TVOC (Total Volatile Organic Compounds) dans la chambre d'essai d'émission est déterminée, même si ce critère n'a pas de caractère sanitaire (l'évaluation sanitaire étant faite à travers le calcul des ratios (R) des concentrations mesurées avec les CLI des substances identifiées et la mesure des composés cancérogènes). Cependant, ce critère est conservé car il est couramment utilisé comme indicateur lors de la caractérisation des émissions des produits de construction. Le choix se porte sur la valeur la moins discriminante proposée<sup>39</sup>, soit 10 000 µg.m<sup>-3</sup>.

La concentration d'exposition déterminée doit donc remplir la condition :

$$[\text{TVOC}] \leq 10\,000 \mu\text{g}.\text{m}^{-3}$$

- Mesure des composés cancérogènes de catégories 1 et 2

Après 3 jours de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai d'émission, le protocole AFSSET (2006) recommande que la somme des concentrations d'exposition, des substances cancérogènes (C1 et C2) mesurables par la norme NF ISO 16000-6, n'excède pas 10 µg.m<sup>-3</sup> soit :

$$\sum [\text{COV}]_{\text{C1,C2}} \leq 10 \mu\text{g}.\text{m}^{-3}$$

## II-6-c. Mesures et évaluations après 28 jours +/-2j de conditionnement

- Mesure de la concentration en TVOC

Après 28 jours de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai d'émission, la mesure de la concentration d'exposition en TVOC retenue par le protocole AFSSET (2006) est déterminée

---

<sup>39</sup> En effet, de nombreux COV présentent des CLI supérieures à 1000 µg.m<sup>-3</sup>, voire à 10000 µg.m<sup>-3</sup>. Prenons l'exemple d'un produit de construction qui ne présenterait aucune trace de composés cancérogènes à J3 et J28 et qui émettrait uniquement un seul COV : le méthylcyclohexane (7000 µg.m<sup>-3</sup> à J3 et 500 µg.m<sup>-3</sup> à J28). L'indice R à J28 serait donc égal à : R = 500/16000 = 0,31. Les émissions de ce produit seraient donc conformes aux exigences à caractère sanitaire du protocole AFSSET (absence de cancérogènes à J3 et J28 et indice R < 1). Le choix de la valeur la plus basse du TVOC proposée par l'ECA (5000 à J3 et 200 à J28) aurait donc conduit à la non-conformité des émissions d'un produit sur le critère du TVOC qui a uniquement une valeur indicative du niveau global des émissions (et reste intéressant à ce titre), mais pas de portée sanitaire. Le choix du GT est donc de limiter l'importance de ce facteur en proposant la valeur du TVOC la moins discriminante.

de la même façon que celle calculée au troisième jour. Le choix se porte, comme pour la mesure à 3 jours, sur la valeur la moins discriminante proposée<sup>40</sup> de 1000 µg.m<sup>-3</sup>, soit :

$$[\text{TVOC}] \leq 1000 \mu\text{g.m}^{-3}$$

- Le groupe de travail a choisi de ne pas retenir la mesure des SVOC à 28 jours proposée par l'AgBB. En effet, la norme appliquée pour la mesure des COV (NF ISO 16000-6) utilise un adsorbant qui ne permet pas de récupérer de façon quantitative certains composés classés dans les SVOC (pesticides par exemple).
- Mesure des concentrations des composés cancérogènes de catégories 1 et 2

Après 28 jours de conditionnement de l'échantillon en chambre d'essai d'émission, le protocole AFSSET (2006) recommande que la somme des concentrations d'exposition des substances cancérogènes (catégories C1 et C2) mesurables par la norme NF ISO 16000-6 n'excède pas 1 µg.m<sup>-3</sup> soit :

$$\sum [\text{COV}]_{\text{C1,C2}} \leq 1 \mu\text{g.m}^{-3}$$

- Mesure des concentrations des COV individuels non cancérogènes de catégories 1 et 2

Pour les matériaux ayant satisfait les critères précédents, les COV sont identifiés individuellement et quantifiés si la moyenne des concentrations d'exposition (au moins deux mesures) dans la chambre d'essai d'émission remplit la condition pour chaque COV identifié ( $\text{COV}_i$ ) :

$$[\text{COV}]_i \geq 5 \mu\text{g.m}^{-3}$$

Les composés satisfaisant ce critère sont alors jugés comme COV d'intérêt selon l'évaluation toxicologique.

Les concentrations d'exposition des COV d'intérêt sont alors comparées à leur CLI, dont la méthode d'élaboration a été définie précédemment (paragraphe II-4) et dont la liste est fournie en Annexe 4. Il est calculé pour chaque COV identifié ( $\text{COV}_i$ ) les ratios :

$$R_i = [\text{COV}]_i / \text{CLI}_i$$

<sup>40</sup> Idem note précédente

Les COV d'intérêt mesurés sont dits évaluables lorsqu'une CLI leur est associée. Il est supposé ici que chaque  $COV_i$  n'a pas d'effet si le ratio  $R_i$  ne dépasse pas 1. De plus, en supposant une éventuelle additivité des effets des COV d'un point de vue sanitaire, le protocole AFSSET (2006) recommande que l'indice R, somme des  $R_i$ , ne dépasse pas la valeur de 1, soit :

$$R = \sum_i R_i = \sum_i [COV]_i / CLI_i \leq 1$$

R est l'indice de risque des COV émis et évaluables pour le matériau testé<sup>41</sup>.

Les COV d'intérêt mesurés pour lesquels aucune CLI n'est associée, ou qui n'ont pas été identifiés avec certitude, sont considérés comme non évaluables ( $COV_{ni}$ ). Le protocole AFSSET fixe pour ces COV la condition suivante :

$$\sum_i [COV]_{ni} \leq 100 \mu\text{g.m}^{-3}$$

Le protocole AFSSET (2006) précise que si cette condition n'est pas remplie, le matériau est exclu de la procédure car le risque attribuable à l'émission de ces COV ne peut être évalué, du fait d'un manque de données toxicologiques disponibles. L'application d'un tel critère, calculé conventionnellement comme 10% du TVOC, permet donc d'identifier les substances pour lesquelles la recherche de nouvelles données serait nécessaire afin d'établir une CLI.

Si le produit testé remplit tous les critères du protocole AFSSET, ses émissions peuvent être qualifiées de :

---

---

**« Emissions de COV et de formaldéhyde conformes aux recommandations du protocole  
AFSSET (2006) »**

---

---

<sup>41</sup> Pour quelques COV disposant d'une CLI inférieure à  $5 \mu\text{g.m}^{-3}$  (cf. Annexe 4), les experts du groupe de travail recommandent qu'aucune trace ne soit mesurée avec l'outil analytique disponible et conformément à l'application des normes NF ISO 16000-6 et NF ISO 16000-3.

Le Tableau III résume le protocole proposé par le groupe de travail et les modifications apportées par rapport aux protocoles existants.

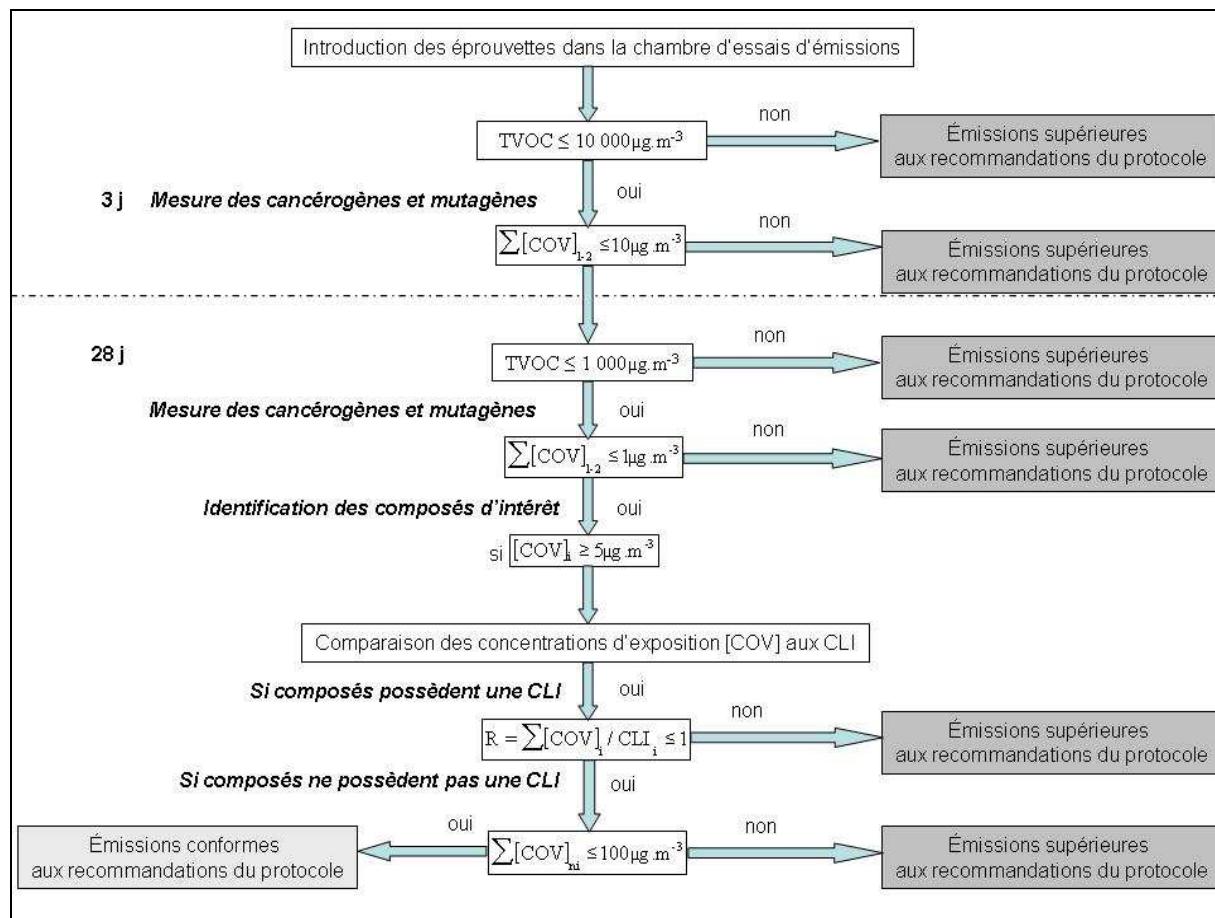
**Tableau III :** Protocole proposé par le groupe de travail (AFSSET, 2006)

Jours	Paramètres	ECA (1997)	AgBB (2003/2005)	AFSSET (2006)
1	cancérogènes C1 : benzène et CVM	[COV] <sub>ci</sub> •RU ≤ 10 <sup>-4</sup> soit [benzène] ≤ 25 µg.m <sup>-3</sup> et [CVM] ≤ 100 µg.m <sup>-3</sup>	/	Non retenu
3	TVOG	5 000 µg.m <sup>-3</sup>	10 000 µg.m <sup>-3</sup>	10 000 µg.m <sup>-3</sup>
3	Σ cancérogènes* C1, C2	/	10 µg.m <sup>-3</sup>	10 µg.m <sup>-3</sup> (et M1, M2)
28	TVOG	200 µg.m <sup>-3</sup>	1 000 µg.m <sup>-3</sup>	1 000 µg.m <sup>-3</sup>
28	Σ SVOC	/	100 µg.m <sup>-3</sup>	Non retenu
28	cancérogènes C1 : benzène et CVM	[COV] <sub>ci</sub> •RU ≤ 10 <sup>-5</sup> soit [benzène] ≤ 2,5 µg.m <sup>-3</sup> et [CVM] ≤ 10 µg.m <sup>-3</sup>	/	Non retenu
28	Σ cancérogènes* C1, C2	/	1 µg.m <sup>-3</sup>	1 µg.m <sup>-3</sup>
28	R	Σ [COV] <sub>i</sub> / LCI <sub>i</sub> < 1	Σ [COV] <sub>i</sub> / NIK <sub>i</sub> < 1	Σ [COV] <sub>i</sub> / CLI <sub>i</sub> < 1
28	Σ [COV] <sub>ni</sub>	20 µg.m <sup>-3</sup>	100 µg.m <sup>-3</sup>	100 µg.m <sup>-3</sup>

(\*cancérogènes mesurables selon la méthode d'essai normalisée NF ISO 16000-6)

## II-7. Schéma de principe du protocole AFSSET (2006)

La Figure 3 résume le protocole AFSSET (2006) proposé.



**Figure 3 : Schéma de principe du protocole AFSSET (2006)**

### III. APPLICATION DE LA PROCEDURE : CARACTERISATION DES EMISSIONS DE COV ET DE FORMALDEHYDE PAR DOUZE PRODUITS DE CONSTRUCTION SOLIDES

#### III-1. Méthodologie

Afin de tester le protocole de qualification des produits de construction proposé par les experts du groupe de travail coordonné par l'Afsset, des essais d'émission ont été réalisés sur douze produits de construction. Les émissions de ces produits ont été caractérisées après 1, 3 et 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission selon la norme NF EN ISO 16000-9.

Les résultats de ces essais d'émission de COV et de formaldéhyde sont ainsi évalués selon le protocole AFSSET, et, à titre de comparaison, selon les protocoles ECA et AgBB.

Dans la liste des produits visés par l'avis du 5 mars 2002 du CSHPF, le groupe de travail a sélectionné douze produits de construction : trois éléments de mur (cloisonnage ou isolation) et neuf revêtements de sol (car les protocoles ECA et AgBB sont spécifiques de ce type de produits).

##### III-1-a. Préparation des éprouvettes d'essai

Pour chacun des revêtements de sol, les laboratoires ont découpé des éprouvettes selon une dimension prédéterminée afin d'ajuster les paramètres opératoires aux conditions de la norme NF EN ISO 16000-9. Ces éprouvettes ont été fixées sur une plaque inox à l'aide d'un adhésif non émissif en aluminium recouvrant aussi le verso du revêtement, ne laissant qu'une face émissive, conformément à des conditions normales d'utilisation des produits testés.

De même, pour les tests effectués sur les éléments de mur, il a été découpé six éprouvettes, fixés deux à deux et dos à dos à l'aide d'un adhésif non émissif en aluminium afin de recouvrir leur contour, conformément à des conditions normales d'utilisation de ce type de produits.

##### III-1-b. Conditions de prélèvements des COV et aldéhydes

Les prélèvements des COV et aldéhydes par pompage sur support adsorbant spécifique ont été réalisés avant le début de l'essai (J0) puis après  $24 \pm 2$  heures (J1),  $72 \pm 2$  heures (J3) et  $28 \pm 2$  jours (J28) de conditionnement de l'éprouvette en chambre d'essai d'émission.

##### III-1-c. Conditions d'analyse des COV

L'analyse des COV a été réalisée selon les recommandations de la norme NF ISO 16000-6.

Les COV sont analysés par désorption thermique, chromatographie en phase gazeuse, identification par spectrométrie de masse (MS) et quantification par détecteur à ionisation de flamme (FID).

La concentration en COV totaux (TVOC) est calculée, pour les composés éluant entre le n-hexane et le n-hexadecane (inclus), comme la somme des COV identifiés et non identifiés quantifiés avec le facteur de réponse du toluène.

Dans la mesure du possible, les COV ont été quantifiés à l'aide de leur facteur de réponse spécifique.

Les composés pour lesquels les laboratoires ne disposaient pas d'un étalonnage spécifique étaient quantifiés en utilisant le facteur de réponse du toluène (concentration exprimée en toluène équivalent).

### III-1-d. Conditions d'analyse des aldéhydes

L'analyse des aldéhydes a été réalisée selon les recommandations de la norme NF ISO 16000-3.

Les prélèvements sont effectués sur des cartouches contenant du gel de silice garni de 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH). Les cartouches sont éluées dans 5 ml d'acétonitrile. Cette solution d'élution est ensuite analysée par chromatographie liquide haute performance avec détection UV (HPLC/UV)

Les aldéhydes sont identifiés et quantifiés par étalonnage spécifique.

### III-2. Résultats

Les émissions de COV et de formaldéhyde des douze produits testés ont été évaluées selon le protocole de qualification proposé par le groupe de travail AFSSET (2006) ainsi que selon les protocoles existants ECA (1997) et AgBB (2003, mise à jour en 2005 des NIK). Les résultats de ces différentes évaluations sont synthétisés dans le Tableau IV, selon la satisfaction du matériau, ou non, aux critères recommandés dans les différents protocoles (C = Conformité au protocole, NC= Non Conformité au protocole)

**Tableau IV : Synthèse des évaluations sanitaires selon les différents protocoles**

N°	gamme de produit	PROTOCOLES		
		AFSSET (2006)	ECA (1997)	AgBB (2005)
1	Revêtement de sol A	C	C	C
2	Revêtement de sol B	C	C	C
3	Revêtement de sol C	NC	C	NC
4	Élément de mur A	C	C	C
5	Élément de mur B	NC	NC	NC
6	Élément de mur C	NC	NC	NC
7	Revêtement de sol D	C	C	C
8	Revêtement de sol E	NC	NC	C
9	Revêtement de sol F	NC	NC	NC
10	Revêtement de sol G	NC	NC	C
11	Revêtement de sol H	C	C	C
12	Revêtement de sol I	C	C	C
<b>Conforme/total</b>		6/12	7/12	8/12

**Les résultats détaillés sont joints en Annexe 5 de ce document.**

Parmi les douze produits testés, les émissions de six produits sont conformes au protocole proposé par le groupe de travail (revêtements de sol A, B, D, H et I, élément de mur A) et les émissions de six produits ne sont pas conformes au protocole proposé par le groupe de travail (revêtement de sol C, E, F, G, éléments de mur B et C).

### III-3. Discussions

La comparaison des résultats des évaluations selon les différents protocoles appelle les commentaires suivants :

- ✓ Le choix de l'évaluation de tous les composés cancérogènes de catégories 1 et 2 (somme de concentrations  $\leq 1 \text{ } \mu\text{g.m}^{-3}$ ) s'avère pertinent car il permet d'identifier les produits de construction émettant notamment des composés cancérogènes de catégorie 2, qui ne sont pas évalués en tant que cancérogènes dans le protocole ECA. C'est par exemple le cas pour le revêtement de sol C dont les émissions sont globalement très faibles (voir TVOC), mais qui émet du trichloroéthylène (C2).
- ✓ La suppression de la mesure après 1 jour de conditionnement en chambre d'essai d'émission permet une simplification du protocole d'essai sans perte de pouvoir discriminant du protocole, dès lors que les composés cancérogènes de catégorie 1 et 2 sont évalués après 3 jours de conditionnement.
- ✓ Le choix des valeurs de TVOC identiques à celles du protocole AgBB (moins sévères que l'ECA) s'avère également pertinent car ce critère, non fondé sur une base toxicologique concrète, permet déjà de restreindre globalement le niveau de concentration de COV pouvant être associé à des problèmes d'inconfort.
- ✓ La prise en considération d'aldéhydes comme le formaldéhyde et l'acétaldéhyde s'avère déterminante pour la conformité au protocole de l'Afsset et de l'ECA, alors que ce paramètre n'est pas pris en compte dans le protocole AgBB. Ceci a induit une différence d'évaluation selon les protocoles dans le cas des revêtements de sol E et G.

Le protocole de qualification des produits de construction solides sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires retenu apparaît donc comme étant au moins aussi discriminant que les autres protocoles existants. Son principe, plus proche de celui du protocole AgBB que du protocole ECA, apporte une simplification de la procédure analytique (suppression de la mesure à un jour) ainsi qu'une amélioration de sa portée sanitaire (identification de composés cancérogènes de catégorie 2).

#### IV. CONCLUSIONS

Les ministères chargés de la santé et de l'environnement ont saisi l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale (Afsse, devenue Afsset par ordonnance en date du 1<sup>er</sup> septembre 2005) le 28 avril 2004 pour mettre en place une procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction. L'Agence répond par ce document aux trois premiers points :

A- se prononcer sur la pertinence scientifique et les conditions de faisabilité de la procédure d'évaluation des risques liés aux émissions de COV décrite en annexe II de l'avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) du 5 mars 2002 en indiquant les modifications éventuellement nécessaires ;

→ Suite à la lecture des documents de synthèse disponibles et à l'analyse des normes et protocoles existants, le groupe de travail Afsset s'est donc prononcé sur la pertinence scientifique des normes d'essais (séries ISO 16000) et des deux protocoles d'évaluation des émissions de COV des produits de construction (ECA et AgBB). Il a décidé d'utiliser ces normes et ces deux protocoles comme base de travail pour la mise au point d'un système de qualification des produits de construction solides sur la base des émissions de COV et de formaldéhyde et de critères sanitaires.

B- proposer un système de classification basé sur l'évaluation des risques liés aux émissions de COV ;

→ Au regard des protocoles existants en la matière, le groupe de travail Afsset propose un protocole de qualification des produits de construction solides sur la base des émissions de COV et de formaldéhyde et de critères sanitaires.

L'objectif de ce protocole est de disposer d'un outil permettant de comparer différents matériaux de gammes identiques en appliquant des considérations sanitaires.

Le protocole AFSSET (2006) est basé sur :

- le conditionnement d'éprouvettes de produits de construction solides en chambre ou cellule d'essai d'émission (série de normes d'essais NF EN ISO 16000, parties 9, 10 et 11),

- des mesures de COV et de formaldéhyde après 3 et 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission (NF ISO 16000-6 et NF ISO 16000-3)
- une évaluation de ces émissions faite selon des critères sanitaires. Les mesures de concentrations de COV dans la chambre d'essai d'émission sont rapportées selon un scénario considérant que le matériau est appliqué dans des conditions réalistes d'utilisation.

**La qualification des produits de construction solides sur la base des émissions de COV et de formaldéhyde et de critères sanitaires repose sur l'examen des critères suivants :**

- 3 jours :  $[TVOC] \leq 10\,000 \mu\text{g.m}^{-3}$ ,
- 3 jours : somme des composés cancérogènes C1 et C2 détectables par la norme NF ISO 16000-6  $\leq 10 \mu\text{g.m}^{-3}$ ,
- 28 jours :  $[TVOC] \leq 1000 \mu\text{g.m}^{-3}$ ,
- 28 jours : somme des composés cancérogènes C1 et C2 détectables par la norme NF ISO 16000-6  $\leq 1 \mu\text{g.m}^{-3}$ ,
- 28 jours : pour les  $[COV] \geq 5 \mu\text{g.m}^{-3}$  :
  - pour les COV disposant d'une CLI :  $R = \sum_i R_i = \sum_i [COV]_i / CLI_i \leq 1$
  - pour les COV ne disposant pas de CLI :  $\sum_i [COV]_{ni} \leq 100 \mu\text{g.m}^{-3}$

Cette évaluation repose notamment sur la vérification des concentrations de tous les composés cancérogènes C1 et C2 mesurables par la norme NF ISO 16000-6 ainsi que sur l'examen détaillé des concentrations des COV individuels et leur comparaison à des concentrations limites d'intérêt (CLI).

Pour ce faire, le groupe de travail a analysé le mode de construction des concentrations limites d'intérêt des protocoles ECA et AgBB et proposé une méthode explicitée de construction de nouvelles valeurs. Le groupe de travail a donc choisi une CLI pour 198 substances spécifiques (hors SVOC) en suivant un arbre décisionnel intégrant :

1. Valeurs guides (Afsset, INDEX, OMS)
2. VTR pour une exposition chronique par voie respiratoire,
3. VME française ou VME internationale corrigées d'un facteur de sécurité de 100 (ou de 1000 pour les composés C3, M3 et R)

**4. Analogie avec CLI d'un composé de structure chimique voisine (cf. ECA ou AgBB).**

Si les émissions de COV et de formaldéhyde des produits de construction respectent tous les critères du protocole AFSSET (2006), alors, ces émissions peuvent être qualifiées de :

**« Emissions de COV et de formaldéhyde conformes aux recommandations du protocole  
AFSSET (2006) »**

Le protocole AFSSET vise à caractériser les émissions des produits de construction solides, comme notamment :

- les panneaux de cloisons
- les plafonds et revêtements de plafonds
- les revêtements de sols
- les revêtements muraux
- les éléments de cloison, de maçonnerie et les produits d'isolations

C- valider la procédure proposée en l'appliquant pour 3 ou 4 produits ou matériaux à évaluer en priorité ;

→ Conformément à la demande de la saisine, il a été organisé des essais en laboratoire pour évaluer le potentiel discriminant de la procédure de qualification sur une série de matériaux, et comparer les résultats obtenus à ceux des protocoles ECA et AgBB. Le groupe de travail a testé le protocole AFSSET (2006) pour la caractérisation et l'évaluation des émissions de douze produits de construction solides (revêtements de sol, éléments de murs). Les émissions de six des douze produits testés se sont révélées conformes aux recommandations du protocole AFSSET (2006). Ce protocole s'avère au final au moins aussi discriminant que les deux protocoles existants ECA et AgBB.

## Perspectives

Les points D et E de la saisine, rappelés ci-après, n'ont pas été traités par les experts du groupe de travail :

- D- étudier la possibilité d'extension de cette procédure à d'autres sources de COV présentes dans les espaces clos (par exemple, équipements de ventilation-climatisation, ameublement, décoration, produits d'entretien, etc.) ;
- E- étudier la possibilité d'extension de cette procédure à d'autres familles de substances chimiques apportées dans l'environnement intérieur par les matériaux de construction susceptibles de concourir à une exposition des personnes également par contact et ingestion.

En effet, le groupe de travail souhaite connaître la position du CES « milieux aériens » quant à la teneur des travaux à engager pour répondre à ces deux interrogations. Celles-ci sont considérées par le groupe de travail comme vastes, complexes et nécessitant probablement des compétences non disponibles dans la composition actuelle du groupe de travail.

Le groupe de travail mentionne néanmoins que ces travaux complémentaires pourront à l'évidence largement s'appuyer sur les résultats et les avancées induites par le présent protocole mis au point pour les matériaux de construction solides.

Par ailleurs, le groupe de travail suggère que :

- **le protocole AFSSET de qualification des produits de construction solides sur la base des émissions de COV et de formaldéhyde et de critères sanitaires soit millésimé afin de tenir compte de la mise à disposition des travaux les plus récents. Ainsi, il faudra en particulier s'intéresser aux résultats du groupe de travail de l'Afsset sur les valeurs guides de qualité d'air intérieur destinées à être insérées dans l'arbre décisionnel d'établissement des CLI, à l'évolution de certaines données toxicologiques ainsi qu'à l'établissement de CLI spécifiques, si nécessaire (par exemple, émissions de certains composés ne disposant pas de CLI pour des familles de produits particulières). Le suivi et la mise à jour annuelle du protocole pourraient être réalisés par l'Afsset.**
- **les travaux soient poursuivis, en particulier pour que le protocole proposé, élaboré pour qualifier les produits de construction solides, soit adapté pour permettre la qualification de produits de construction et de décoration liquides.**

## BIBLIOGRAPHIE

Directive 89/106/CEE du conseil du 21 décembre 1988 modifiée par la Directive 93/68/CEE du Conseil du 22 juillet 1993 relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des Etats membres concernant les produits de construction, JOCE L40 du 11 février 1989 et L220 du 30 août 1993.

**Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France**, Avis relatif à l'information des utilisateurs sur les émissions de composés organiques volatils par les produits de construction, Séance du 5 mars 2002.

**European Collaborative Action**, Report n°18, Evaluation of VOC emissions from buildings products – Solid flooring materials, 1997

**AgBB**, Health-related evaluation procedure for volatile organic compounds emissions (VOC et SVOC) from building products (<http://www.umweltbundesamt.de/bauprodukte/agbb.htm> ).

**Institut de Veille Sanitaire**, Valeurs toxicologiques de référence : méthodes d'élaboration. Bonvallot N. et Dor F. (janvier 2002)

**INRS**, « Valeurs limites d'exposition professionnelles aux agents chimiques en France », ND 2098 (2005)

---

## ANNEXES

---

**Annexe 1 : Saisine**



COURRIER REÇU LE

29 AVR. 2004

682

MINISTÈRE DE L'ECOLOGIE ET DU  
DÉVELOPPEMENT DURABLE  
Direction des études économiques et  
de l'évaluation environnementale

N° 219

MINISTÈRE DE LA SANTE ET DE LA  
PROTECTION SOCIALE  
Direction générale de la santé

Le directeur général de la santé

Le directeur des études économiques et de  
l'évaluation environnementale

à

Madame la directrice  
Agence Française de Sécurité Sanitaire  
Environnementale  
27-31 Avenue du Général Leclerc  
94701 MAISONS ALFORT

Paris, le 28 AVR. 2004

**OBJET :** Procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction

**Pièce jointe :** Avis du 5 mars 2002 du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) relatif à l'information des utilisateurs sur les émissions de composés organiques volatils (COV) par les produits de construction.

Madame la directrice générale,

Dans son avis du 5 mars 2002 relatif à l'information des utilisateurs sur les émissions de composés organiques volatils (COV) par les produits de construction, le Conseil supérieur d'hygiène publique de France demande « qu'un comité ad hoc soit mis en place, sur l'initiative des pouvoirs publics, afin de contribuer à la définition et à la validation de la procédure visant à rendre disponible l'information relative aux impacts sanitaires associés aux émissions de COV : définition des scénarios d'exposition, établissement et suivi de la liste des substances à examiner et des valeurs de référence correspondantes, ... ». Une proposition de procédure d'évaluation des COV émis par les produits de construction, qui comporte trois phases, est décrite dans l'annexe II de cet avis.

Parallèlement, dans le cadre de la directive 89/106/CE relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des états membres concernant les produits de construction, la Commission européenne (DG Entreprises) prépare actuellement un mandat au Comité Européen de Normalisation (CEN) concernant l'élaboration de normes harmonisées dans le cadre de l'exigence essentielle n°3 (Santé, Hygiène et Environnement) requise pour le marquage CE des produits de construction.

Nous demandons à l'AFSSE dans ce contexte, en prenant en compte les études réalisées en France (notamment par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, dans le cadre de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur et du Comité Environnement et Santé de l'Avis Technique) et en Europe (notamment en Allemagne) concernant les émissions de COV par les produits de construction, de :

- se prononcer sur la pertinence scientifique et les conditions de faisabilité de la procédure d'évaluation des risques liés aux émissions de COV décrite en annexe II de l'avis du CSHPF, en indiquant les modifications éventuellement nécessaires ;
- proposer un système de classification basé sur l'évaluation des risques liés aux émissions de COV ;
- valider la procédure proposée en l'appliquant pour trois à quatre produits ou matériaux à évaluer en priorité ;
- étudier la possibilité d'extension de cette procédure à d'autres sources de COV présentes dans les espaces clos (par ex. équipements de ventilation-climatisation, ameublement, décoration etc.) ;
- étudier la possibilité d'extension de cette procédure à d'autres familles de substances apportées dans l'environnement intérieur par les matériaux de construction susceptibles de concourir à une exposition des personnes également par contact et ingestion.

Nous vous saurions gré de nous faire parvenir avant le 15 juillet 2004, une note d'étape sur l'organisation de vos travaux en réponse à cette saisine.

Nos services se tiennent à votre disposition pour de plus amples renseignements.

Nous vous prions d'agréer, Madame la directrice générale, l'assurance de notre considération distinguée.

Le directeur général de la santé



Professeur William DAB

Le directeur des études économiques  
et de l'évaluation environnementale



Dominique BUREAU

**Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France**  
**Section milieux de vie – groupe de travail « Bâtiment –Santé »**

**Avis relatif à l'information des utilisateurs  
sur les émissions de composés organiques volatils  
par les produits de construction.**

Séance du 5 mars 2002

**Considérant**

- que les composés organiques volatils (COV) sont des substances chimiques présentes à l'état gazeux dans les atmosphères (intérieures et extérieures) et issues de différentes sources, le terme COV englobant plusieurs dizaines de composés appartenant à différentes familles chimiques (notamment hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, aldéhydes, cétones, éthers de glycol, etc.) ;
- que les données disponibles d'évaluation de risques sanitaires à court et long terme et d'impact sur la qualité de l'air telle qu'elle est perçue incitent à limiter les apports de ces composés dans les environnements intérieurs ;
- que les individus passent plus de 80 % de leur temps dans les environnements intérieurs ;
- que la caractérisation des émissions de composés volatils dans l'air intérieur des locaux s'inscrit dans un objectif de meilleure prise en compte des préoccupations liées à l'hygiène, la santé et la qualité de l'environnement constituant désormais une des exigences essentielles applicables aux produits et ouvrages de construction
- qu'à ce titre, une meilleure connaissance des caractéristiques d'émission de COV par les produits de construction, doit permettre d'intégrer cette caractéristique dans le choix des utilisateurs (prescripteurs, consommateurs) en relation avec le souci de préserver la santé et la sécurité des occupants des bâtiments.
- que compte tenu de leur contact direct avec l'air intérieur, les émissions provenant notamment des produits de finition (revêtements de sol et de mur, peintures...) peuvent contribuer de manière non négligeable aux concentrations en COV mesurées dans l'air intérieur ;
- que des normes d'essais européennes et françaises sont désormais disponibles pour caractériser en laboratoire l'émission des COV pour certaines familles de produits de construction selon des conditions expérimentales et des protocoles visant à prévoir les concentrations attendues dans les bâtiments ;
- qu'une norme française est désormais disponible concernant l'information relative aux caractéristiques environnementales des produits de construction (NF XP01-010-1)

Le Conseil, sur la proposition du groupe permanent "bâtiment-santé",

**Estime qu'il est désormais possible et souhaitable que les utilisateurs puissent disposer d'une information relative à l'émission de composés organiques volatils par les produits de construction mis sur le marché ;**

**Recommande**

- que se mette en place, en priorité pour les produits de construction dont la liste figure en annexe I, une procédure visant à rendre disponible cette information ;
- que cette procédure permette de classer les produits en fonction des risques sanitaires associés aux émissions en COV au regard de l'état actuel des connaissances ;
  - que cette procédure s'appuie sur les normes d'essais et protocoles d'évaluation existants en ce qui concerne la caractérisation des émissions (selon l'annexe II.1);
  - que les expositions attendues dans les bâtiments résultant de l'utilisation de ces produits de construction soient calculées sur la base des résultats d'essais mentionnés précédemment (selon l'annexe II.2);
  - que ces valeurs d'exposition soient examinées au regard des données existantes concernant la toxicité des substances (selon l'annexe II.3) ;
  - que les référentiels existants soient adaptés et complétés pour tenir compte de la spécificité des différents produits concernés et des connaissances sur les impacts sanitaires ;

**Préconise**

- que cette procédure soit élargie à d'autres sources de COV présentes dans les espaces clos et affectant la qualité de l'air intérieur (équipements de ventilation-climatisation, ameublement, décoration, produits d'entretien, appareils domestiques, etc.) ;
- que soient prises en compte d'autres familles de substances apportées dans l'environnement intérieur par les produits visés et susceptibles de concourir à une exposition des personnes autrement que par inhalation (par contact ou ingestion) ;

**Demande :**

qu'un comité ad hoc soit mis en place, sur l'initiative des pouvoirs publics, afin de contribuer à la définition et à la validation de la procédure visant à rendre disponible l'information relative aux impacts sanitaires associés aux émissions de COV : définition des scénarios d'exposition, établissement et suivi de la liste des substances à examiner et des valeurs de références correspondantes, ... . Ce comité sera également chargé de l'évaluation de la procédure.

*cet avis ne peut être diffusé que dans sa totalité, sans suppression, ni ajout*

## **Annexe 1**

### **Liste des produits de construction concernés en priorité par l'évaluation de leurs émissions de COV.**

- Colles, vernis, mastics et enduits intérieurs
- Produits de protection des bois
- Panneaux de cloison
- Peintures intérieures
- Plafonds et revêtements de plafonds
- Produits de ragréage
- Revêtements de sol
- Revêtements muraux

## Annexe II

### **Procédure d'évaluation des composés organiques volatils émis par les produits de construction**

La procédure d'évaluation des produits de construction au regard de critères de santé et de confort (comparaison des concentrations en composés organiques volatils susceptibles d'être inhalés par l'occupant d'un bâtiment avec des données toxicologiques) comporte les trois grandes phases suivantes :

#### ***II.1 Détermination des facteurs d'émission des composés organiques volatils (COV) individuels et totaux (TCOV) sur la base d'essais en chambre environnementale***

Normes NF X 43 520 - 1, 2-3 Produits de construction, détermination des émissions de composés organiques volatils

ISO/DIS 16000-6 : Air Intérieur - Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et enceinte d'échantillonnage actif sur Tenax TA, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse MSD/FID",

ISO/DIS 16000-3 : Air Intérieur - Détermination du formaldéhyde et autres composés carbonylés - méthode de prélèvement actif ".

Les produits sont conditionnés dans des enceintes climatiques dans les conditions réalistes d'utilisation. L'air est prélevé au cours du temps après des périodes représentatives d'une part, des expositions de court terme et d'autre part, des expositions de long terme (par exemple 24 heures, 3 jours et 28 jours). L'analyse s'effectue par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse pour les COV et par chromatographie liquide haute performance pour les aldéhydes.

#### ***II.2. Modélisation des concentrations d'exposition en COV attendue dans un espace réel***

Sur la base des résultats expérimentaux en chambre environnementale, les concentrations attendues dans des espaces réels sont évaluées par le biais d'un scénario d'exposition simplifié.

#### ***II.3. Comparaison avec les données toxicologiques disponibles***

- Les exposition aux COV préalablement calculées sur la base des scénarios de court terme et de long terme sont comparées à des valeurs de références en s'appuyant en particulier sur les documents suivants :
  - ECA "Evaluation of VOC emissions from building products : Solid flooring materials", rapport n°18, EUR 17334 EN, 1997,
  - recommandations de l'OMS,
  - valeurs limites d'exposition professionnelles.

\* \*

\*

**Annexe 2 : Normes d'essais disponibles pour l'évaluation des matériaux de construction**

*Génération des émissions des produits de construction dans l'air intérieur :*

NF EN ISO 16000-9 : Air intérieur – Partie 9 : dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la chambre d'essai d'émission (AFNOR 2006, ISO 2006) (ancienne norme pr NF EN 13419-1).

NF EN ISO 16000-10 : Air intérieur – Partie 10 : dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la cellule d'essai d'émission (AFNOR 2006, ISO 2006) (ancienne norme pr NF EN 13419-2).

NF EN ISO 16000-11 : Air intérieur – Partie 11 : dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Échantillonnage, conservation des échantillons et préparation d'échantillons pour essai (AFNOR 2006, ISO 2006) (ancienne norme pr NF EN 13419-3).

*Prélèvement et mesure des COV et du formaldéhyde dans l'air intérieur :*

NF ISO 16000-6 : Air intérieur – Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et enceintes d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS/FID (AFNOR, 2005 ; ISO 2004).

NF ISO 16000-3 : Air intérieur – Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés – Méthode par échantillonnage actif (AFNOR, 2002 ; ISO 2001).

### Annexe 3 : Classification des substances selon la directive 67/548/CEE modifiée relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses.

Les critères de classification des substances cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction sont repris ici tels qu'ils sont définis à l'annexe VI de la directive 67/548/CEE modifiée relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses.

#### Substances cancérogènes

Catégorie 1: substances que l'on sait être cancérogènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et l'apparition d'un cancer

Catégorie 2: substances devant être assimilées à des substances cancérogènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier d'une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer.

Cette présomption est généralement fondée sur :

- des études appropriées à long terme sur l'animal
- d'autres informations appropriées

Catégorie 3: substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante (preuves insuffisantes).

Il existe des informations issues d'études adéquates sur les animaux, mais elles sont insuffisantes pour classer la substance dans la catégorie 2.

#### Substances mutagènes

Catégorie 1: substances que l'on sait être mutagènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et des défauts génétiques héréditaires.

Catégorie 2: substances devant être assimilées à des substances mutagènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier d'une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut entraîner des défauts génétiques héréditaires.

Cette présomption est généralement fondée sur :

- des études appropriées à long terme sur l'animal
- d'autres informations appropriées

Catégorie 3: substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets mutagènes possibles. Des études appropriées de mutagénicité ont fourni des éléments, mais ils sont insuffisants pour classer ces substances dans la catégorie 2.

### Substances toxiques pour la reproduction

#### Catégorie 1 :

- *Substances connues pour altérer la fertilité dans l'espèce humaine.*

On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effets entre l'exposition de l'homme à la substance et une altération de la fertilité

- *Substances connues pour provoquer des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine.*

On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition humaine à la substance et des effets toxiques ultérieurs sur le développement de la descendance.

#### Catégorie 2 :

- *Substances devant être assimilées à des substances altérant la fertilité dans l'espèce humaine.*

On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut altérer la fertilité. Cette présomption se fonde sur :

- la mise en évidence nette, dans des études sur l'animal, d'une altération de la fertilité intervenant soit en l'absence d'effets toxiques, soit à des niveaux de doses proches des doses toxiques, mais qui n'est pas un effet non spécifique secondaire aux effets toxiques ;
- d'autres informations pertinentes

- *Substances devant être assimilées à des substances causant des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine.*

On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition humaine à de telles substances peut entraîner des effets toxiques sur le développement. Cette présomption se fonde généralement sur :

- la mise en évidence nette, dans des études appropriées sur l'animal, d'effets observés soit en l'absence de signes de toxicité maternelle marquée, soit à des niveaux de doses proches des doses toxiques, mais qui ne sont pas un effet non spécifique secondaire aux effets toxiques ;
- d'autres informations pertinentes

#### Catégorie 3 :

- *Substances préoccupantes pour la fertilité dans l'espèce humaine*

Généralement sur la base :

- de résultats d'études appropriées sur l'animal qui fournissent suffisamment d'éléments pour entraîner une forte suspicion d'une altération de la fertilité intervenant soit en l'absence d'effets toxiques, soit à des niveaux de doses proches des doses toxiques, mais qui n'est pas un effet non spécifique secondaire aux effets toxiques, ces preuves étant toutefois insuffisantes pour classer la substance en catégorie 2 ;
- d'autres informations pertinentes

- *Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets toxiques possibles sur le développement.*

Généralement sur la base :

- de résultats d'études appropriées sur l'animal qui fournissent suffisamment d'éléments pour entraîner une forte suspicion de toxicité pour le développement soit en l'absence de signes de toxicité maternelle marquée, soit à des niveaux de doses proches des doses toxiques, mais qui n'est pas un effet non spécifique secondaire aux effets toxiques, les preuves étant toutefois insuffisantes pour classer la substance en catégorie 2.
- d'autres informations pertinentes

### Annexe 4 : Liste des CLI françaises (AFSSET 2006)

N°CLI	Substance chimique	N°CAS	Observations	Valeur d'origine ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	CMR	FS	CLI française ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
<b>1. Hydrocarbures Aromatique Monocyclique</b>							
1-1	Toluène	108-88-3	VG INDEX 2005	300		1	<b>300</b>
1-2	Ethylbenzène	100-41-4	VTR IRIS US EPA	1 000		1	<b>1 000</b>
1-3	Xylènes (o-, m- and p-isomères)	1330-20-7	VG INDEX 2005 - CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	<b>200</b>
1-4	p-Xylène	95-47-6	CLI identique à celle du mélange d'isomères	200		1	<b>200</b>
1-5	m-Xylène	108-38-3	CLI identique à celle du mélange d'isomères	200		1	<b>200</b>
1-6	o-Xylène	106-42-3	CLI identique à celle du mélange d'isomères	200		1	<b>200</b>
1-7	Isopropyl benzène (cumène)	98-82-8	VTR IRIS US EPA	400		1	<b>400</b>
1-8	n-Propyl benzène	103-65-1	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	<b>200</b>
1-9	1-propenyl benzène ( $\beta$ -methyl styrène)	637-50-3	VME France du (a-methylstyrène 98-83-9) (analogie AgBB)	246 000		100	<b>2 500</b>
1-10	1,3,5-Triméthylbenzène	108-67-8	VME France	100 000		100	<b>1 000</b>
1-11	1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	VME France	100 000		100	<b>1 000</b>
1-12	1,2,3-Triméthylbenzène	526-73-8	VME France	100 000		100	<b>1 000</b>
1-13	2-Ethyltoluène	611-14-3	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	<b>200</b>
1-14	o-Cymène	527-84-4	OEL Danemark	135 000		100	<b>1 300</b>
1-15	m-Cymène	535-77-3	OEL Danemark	135 000		100	<b>1 300</b>
1-16	p-Cymène	99-87-6	OEL Danemark	135 000		100	<b>1 300</b>
1-17	1,2,4,5-Tétraméthylbenzène	95-93-2	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	<b>200</b>
1-18	n-Butyl benzène	104-51-8	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	<b>200</b>

1-19	1,3-Diisopropylbenzène	99-62-7	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	<b>200</b>
1-20	1,4-Diisopropylbenzène	100-18-5	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	<b>200</b>
1-21	Phenyl octane et isomères	2189-60-8	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	<b>200</b>
1-22	1-Phenyl decane et isomères	104-72-3	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	<b>200</b>
1-23	1-Phenyl undecane et isomères	6742-54-7	CLI identique à celle du xylène (1330-20-7) CLI la plus faible des alkylbenzènes saturés	200		1	<b>200</b>
1-24	4-Phenyl cyclohexène (4-PCH)	31017-40-0 4994-16-5	VG INDEX 2005 du styrène	250		1	<b>250</b>
1-25	Styrène	100-42-5	VG INDEX 2005	250		1	<b>250</b>
1-26	Phenyl acrylène	536-74-3	VG INDEX 2005 du styrène	250		1	<b>250</b>
1-27	2-Phenyl propène (α-Methylstyrène)	98-83-9	VME France	246 000		100	<b>2 500</b>
1-28	Vinyl toluène (mélange d'isomères o-, m- and p-Methylstyrène)	25013-15-4	VME France	240 000		100	<b>2 400</b>
1-28 ter	o-Methylstyrène	611-15-4	VME France	240 000		100	<b>2400</b>
1-28 ter	m-Methylstyrène	100-80-1	VME France	240 000		100	<b>2400</b>
1-28 ter	p-Methylstyrène	622-97-9	VME France	240 000		100	<b>2400</b>
1-29	Autres alkylbenzènes		non retenu par le GT				
1-30	Naphtalène	91-20-3	VG INDEX 2005	10	C3	1	<b>10</b>
1-31	Indène	95-13-6	VME France	45 000		100	<b>450</b>
1-32*	1-Méthyl-2-propylbenzène	1074-17-5	LCI ECA	1 000		1	<b>1 000</b>
1-33*	1-Méthyl-3-propylbenzène	1074-43-7	LCI ECA	1 000		1	<b>1 000</b>
1-34*	2-Phenyl octane	777-22-0	LCI ECA	1 000		1	<b>1 000</b>
1-35*	5-Phenyl undecane	4537-15-9	LCI ECA	1 000		1	<b>1 000</b>
1-36*	5-Phenyl decane	4537-11-5	LCI ECA	1 000		1	<b>1 000</b>

2. Hydrocarbure Aliphatique (n-, iso-, cyclo-)							
2-1	3-Methyl pentane	96-14-0	VVOC				
2-2	n-Hexane	110-54-3	VTR IRIS US EPA	700	R3	1	<b>700</b>
2-3	Cyclohexane	110-82-7	VTR IRIS US EPA	6 000		1	<b>6 000</b>
2-4	Méthylcyclohexane	108-87-2	VME France	1 600 000		100	<b>16 000</b>
2-5	1,4-Diméthylcyclohexane	70688-47-0	VME France du méthylcyclohexane (108-87-2) (analogie AgBB)	1 600 000		100	<b>16 000</b>
2-6	1-Méthyl-4-méthyléthylcyclohexane cis	6069-98-3	VME France du méthylcyclohexane (108-87-2) (analogie AgBB)	1 600 000		100	<b>16 000</b>
2-6 bis	1-Méthyl-4-méthyléthylcyclohexane trans	1678-82-5	VME France du méthylcyclohexane (108-87-2) (analogie AgBB)	1 600 000		100	<b>16 000</b>
2-7*	2-Méthylbutane	78-78-4	VVOC				
2-8*	n-Pentane	109-66-0	VVOC				
2-9*	2-Méthylhexane	591-76-4	LCI ECA	8 000		1	<b>8 000</b>
2-10*	3-Méthylhexane	589-34-4	LCI ECA	8 000		1	<b>8 000</b>
2-11*	n-Heptane	142-82-5	VME France	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-12*	n-Octane	111-65-9	VME France	1 450 000		100	<b>14 500</b>
2-13*	Hydrocarbures en C9		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-14*	2-Méthyoctane	3221-61-2	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-15*	3-Méthyoctane	2216-33-3	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-16*	n-Nonane	111-84-2	VME France	1 050 000		100	<b>10 500</b>
2-17*	Hydrocarbures en C10		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-18*	3,5-Diméthyoctane	15869-93-9	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-19*	2-Méthylnonane	871-83-0	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-20*	n-Décane	124-18-5	OEL Danemark	250 000		100	<b>2 500</b>
2-21*	Hydrocarbures en C-11		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>

2-22*	2,4,6-Triméthyoctane	62016-37-9	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-23*	4-Methyldécane	2847-72-5	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-24*	n-Undécane	1120-21-4	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-25*	Hydrocarbures en C-12		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-26*	Isododécane	112-40-3	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-27*	2,2,4,6,6-Pentamethylheptane	30856-18-6	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-28*	n-Dodecane	112-40-3	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-29*	Hydrocarbures en C-13		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-30*	4,5-Diéthylnonane		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-31*	n-Tridécane	629-50-5	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-32*	n-Tetradécane	64036-86-3	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-33*	n-Pentadécane	629-62-9	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-34*	Hydrocarbures en C-16		VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>
2-35*	n-Hexadécane	544-76-3	VME France n-heptane (142-82-5) (analogie AgBB)	2 085 000		100	<b>20 800</b>

**3. Terpènes**

3-1	3-Carène	13466-78-9	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005)	450		1	<b>450</b>
3-2	$\alpha$ -Pinène	80-56-8	VG INDEX 2005	450		1	<b>450</b>
3-3	$\beta$ -Pinène	127-91-3	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005)	450		1	<b>450</b>
3-4	Limonène	138-86-3	VG INDEX 2005	450		1	<b>450</b>
3-5	Autres terpènes		analogie NIK AgBB non retenue par le GT				
3-6*	Camphène	79-92-5	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005)	450		1	<b>450</b>
3-7*	Longifolène	475-20-7	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005) non retenue par le GT (famille des sesquiterpènes)				

3-8*	Caryophyllène-trans	13877-93-5	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005) non retenue par le GT (famille des sesquiterpènes)				
3-9*	$\alpha$ -Cédène	469-61-4	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005) non retenue par le GT (famille des sesquiterpènes)				
3-10*	Turpentine	9005-50-6	analogie LCI ECA avec $\alpha$ -pinène (VG INDEX 2005) non retenue par le GT (famille des sesquiterpènes)				

**4. Alcools**

4-1	Ethanol	64-17-5	VVOC				
4-2	1-Propanol	71-23-8	VVOC				
4-3	2-Propanol	67-63-0	VVOC				
4-4	2-Méthyl-2-propanol (Tert-Butanol)	75-65-0	MAK Allemagne	62 000		100	<b>620</b>
4-5	2-Méthyl-1-propanol	78-83-1	VME France	150 000		100	<b>1 500</b>
4-6	1-Butanol	71-36-3	VME France	150 000		100	<b>1 500</b>
4-7	1-Pentanol	71-41-0	MAK Allemagne	360 000		100	<b>3 600</b>
4-8	1-Hexanol	111-27-3	VME France du 1-butanol (71-36-3) (analogie AgBB)	150 000		100	<b>1 500</b>
4-9	Cyclohexanol	108-93-0	VME France	200 000		100	<b>2 000</b>
4-10	2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	MAK Allemagne	270 000		100	<b>2 700</b>
4-11	1-Octanol	111-87-5	TWA WEEL (AIHA)	270 000		100	<b>2 700</b>
4-12	4-Hydroxy-4-méthyl-pentane-2-one	123-42-2	VME France	240 000		100	<b>2 400</b>
4-13	Autres alcools de C4 à C10		analogie NIK AgBB non retenue par le GT				

**5. Alcools aromatiques**

5-1	Phénol	108-95-2	VTR OEHHA	200	M3	1	<b>200</b>
5-2	2,6-di-tert--butyl-4-méthyl phénol (BHT)	128-37-0	VME France	10 000		100	<b>100</b>
5-3	Alcool benzylique	100-51-6	TWA WEEL (AIHA)	44 000		100	<b>440</b>

6. Glycols, éthers de glycol, esters de glycol							
6-1	Propylène glycol	57-55-6	TWA WEEL (AIHA)	10 000		100	<b>100</b>
6-2	Ethylène glycol	107-21-1	VTR OEHHA	400		1	<b>400</b>
6-3	Ethylène glycol monobutyl éther	111-76-2	VTR ATSDR	982		1	<b>982</b>
6-4	Diéthylène glycol	111-46-6	MAK Allemagne	44 000		100	<b>440</b>
6-5	Diéthylène glycol monobutyl éther	112-34-5	OEL Europe	67 500		100	<b>670</b>
6-6	2-Phenoxyéthanol	122-99-6	MAK Allemagne	110 000		100	<b>1 100</b>
6-7	Ethylène carbonate	96-49-1	VTR OEHHA de l'éthylène glycol (107-21-1) (analogie AgBB)	400		1	<b>400</b>
6-8	Propylène glycol monométhyl éther (1-Méthoxy-2-propanol)	107-98-2	VTR IRIS US EPA	2 000		1	<b>2 000</b>
6-9	2,2,4-Triméthyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (Texanol)	25265-77-4	LCI ECA	1 000		1	<b>1 000</b>
6-10	Butyl glycolate	7397-62-8	OEL Danemark	135 000		100	<b>1 300</b>
6-11	Diéthylène glycol monométhyl éther acétate	124-17-4	OEL Suède	130 000		100	<b>1 300</b>
6-12	Dipropylène glycol monométhyl éther	34590-94-8	OEL Europe	310 000		100	<b>3 100</b>
6-13	Ethylène glycol monométhyl éther (2-methoxyéthanol)	109-86-4	VTR IRIS US EPA	20	R2	1	<b>20</b>
6-14	Ethylène glycol monoéthyl ether (2-ethoxyethanol)	110-80-5	VTR OEHHA	70	R2	1	<b>70</b>
6-15	Ethylène glycol monoisopropyléther (2-propoxyéthanol)	2807-30-9	OEL Suède	45 000		100	<b>450</b>
6-16	2-méthyléthoxyéthanol	109-59-1	VME France	105 000		100	<b>1 000</b>
6-17	Ethylène glycol n-hexyl éther (2-hexaoxyéthanol)	112-25-4	VTR ATSDR de l'éthylène glycol monobutyl éther (111-76-2) (analogie AgBB)	982		1	<b>980</b>
6-18	Diméthoxyéthane	110-71-4	CLI du 2-méthoxyéthanol (109-86-4) (analogie AgBB)	20	R2	1	<b>20</b>
6-19	1,2-Diéthoxyéthane	73506-93-1	CLI du 2-éthoxyethanol (110-80-5) (analogie AgBB)	70		1	<b>70</b>
6-20	2-Méthoxyéthylacétate	110-49-6	VTR OEHHA	90	R2	1	<b>90</b>
6-21	2-Ethoxyéthylacétate	111-15-9	VTR OEHHA	300	R2	1	<b>300</b>

6-22	2-Butoxyéthylacétate	112-07-2	VME France	13 300		100	<b>130</b>
6-23	Diéthylène glycol n-hexyl éther (2-(2-héxoxyéthoxy)-éthanol)	112-59-4	CLI du 2-héxoxy éthanol (112-25-4) ou du diéthylène glycol monobutyl éther (112-34-5) (analogie AgBB)	67 500		100	<b>670</b>
6-24	Diéthylène glycol diméthyl éther (1-méthoxy-2-(2-méthoxy-éthoxy))	111-96-6	OEL Danemark	27 000	R2	1000	<b>27</b>
6-25	1-Propylène glycol 2-méthyl éther (2-méthoxy-1-propanol)	1589-47-5	MAK Allemagne	19 000	R2	1000	<b>19</b>
6-26	1-Propylène glycol 2-méthyl éther acétate (2-méthoxy-1-propyl-acétate)	70657-70-4	MAK Allemagne	28 000	R2	1000	<b>28</b>
6-27	1,2-Propylène glycol di-acétate	623-84-7	OEL Danemark	655 000		100	<b>6 500</b>
6-28	Dipropylène glycol	110-98-5	MAK Allemagne du diéthylène glycol (111-46-6) (analogie AgBB)	44 000		100	<b>440</b>
6-29	Dipropylène glycol monométhyl éther acétate	88917-22-0	OEL Europe du dipropylène glycol monométhyl éther (34590-94-8) (analogie AgBB)	308 000		100	<b>3 100</b>
6-30	Dipropylène glycol mono-n-propyl éther	29911-27-1	OEL Europe diéthylène glycol monobutyl éther (112-34-5) (analogie AgBB)	67 500		100	<b>670</b>
6-31	Dipropylène glycol mono-n-butyl éther	29911-28-2 35884-42-5	OEL Europe diéthylène glycol monobutyl éther (112-34-5) (analogie AgBB)	67 500		100	<b>670</b>
6-32	Dipropylène glycol mono-t-butyl éther	132739-31-3	OEL Europe diéthylène glycol monobutyl éther (112-34-5) (analogie AgBB)	67 500		100	<b>670</b>
6-33	1,4-Butylène glycol	110-63-4	MAK Allemagne	200 000		100	<b>2 000</b>
6-34	Tripropylène glycol monométhyl éther	20324-33-8 25498-49-1	LCI AgBB	1 000		1	<b>1 000</b>
6-35	Triéthylène glycol diméthyl éther	112-49-2	CLI de l'éthylène glycol monométhyl éther (109-86-4) (analogie AgBB)	20	R2	1	<b>20</b>
6-36	1,2-Propylène glycol diméthyl éther	7777-85-0	CLI du 1,2-diméthoxyéthane (110-71-4) (analogie AgBB)	20		1	<b>20</b>
6-37*	Diméthoxyméthane	109-87-5	VME France	3 100 000		100	<b>31 000</b>

**7. Aldéhydes**

7-1	Butyraldéhyde (butanal)	123-72-8	VVOC				
7-2	Valeraldéhyde (pentanal)	110-62-3	VME France	175 000		100	<b>1 700</b>
7-3	Hexaldéhyde (hexanal)	66-25-1	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	<b>640</b>
7-4	Heptaldéhyde (heptanal)	111-71-7	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	<b>640</b>

7-5	2-Ethyl-1-hexanal	123-05-7	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	<b>640</b>
7-6	Octyl aldehyde (octanal)	124-13-0	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	<b>640</b>
7-7	Nonyl aldéhyde (nonanal)	124-19-6	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	<b>640</b>
7-8	Decyl aldéhyde (decanal)	112-31-2	MAK Allemagne Butanal (123-72-8) (analogie AgBB)	64 000		100	<b>640</b>
7-9	Crotonaldéhyde (2-Butenal)	4170-30-3 123-73-9	MAK Allemagne pas de traces mesurées avec l'outil analytique mesure conforme à la norme NF ISO 16000-6	1 000	M3	1000	<b>1</b>
7-10	2-Pentenal (trans)	1576-87-0	MAK Allemagne du 2-butenal (123-73-9) (analogie AgBB) mais pas de classification mutagène par la Commission Européenne	1 000		100	<b>10</b>
7-11	2-Hexenal (trans)	6728-26-3	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	<b>10</b>
7-12	2-Heptenal (cis)	2463-63-0 57266-861	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	<b>10</b>
7-12 bis	2-Heptenal (trans)	18829-55-5	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	<b>10</b>
7-13	2-Octenal	2363-89-5	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	<b>10</b>
7-14	2-Nonenal (trans)	2463-53-8 188-29-86	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	<b>10</b>
7-15	2-Decenal (cis)	2497-25-8	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	<b>10</b>
7-15 bis	2-Decenal	3913-71-1	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	<b>10</b>
7-16	2-Undecenal	2463-77-6 1337-83-3	MAK Allemagne du 2-pentenal (1576-87-0) (analogie AgBB)	1 000		100	<b>10</b>
7-17	Furfuraldéhyde (furfural)	98-01-1	VME France	8 000	C3	1000	<b>8</b>
7-18	Glutaraldéhyde	111-30-8	VTR OEHHA pas de traces mesurées avec l'outil analytique mesure conforme à la norme NF ISO 16000-3	0,08		1	<b>0,08</b>
7-19	Benzaldéhyde	100-52-7	TWA WEEL (AIHA)	8 850		100	<b>88</b>
7-20*	Formaldéhyde (méthanal)	50-00-0	jugement du GT « COV et produits de construction » : 10 µg.m <sup>-3</sup>	10	C3	1	<b>10</b>
7-21*	Acétaldéhyde (éthanal)	75-07-0	VG INDEX 2005	200	C3	1	<b>200</b>
7-22*	Propionaldéhyde (propanal)	123-38-6	TWA ACGIH	48 000		100	<b>480</b>
<b>8. Cétones</b>							

8-1	2-Butanone (Méthyléthylcétone)	78-93-3	VTR IRIS US EPA	5 000		1	<b>5 000</b>
8-2	3-Méthyl-2-butanone	563-80-4	VME France	705 000		100	<b>7 000</b>
8-3	4-Méthyl-2-pentanone (Méthylisobutylcétone)	108-10-1	VTR IRIS US EPA	3 000		1	<b>3 000</b>
8-4	Cyclopentanone	120-92-3	MAK Allemagne	690 000		100	<b>6 900</b>
8-5	Cyclohexanone	108-94-1	VME France	40 800		100	<b>410</b>
8-6	2-Méthylcyclopentanone	1120-72-5	MAK Allemagne du cyclopentanone (120-92-3) (analogie AgBB)	690 000		100	<b>6 900</b>
8-7	2-Méthylcyclohexanone	583-60-8	VME France	230 000		100	<b>2 300</b>
8-8	Acétophénone	98-86-2	TLV ACGIH	49 000		100	<b>490</b>
8-9	1-Hydroxyacétone (1-Hydroxy-2-propanone)	116-09-6	VTR OEHHA éthylène glycol (107-21-1) (analogie AgBB)	400		1	<b>400</b>
8-10*	Acétone	67-64-1	VVOC				

**9. Acides**

9-1	Acide acétique	64-19-7	VME France	25 000		100	<b>250</b>
9-2	Acide propionique	79-09-4	VME France	31 000		100	<b>310</b>
9-3	Acide isobutyrique	79-31-2	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	<b>310</b>
9-4	Acide butyrique	107-92-6	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	<b>310</b>
9-5	Acide 2,2-dimethylpropanoïque (acide pivalique)	75-98-9	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	<b>310</b>
9-6	Acide pentanoïque (acide n-valérique)	109-52-4	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	<b>310</b>
9-7	Acide hexanoïque	142-62-1	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	<b>310</b>
9-8	Acide heptanoïque	111-14-8	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	<b>310</b>
9-9	Acide octanoïque	124-07-2	VME France de l'acide propionique (79-09-4) (analogie AgBB)	31 000		100	<b>310</b>
9-10	Acide 2-éthylhexanoïque	149-57-5	TWA ACGIH	5 000	R3	1000	<b>5</b>
9-11*	Acide hexadécanoïque	57-10-3	LCI ECA	300		1	<b>300</b>

10. Esters et lactones							
10-1	Acétate de méthyle	79-20-9	VVOC				
10-2	Acétate d'éthyle	141-78-6	VVOC				
10-3	Acétate de vinyle	108-05-4	VVOC		C3		
10-4	Isopropylacétate	108-21-4	MAK Allemagne	420 000		100	<b>4 200</b>
10-5	Acétate propylique	109-60-4	MAK Allemagne	420 000		100	<b>4 200</b>
10-6	2-Méthoxy-1-Méthyléthylacétate	108-65-6	MAK Allemagne	270 000		100	<b>2 700</b>
10-7	Formiate de n-butyle	592-84-7	MAK Allemagne du formiate de méthyle (107-31-3) (analogie AgBB)	120 000		100	<b>1 200</b>
10-8	Méthacrylate de méthyle	80-62-6	VTR Health Canada	52		1	<b>52</b>
10-9	Autres méthacrylates		VTR Health Canada du Méthacrylate de méthyle (80-62-6) (analogie AgBB)	52		1	<b>52</b>
10-10	Acétate d'isobutyle	110-19-0	MAK Allemagne	480 000		100	<b>4 800</b>
10-11	Acétate de butyle	123-86-4	MAK Allemagne	480 000		100	<b>4 800</b>
10-12	Acétate de 2-éthylhexyle	103-09-3	LCI AgBB	270		1	<b>270</b>
10-13	Acrylate de méthyle	96-33-3	MAK Allemagne	18 000		100	<b>180</b>
10-14	Acrylate d'éthyle	140-88-5	VME France	20 000		100	<b>200</b>
10-15	Acrylate de n-butyle	141-32-2	VME France	11 000		100	<b>110</b>
10-16	Acrylate de 2-éthylhexyle	103-11-7	MAK Allemagne	82 000		100	<b>820</b>
10-17	Autres acrylates		VME France acrylate de n-butyl (141-32-2) (analogie AgBB)	11 000		100	<b>110</b>
10-18	Adipate de diméthyle	627-93-0	LCI méthanol (métabolite) (analogie AgBB)	270 000		100	<b>2 700</b>
10-19	Fumarate de diméthyle	105-75-9	VME France butanol (71-36-3) (analogie AgBB)	150 000		100	<b>1 500</b>
10-20	Succinate de diméthyle	106-65-0	LCI méthanol (métabolite) (analogie AgBB)	270 000		100	<b>2 700</b>
10-21	Glutarate de diméthyle	1119-40-0	LCI méthanol (métabolite) (analogie AgBB)	270 000		100	<b>2 700</b>

10-22	Diacrylate d'hexanediol	13048-33-4	TWA WEEL (AIHA)	1 000		100	<b>10</b>
10-23	Ester dibutylique de l'acide 2-butènedioïque	105-76-0	LCI AgBB	50		1	<b>50</b>
10-24	Butyrolactone	96-48-0	OEL Danemark	176 000		100	<b>1 760</b>
10-25*	Formiate de méthyle	107-31-3	MAK Allemagne	120 000		100	<b>1 200</b>
10-26*	Acétate de linalyle	115-95-7	LCI ECA	300		1	<b>300</b>

**11. Hydrocarbures halogénés**

11-1	Tétrachloroéthylène	127-18-4	AQG OMS	250	C3	1	<b>250</b>
11-2*	Dichlorométhane	75-09-2	AQG OMS	450	C3	1	<b>450</b>
11-3*	Tétrachlorométhane	56-23-5	VTR OEHHA	40	C3	1	<b>40</b>
11-4*	1,4-Dichlorobenzène	106-46-7	VTR Health Canada	95	C3	1	<b>95</b>

**12. Autres familles chimiques**

12-1	1,4-Dioxane	123-91-1	VTR OEHHA	3 000	C3	1	<b>3 000</b>
12-2	Caprolactame	105-60-2	MAK Allemagne	5 000		100	<b>50</b>
12-3	N-Methyl-2-Pyrrolidone	872-50-4	MAK Allemagne	80 000		100	<b>800</b>
12-4	Octaméthylcyclotetrasiloxane	556-67-2	jugement d'expert AgBB	1 200	R3	1	<b>1 200</b>
12-5	Hexaméthylènetétramine	100-97-0	OEL Danemark	2 300		100	<b>23</b>
12-6	2-Butanonoxime	96-29-7	OEL Danemark	89 000	C3	1000	<b>89</b>
12-7	Tributyl phosphate	126-73-8	VME France pas de traces mesurées avec l'outil analytique mesure conforme à la norme NF ISO 16000-6	2 500	C3	1000	<b>2</b>
12-8	Triethyl phosphate	78-40-0	LCI AgBB	25		1	<b>25</b>
12-9	5-Chloro-2-methyl-2H-isothiazol-3-one (CIT) 2-Methyl-2H-isothiazol-3-one (MIT) mélange CIT:MIT ratio 3:1	26172-55-4 2682-20-4 55965-84-9	LCI AgBB=50 avec FS=50 pas de traces mesurées avec l'outil analytique mesure conforme à la norme NF ISO 16000-6	50		50	<b>1</b>

**13. Phtalates**

13-1*	Phtalate de diméthyle	131-11-3	VME France	5 000		100	<b>50</b>
13-2*	Phtalate de dibutyle	84-74-2	VME France	5 000	R2, R3	1000	<b>5</b>
13-3*	Phtalates alkylés (saturés)		LCI ECA	30		1	<b>30</b>

\*substances pour lesquelles une LCI est proposée dans le cadre du protocole ECA (1997) mais ne fait pas l'objet de propositions dans la dernière liste des NIK (actualisation 2005) publiée par l'AgBB.

*Remarque : Les experts du GT soulignent que les CLI construites à partir de CLI de substances ayant une structure chimique analogue et une évaluation chimique comparable sont perfectibles. Il serait intéressant que ces substances fassent l'objet d'une évaluation toxicologique particulière (élaboration de VTR par exemple) afin d'être en mesure de définir des CLI spécifiques.*

**Fonds documentaire pour la recherche de valeur de référence nécessaires à l'élaboration d'une CLI (au 07 février 2006) :**

- **Valeurs guides OMS** : WHO Air Quality Guidelines for Europe (2<sup>nd</sup> edition, 2000).
- **Recommendations du projet européen INDEX** (EC - JRC Critical Appraisal of the Setting and implementation of Indoor Exposure Limits in the Europe Union, 2005)
- **Valeurs Toxicologiques de Référence pour une exposition chronique par voie respiratoire** :
  - US EPA – Integrated Risk Information System (IRIS) (<http://www.epa.gov>)
  - ATSDR – Toxicological profile (<http://www.atsdr.cdc.gov/>)
  - OEHHA – Air Chronic REL's (<http://www.oehha.ca.gov/index.html>)
  - Health Canada (<http://www.hc-sc.gc.ca/>)
- **VME France** : Note documentaire 2098 : valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France – INRS, 2005
- **MAK Allemagne : TRGS 900** Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz, „Luftgrenzwerte“, Bundesarbeitsblatt Ausgabe Oktober 2000, zuletzt geändert BArbBl. Heft 5/2004. Bekanntmachung des BMWA vom 31. Dezember 2004 - IIIb3-35122 zur Anwendung der TRGS vor dem Hintergrund der neuen Gefahrstoffverordnung.
- **OEL USA** : Guide to occupational Exposure Values 2005, compile ACGIH (ACGIH, OSHA, NIOSH, DFG, AIHA)
- **OEL Europe** : Directives 2006/15/CE, 2000/39/CE et 91/322/CE.
- **Autres OEL en Europe** : communication personnelle INRS - document de travail sur la compilation des OEL européennes (jusqu'à 2004) incluant notamment :
  - OEL Danemark : WEA guide - Limit Values for substances and materials (octobre 2002).
  - OEL Suède : Statute Book of the Swedish National Board of Occupational Safety and Health - Occupational Exposure Limit values and measures against air contaminants (mars 2000).

## Annexe 5 : Résultats des essais

Afin d'évaluer le potentiel discriminant de la procédure d'évaluation AFSET (2006) sur une série de matériaux, et de comparer les résultats obtenus à ceux des protocoles ECA (1997) et AgBB (2004), le groupe de travail a sélectionné 12 produits de construction, dont 9 revêtements de sols et 3 éléments de mur (cloisonnage ou isolation). Ces produits ont fait l'objet d'essais d'émission au CSTB et au CTBA suite à une commande financée par l'Afsset.

Les émissions de ces produits ont été caractérisées après 1, 3 et 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission selon la norme pr NF EN 13419-1 (CTBA) et pr EN ISO 16000-9 (CSTB) (aujourd'hui norme NF EN ISO 16000-9).

Le CSTB avait la charge de tester 3 revêtements de sol et 3 éléments de mur. Les résultats obtenus et intégrés au rapport d'essais SB-05-076 (décembre 2005) transmis à l'Afsset sont présentés en 5.1.

Le CTBA avait quant à lui la charge de tester 6 revêtements de sol. Les résultats obtenus et intégrés au rapport d'essais n°CTBA-IBC/67/1074/05C (février 2006) transmis à l'Afsset sont présentés en 5.2.

Les résultats des essais sont présentés ici sous leurs formes originales, tels qu'ils ont été transmis à l'Afsset.

## 5.1 Résultats des essais du CSTB

### 3 Résultats

Les concentrations en COV et aldéhydes présentées dans ce rapport correspondent à la moyenne arithmétique des 2 échantillons prélevés et analysés. Elles sont corrigées de la valeur du blanc de chambre mesurée à J0.

Ces concentrations sont les concentrations d'exposition pour le produit testé dans son scénario d'émission. Ces concentrations d'exposition sont utilisées pour l'évaluation des risques sanitaires selon les protocoles d'évaluation (AFSSET, ECA, AgBB).

Les concentrations en COV et aldéhydes calculées à l'aide d'un étalonnage spécifique sont écrites **en gras** dans les tableaux de résultats.

Les résultats des essais peuvent également être exprimés sous la forme de facteur d'émission spécifiques ( $SER_a$  en  $\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ), calculés selon la formule suivante (d'après prEN ISO 16000-9) :

$$SER_a = C \cdot q$$

Où C représente la concentration individuelle en COV (ou en TVOC) au temps t (en  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) et q le taux de ventilation spécifique de l'essai (1,25 ou 0,4  $\text{m}^3.\text{m}^{-2}.\text{h}^{-1}$  pour les scénarios respectifs « sol » et « murs », voir Tableau 3).

Ces facteurs d'émissions spécifiques, présentés en annexe de ce rapport, permettent une comparaison directe des émissions de produits de construction testés dans des scénarios d'émission différents.

**Revêtement de sol A**

COV GC	J1	J3	J28
somme COV avant hexane	1,1	1,5	1,1
<b>benzène (C1)</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>
<b>trichloroéthylène (C2)</b>	<b>4,0</b>	<b>3,4</b>	<b>nd</b>
1-bromo-2-butène	1,1	< 0,3	< 0,3
<b>toluène</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>
hexanal	0,7	< 0,3	< 0,3
octane	1,3	0,5	< 0,3
éthylbenzène	0,6	< 0,3	< 0,3
<b>m-xylène</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>styrene</b>	<b>3,9</b>	<b>1,0</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>o-xylène</b>	<b>0,7</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
isopropylbenzène	1,7	0,6	< 0,3
<b>alpha-pinène</b>	<b>3,6</b>	<b>2,0</b>	<b>&lt; 0,3</b>
diéthylcyclohexane	1,0	< 0,3	< 0,3
propylbenzène	1,9	0,7	< 0,3
m-éthyltoluène	1,1	0,2	< 0,3
o-éthyltoluène	0,8	< 0,3	< 0,3
béta-pinène	2,0	0,9	< 0,3
2,2,4,6,6-pentaméthylheptane	85,3	40,1	1,5
décane	4,0	1,8	< 0,3
2,2,6,6-tétraméthyl-4-méthylène-heptane	2,1	1,0	< 0,3
1,2,4-triméthylbenzène	1,6	0,8	< 0,3
2,2,4,6,6-pentaméthyl-3-heptène	2,7	1,3	< 0,3
<b>2-éthylhexanol</b>	<b>8,0</b>	<b>3,6</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>limonène</b>	<b>1,7</b>	<b>1,0</b>	<b>&lt; 0,3</b>
undécane	6,4	2,9	0,7
dodécane	2,9	1,8	0,5
tridécane	1,7	1,2	0,6
isobutène tétramère	11,0	7,3	2,7
triisobutylène	6,3	4,3	1,8
4-phénylcyclohexène	6,3	4,2	1,5
<b>tétradécane</b>	<b>1,7</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>
pentadécane	0,6	< 0,3	< 0,3
2,4-di-tert-phénol	4,1	3,2	2,0
somme alcanes	56,3	26,9	< 0,3
somme inconnus	42,1	15,5	< 0,3
TVOC	296,0	154,0	22,0
somme composés après hexadécane	0,0	0,0	0,0

Tableau 3-1-1 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en COV pour le revêtement de sol A

aldéhydes HPLC	Jour 1	Jour 3	Jour 28
<b>formaldéhyde</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>
<b>acétaldéhyde</b>	<b>0,9</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>benzaldéhyde</b>	<b>1,2</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>valéraldéhyde (pentanal)</b>	<b>0,8</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>o/m/p-tolualdéhyde</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>hexaldéhyde</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>&lt; 0,3</b>

Tableau 3-1-2 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en aldéhydes pour le revêtement de sol A

***Revêtement de sol B***

COV GC	J1	J3	J28
somme COV avant hexane	0,0	0,0	2,7
<b>benzène (C1)</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>
<b>trichloroéthylène (C2)</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>
<b>toluène</b>	<b>0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>m-xylène</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>alpha-pinène</b>	<b>1,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>
décan	1,2	0,6	< 0,3
octanal	< 0,3	< 0,3	0,6
<b>1,2,4-triméthylbenzène</b>	<b>0,8</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>2-éthylhexanol</b>	<b>73,5</b>	<b>25,5</b>	<b>5,6</b>
undécane	1,0	< 0,3	< 0,3
nonanal	0,9	0,5	1,3
dodécane	1,2	0,6	< 0,3
alcool	0,8	< 0,3	< 0,3
<b>naphtalène</b>	<b>4,6</b>	<b>2,2</b>	<b>&lt; 0,3</b>
tridécane	0,8	< 0,3	< 0,3
4-phénylcyclohexène	0,8	< 0,3	< 0,3
tétradécane	0,6	< 0,3	< 0,3
2,4-bis(1,1-diméthyléthyl)-phénol	0,3	0,5	1,9
BHT (2,3-di-tert-butyl-4-méthyl phénol)	1,3	0,7	< 0,3
hexadécane	3,1	1,6	< 0,3
somme inconnus	3,2	1,6	2,6
TVOC	78,0	25,5	14,0
somme composés après hexadécane	0,5	0,8	1,0

Tableau 3-2-1 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en COV pour le revêtement de sol B

aldéhydes HPLC	Jour 1	Jour 3	Jour 28
<b>formaldéhyde</b>	<b>2,0</b>	<b>2,5</b>	<b>0,8</b>
<b>crotonaldéhyde (2-buténal)</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>0,5</b>
<b>benzaldéhyde</b>	<b>2,1</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>valéraldéhyde (pentanal)</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>hexaldéhyde</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>

Tableau 3-2-2 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en aldéhydes pour le revêtement de sol B

***Revêtement de sol C***

COV GC	J1	J3	J28
somme COV avant hexane	8,7	4,5	1,7
éthylacétate	5,4	< 0,3	< 0,3
1-butanol	0,5	< 0,3	< 0,3
<b>benzène (C1)</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>	<b>nd</b>
<b>trichloroéthylène (C2)</b>	<b>nd</b>	<b>1,3</b>	<b>4,7</b>
<b>toluène</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>
<b>m-xylène</b>	<b>0,5</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>0,7</b>
<b>styrène</b>	<b>10,0</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
2,2,4,6,6-pentaméthylheptane	0,5	< 0,3	< 0,3
décane	< 0,3	0,6	< 0,3
<b>2-éthylhexanol</b>	<b>3,5</b>	<b>2,7</b>	<b>1,2</b>
nonanal	0,5	0,5	< 0,3
undécane	< 0,3	0,6	< 0,3
<b>décanal</b>	<b>3,7</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
TVOC	9,0	5,0	4,0
somme composés après hexadécane	0,0	0,0	0,0

Tableau 3-3-1 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en COV pour le revêtement de sol C

aldéhydes HPLC	Jour 1	Jour 3	Jour 28
<b>formaldéhyde</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>1,7</b>
<b>acétaldéhyde</b>	<b>0,9</b>	<b>1,7</b>	<b>1,2</b>
<b>crotonaldéhyde (2-buténal)</b>	<b>0,6</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>1,0</b>
<b>benzaldéhyde</b>	<b>0,4</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>valéraldéhyde (pentanal)</b>	<b>0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>

Tableau 3-3-2 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en aldéhydes pour le revêtement de sol C

**Élément de mur A**

COV GC	J1	J3	J28
somme COV avant hexane	4,6	2,1	< 0,3
<b>benzène (C1)</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
3-méthyl-1-butanal	0,6	0,6	< 0,3
<b>hexanal</b>	<b>8,6</b>	<b>7,7</b>	<b>5,5</b>
butyl acétate	1,3	< 0,3	< 0,3
décane	1,0	< 0,3	< 0,3
<b>2-éthylhexanol</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>1,8</b>
1,2,3-triméthylbenzène	0,5	< 0,3	< 0,3
undécane	6,1	1,1	< 0,3
nonanal	0,8	0,3	< 0,3
<b>dodécane</b>	<b>4,6</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>décanal</b>	<b>8,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
tridécane	0,3	< 0,3	< 0,3
somme inconnus	2,7	< 0,3	< 0,3
TVOC	36,0	16,5	< 0,3
somme composés après hexadécane	2,4	4,1	0,0

Tableau 3-4-1 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en COV pour l'élément de mur A

aldéhydes HPLC	Jour 1	Jour 3	Jour 28
<b>formaldéhyde</b>	<b>25,1</b>	<b>16,3</b>	<b>3,7</b>
<b>acétaldéhyde</b>	<b>1,6</b>	<b>0,7</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>valéraldéhyde (pentanal)</b>	<b>1,1</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>

Tableau 3-4-2 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en aldéhydes pour l'élément de mur A

**Élément de mur B**

COV GC	J1	J3	J28
pentane	296,7	251,6	28,9
somme COV avant hexane	752,2	693,7	305,0
hexane + 2-butanone	0,4	0,4	< 0,3
<b>benzène (C1)</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>nd</b>
1-méthoxy-2-propanol	2,8	2,5	< 0,3
heptane + pentanal	0,9	0,9	< 0,3
<b>trichloroéthylène (C2)</b>	<b>3,6</b>	<b>11,5</b>	<b>30,0</b>
<b>toluène</b>	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>0,5</b>
<b>hexanal</b>	<b>8,2</b>	<b>7,7</b>	<b>5,5</b>
éthylbenzène	79,2	87,7	51,1
<b>m-xylène</b>	<b>13,2</b>	<b>15,1</b>	<b>8,2</b>
<b>p-xylène</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>	<b>1,8</b>
<b>styrene</b>	<b>244,2</b>	<b>262,1</b>	<b>158,7</b>
<b>isopropylbenzène</b>	<b>11,3</b>	<b>12,6</b>	<b>6,5</b>
<b>propylbenzène</b>	<b>7,4</b>	<b>8,3</b>	<b>5,3</b>
m-éthyltoluène	1,9	2,1	1,3
p-éthyltoluène	1,0	1,1	< 0,3
<b>benzaldéhyde</b>	<b>21,9</b>	<b>23,7</b>	<b>16,4</b>
1,3,5-triméthylbenzène	1,2	1,3	0,7
décane	1,0	1,0	0,4
méthylstyrène	1,3	1,5	1,0
<b>1,2,4-triméthylbenzène</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>
<b>2-éthylhexanol</b>	<b>16,6</b>	<b>22,4</b>	<b>17,8</b>
undécane	0,7	0,6	0,3
nonanal	1,7	1,2	0,8
2-éthylhexyl acétate	1,1	2,3	1,0
décanal	1,7	0,7	< 0,3
somme inconnus	13,8	16,6	7,7
TVOC	453,6	497,7	300,4
somme composés après hexadécane	2,4	4,1	0,0

Tableau 3-5-1 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en COV pour l'élément de mur B

aldéhydes HPLC	Jour 1	Jour 3	Jour 28
<b>formaldéhyde</b>	<b>75,6</b>	<b>90,4</b>	<b>53,5</b>
<b>acétaldéhyde</b>	<b>2,5</b>	<b>4,5</b>	<b>2,5</b>
<b>valéraldéhyde (pentanal)</b>	<b>1,1</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>

Tableau 3-5-2 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en aldéhydes pour l'élément de mur B

**Élément de mur C**

COV GC	J1	J3	J28
pentane	3684,2	3176,9	111,8
somme COV avant hexane	4086,1	3640,9	521,3
<b>benzène (C1)</b>	<b>8,0</b>	<b>7,1</b>	<b>&lt; 0,3</b>
1-méthoxy-2-propanol	2,5	2,1	< 0,3
heptane + 3-méthyl-2-butanol	1,8	1,0	0,8
<b>trichloroéthylène (C2)</b>	<b>6,4</b>	<b>4,8</b>	<b>19,0</b>
<b>toluène</b>	<b>3,7</b>	<b>2,2</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>hexanal</b>	<b>9,8</b>	<b>7,9</b>	<b>6,1</b>
éthylbenzène	156,8	132,8	92,8
<b>m-xylène</b>	<b>7,6</b>	<b>6,3</b>	<b>3,8</b>
<b>p-xylène</b>	<b>3,1</b>	<b>2,6</b>	<b>1,8</b>
<b>styrene</b>	<b>530,3</b>	<b>426,7</b>	<b>284,9</b>
<b>isopropylbenzène</b>	<b>3,7</b>	<b>3,4</b>	<b>2,2</b>
2-propényl benzène	7,5	6,0	4,9
4-méthyl-nonane	1,3	< 0,3	< 0,3
<b>propylbenzène</b>	<b>2,6</b>	<b>2,3</b>	<b>1,8</b>
m-éthyltoluène	1,5	1,1	0,9
p-éthyltoluène	0,8	0,5	0,3
<b>benzaldéhyde</b>	<b>59,5</b>	<b>60,8</b>	<b>45,5</b>
alkylcyclohexane	3,5	1,1	< 0,3
o-éthyltoluène	1,4	0,9	< 0,3
alpha-méthylstyrène	1,8	1,1	< 0,3
décane	10,6	1,2	< 0,3
alkylbenzène	1,5	1,1	0,9
<b>1,2,4-triméthylbenzène</b>	<b>0,7</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
octanal	1,1	< 0,3	< 0,3
4-méthyldécane	4,3	< 0,3	< 0,3
2-éthylhexanol	2,9	1,5	5,6
triméthylbenzène	2,3	< 0,3	< 0,3
butyl cyclohexane	1,9	< 0,3	< 0,3
m-propyltoluène	2,3	< 0,3	< 0,3
tert-butoxybenzène + acétophénone	4,8	3,6	2,6
undécane	7,7	2,2	< 0,3
nonanal	2,1	1,4	1,0
<b>dodécane</b>	<b>3,0</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>décanal</b>	<b>9,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>	<b>&lt; 0,3</b>
somme inconnus	15,1	7,5	< 0,3
TVOC	938,6	713,1	459,8
somme composés après hexadécane	0,0	0,0	0,0

Tableau 3-6-1 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en COV pour l'élément de mur C

aldéhydes HPLC	Jour 1	Jour 3	Jour 28
<b>formaldéhyde</b>	<b>27,1</b>	<b>23,5</b>	<b>4,8</b>
<b>acétaldéhyde</b>	<b>3,7</b>	<b>3,3</b>	<b>0,6</b>
<b>butyraldéhyde</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>isovaléraldéhyde</b>	<b>0,4</b>	<b>1,2</b>	<b>&lt; 0,3</b>
<b>valéraldéhyde (pentanal)</b>	<b>5,8</b>	<b>7,1</b>	<b>3,7</b>

Tableau 3-6-2 : Concentrations moyennes ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en aldéhydes pour l'élément de mur C

### Evaluation des émissions selon les protocoles AFSSET, ECA et AgBB

L'évaluation des émissions de COV et de formaldéhyde par les produits de construction testés a été faite selon le protocole proposé par le GT COV (protocole AFSSET), le protocole ECA (1997) et le protocole AgBB (2005).

Pour le protocole AgBB, les concentrations en formaldéhyde n'ont pas été prises en compte (voir par exemple, élément de mur B) car seuls les COV mesurables par la norme NF ISO 16000-6 sont pris en considération dans ce protocole. D'autre part, le TVOC n'a pas été recalculé selon la définition de l'AgBB différente de celle de la norme NF ISO 16000-6, mais ceci n'influence pas les évaluations.

***Revêtement de sol A***

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	<b>10000</b>	154	Oui
J3	Somme C1, C2	<b>10</b>	3,4	Oui
J28	TVOC	<b>1000</b>	22	Oui
J28	Somme C1, C2	<b>1</b>	nd	Oui
J28	Ci > 5	<b>LCI</b>		
J28	R = Ci / LCI	<b>1</b>	0	Oui
J28	Somme Cni > 5	<b>100</b>	0	Oui
<b>Conformité au protocole AFSSSET</b>				<b>Oui</b>

Tableau 4-1-1 : Evaluation des émissions du revêtement de sol A selon le protocole AFSSSET (2006)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J1	Somme C1	<b>25</b>	nd	Oui
J3	TVOC	<b>5000</b>	154	Oui
J28	TVOC	<b>200</b>	22	Oui
J28	Somme C1	<b>2,5</b>	nd	Oui
J28	Ci > 5	<b>LCI</b>		
J28	R = Ci / LCI	<b>1</b>	0	Oui
J28	Somme Cni > 5	<b>20</b>	0	Oui
<b>Conformité au protocole ECA</b>				<b>Oui</b>

Tableau 4-1-2 : Evaluation des émissions du revêtement de sol A selon le protocole ECA (1997)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	<b>10000</b>	154	Oui
J3	Somme C1, C2	<b>10</b>	3,4	Oui
J28	TVOC	<b>1000</b>	22	Oui
J28	Somme C1, C2	<b>1</b>	nd	Oui
J28	Ci > 5	<b>LCI</b>		
J28	R = Ci / LCI	<b>1</b>	0	Oui
J28	Somme Cni > 5	<b>100</b>	0	Oui
<b>Conformité au protocole AgBB</b>				<b>Oui</b>

Tableau 4-1-3 : Evaluation des émissions du revêtement de sol A selon le protocole AgBB (2005)

***Revêtement de sol B***

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	<b>10000</b>	25,5	Oui
J3	Somme C1,C2	<b>10</b>	nd	Oui
J28	TVOC	<b>1000</b>	14	Oui
J28	Somme C1,C2	<b>1</b>	nd	Oui
J28	Ci >5	<b>LCI</b>		
	2-éthylhexanol	<b>2700</b>	5,6	
J28	R= Ci/CLI	<b>1</b>	0,002	Oui
J28	Somme Cni > 5	<b>100</b>	0	Oui
<b>Conformité au protocole AFSSET</b>				<b>Oui</b>

Tableau 4-2-1 : Evaluation des émissions du revêtement de sol B selon le protocole AFSSET (2006)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J1	Somme C1	<b>25</b>	nd	Oui
J3	TVOC	<b>5000</b>	25,5	Oui
J28	TVOC	<b>200</b>	14	Oui
J28	Somme C1	<b>1</b>	nd	Oui
J28	Ci > 5	<b>LCI</b>		
	2-éthylhexanol	<b>1000</b>	5,6	
J28	R = Ci / LCI	<b>1</b>	0,0056	Oui
J28	Somme Cni > 5	<b>20</b>	0	Oui
<b>Conformité au protocole ECA</b>				<b>Oui</b>

Tableau 4-2-2 : Evaluation des émissions du revêtement de sol B selon le protocole ECA (1997)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	<b>10000</b>	25,5	Oui
J3	Somme C1, C2	<b>10</b>	nd	Oui
J28	TVOC	<b>1000</b>	14	Oui
J28	Somme C1, C2	<b>1</b>	nd	Oui
J28	Ci > 5	<b>LCI</b>		
	2-éthylhexanol	<b>2700</b>	5,6	
J28	R = Ci / LCI	<b>1</b>	0,0021	Oui
J28	Somme Cni > 5	<b>100</b>	0	Oui
<b>Conformité au protocole AgBB</b>				<b>Oui</b>

Tableau 4-2-3 : Evaluation des émissions du revêtement de sol B selon le protocole AgBB (2005)

***Revêtement de sol C***

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	10000	5	Oui
J3	Somme C1, C2	10	1,3	Oui
J28	TVOC	1000	4	Oui
J28	Somme C1, C2	1	4,7	Non
J28	Ci > 5	LCI		
J28	R = Ci / LCI	1	0	Oui
J28	Somme Cni > 5	100	0	Oui
<b>Conformité au protocole AFSSET</b>				<b>Non</b>

Tableau 4-3-1 : Evaluation des émissions du revêtement de sol C selon le protocole AFSSET (2006)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J1	Somme C1	25	nd	Oui
J3	TVOC	5000	5	Oui
J28	TVOC	200	4	Oui
J28	Somme C1	2,5	nd	Oui
J28	Ci > 5	LCI		
J28	R = Ci / LCI	1	0	Oui
J28	Somme Cni > 5	20	0	Oui
<b>Conformité au protocole ECA</b>				<b>Oui</b>

Tableau 4-3-2 : Evaluation des émissions du revêtement de sol C selon le protocole ECA (1997)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	10000	5	Oui
J3	Somme C1, C2	10	1,3	Oui
J28	TVOC	1000	4	Oui
J28	Somme C1, C2	1	4,7	Non
J28	Ci > 5	LCI		
J28	R = Ci / LCI	1	0	Oui
J28	Somme Cni > 5	100	0	Oui
<b>Conformité au protocole AgBB</b>				<b>Non</b>

Tableau 4-3-3 : Evaluation des émissions du revêtement de sol C selon le protocole AgBB (2005)

*Elément de mur A*

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	<b>10000</b>	16,5	Oui
J3	Somme C1,C2	<b>10</b>	nd	Oui
J28	TVOC	<b>1000</b>	< 0,3	Oui
J28	Somme C1,C2	<b>1</b>	nd	Oui
J28	Ci >5	<b>LCI</b>		
	hexanal	<b>640</b>	5,5	
J28	R= Ci/CLI	<b>1</b>		Oui
J28	Somme Cni > 5	<b>100</b>	0,01	Oui
<b>Conformité au protocole AFSSET</b>				<b>Oui</b>

Tableau 4-4-1 : Evaluation des émissions de l'élément de mur A selon le protocole AFSSET (2006)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J1	Somme C1	<b>25</b>	nd	Oui
J3	TVOC	<b>5000</b>	16,5	Oui
J28	TVOC	<b>200</b>	< 0,3	Oui
J28	Somme C1	<b>2,5</b>	nd	Oui
J28	Ci > 5	<b>LCI</b>		
	hexanal	<b>400</b>	5,5	
J28	R = Ci / LCI	<b>1</b>	0,014	Oui
J28	Somme Cni > 5	<b>20</b>	0	Oui
<b>Conformité au protocole ECA</b>				<b>Oui</b>

Tableau 4-4-2 : Evaluation des émissions de l'élément de mur A selon le protocole ECA (1997)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	<b>10000</b>	16,5	Oui
J3	Somme C1, C2	<b>10</b>	nd	Oui
J28	TVOC	<b>1000</b>	< 0,3	Oui
J28	Somme C1, C2	<b>1</b>	nd	Oui
J28	Ci > 5	<b>LCI</b>		
	hexanal	<b>890</b>	5,5	
J28	R = Ci / LCI	<b>1</b>	0,006	Oui
J28	Somme Cni > 5	<b>100</b>	0	Oui
<b>Conformité au protocole AgBB</b>				<b>Oui</b>

Tableau 4-4-3 : Evaluation des émissions de l'élément de mur A selon le protocole AgBB (2005)

*Elément de mur B*

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	10000	498	Oui
J3	Somme C1,C2	10	13.1	Non
J28	TVOC	1000	14	Oui
J28	Somme C1,C2	1	30	Non
J28	Ci >5	LCI		
	hexanal	640	5,5	
	éthylbenzène	1000	81,1	
	m-xylène	200	8,2	
	styrène	260	158,7	
	Isopropylbenzène	400	6,5	
	propylbenzène	200	5,3	
	benzaldéhyde	88	16,4	
	2-éthylhexanol	2700	17,8	
	formaldéhyde	10	53,5	
J28	R= Ci/LCI	1	6,3	Non
J28	Somme Cni > 5	100	0	Oui
<b>Conformité au protocole AFSSET</b>				<b>Non</b>

Tableau 4-5-1 : Evaluation des émissions de l'élément de mur B selon le protocole AFSSET (2006)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J1	Somme C1	25	1,6	Oui
J3	TVOC	5000	498	Oui
J28	TVOC	200	300	Non
J28	Somme C1	2,5	nd	Oui
J28	Ci > 5	LCI		
	hexanal	400	5,5	
	éthylbenzène	1000	51,1	
	m-xylène	1000	8,2	
	styrène	70	158,7	
	isopropylbenzène	1000	6,5	
	propylbenzène	1000	5,3	
	2-éthylhexanol	1000	17,8	
	formaldéhyde	100	53,5	
J28	R = Ci / LCI	1	2,905	Non
J28	Somme Cni > 5	20	16,4	Oui
<b>Conformité au protocole ECA</b>				<b>Non</b>

Tableau 4-5-2 : Evaluation des émissions de l'élément de mur B selon le protocole ECA (1997)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	10000	498	Oui
J3	Somme C1, C2	10	13,1	Non
J28	TVOC	1000	300	Oui
J28	Somme C1, C2	1	30	Non
J28	Ci > 5	LCI		
	hexanal	890	5,5	
	éthylbenzène	4400	51,1	
	m-xylène	2200	8,2	
	styrène	860	158,7	
	isopropylbenzène	1000	6,5	
	propylbenzène	1000	5,3	
	benzaldéhyde	90	16,4	
	2-éthylhexanol	2700	17,8	
J28	R = Ci / LCI	1	0,407	Oui
J28	Somme Cni > 5	100	0	Oui
<b>Conformité au protocole AgBB</b>				<b>Non</b>

Tableau 4-5-3 : Evaluation des émissions de l'élément de mur B selon le protocole AgBB (2005)

*Elément de mur C*

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	10000	713,1	Oui
J3	Somme C1,C2	10	11,9	Non
J28	TVOC	1000	459,8	Oui
J28	Somme C1,C2	1	19	Non
J28	Ci >5	LCI		
	hexanal	640	6,1	
	éthylbenzène	1000	92,8	
	styrène	260	284,9	
	benzaldéhyde	88	45,5	
	2-éthylhexanol	2700	5,6	
J28	R= Ci/LCI	1	1,71	Non
J28	Somme Cni > 5	100	0	Oui
<b>Conformité au protocole AFSSET</b>				<b>Non</b>

Tableau 4-6-1 : Evaluation des émissions de l'élément de mur C selon le protocole AFSSET (2006)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	Somme C1	25	8	Oui
J3	TVOC	5000	713,1	Oui
J28	TVOC	200	459,8	Non
J28	Somme C1	2,5	nd	Oui
J28	Ci > 5	LCI		
	hexanal	400	6,1	
	éthylbenzène	1000	92,8	
	styrène	70	284,9	
	2-éthylhexanol	1000	5,6	
J28	R = Ci / LCI	1	4,184	Non
J28	Somme Cni > 5	20	45,5	Non
<b>Conformité au protocole ECA</b>				<b>Non</b>

Tableau 4-6-2 : Evaluation des émissions de l'élément de mur C selon le protocole ECA (1997)

Jours	Paramètres	Valeurs limites	Valeurs mesurées	Conformité
J3	TVOC	10000	713,1	Oui
J3	Somme C1, C2	10	11,9	Non
J28	TVOC	1000	459,8	Oui
J28	Somme C1, C2	1	19	Non
J28	Ci > 5	LCI		
	hexanal	890	6,1	
	éthylbenzène	4400	92,8	
	styrène	860	284,9	
	benzaldéhyde	90	45,5	
	2-éthylhexanol	2700	5,6	
J28	R = Ci / LCI	1	0,867	Oui
J28	Somme Cni > 5	100	0	Oui
<b>Conformité au protocole AgBB</b>				<b>Non</b>

Tableau 4-6-3 : Evaluation des émissions de l'élément de mur C selon le protocole AgBB (2005)

## 5.2 Résultats des essais du CTBA

## ⌚ RESULTATS

Les tableaux suivants reprennent les concentrations expérimentales en COV totaux (COVT) et en COV spécifiques ( $C_i$ ) mesurés après 1, 3 et 28 jours en chambre d'essai d'émission. Les résultats sont exprimés en microgrammes par mètre cube d'air ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ).

Selon le scénario d'exposition type "Produits sol et plafond" défini dans l'annexe B de la norme pr NF EN 13419-1 : 2003, les concentrations expérimentales sont égales aux concentrations d'exposition dans une pièce modèle.

### Légende :

éq toluène - calcul avec le facteur de réponse en FID du toluène.

RF - calcul selon le propre facteur de réponse en FID du composé.

nd : non détecté.

nq : détecté mais non quantifié.

 Revêtement de sol D (1074/05C/1)

Composé	N°CAS	1 jour	3 jours	28 jours	Etalonnage
<b>COV (NF ISO 16000-6)</b>					
COVT	/	181 ± 11	131 ± 2	86 ± 14	éq toluène
1-pentanol	71-41-0	20,5	13,3	8,7	RF
1-hexanol-2-éthyl	104-76-7	13,4	9,1	3,6	RF
2-pantanone-4-hydroxy-4-méthyl	123-42-2	55,5	nd	nd	RF
heptanal	111-71-7	3,1	nq	nq	RF
octanal	124-13-0	6,3	5,0	4,5	RF
nonanal	124-19-6	6,1	4,9	4,2	RF
alpha-pinène	80-56-8	18,9	17,1	19,2	RF
béta-pinène	127-91-3	6,6	5,6	4,2	RF
non identifiés (C <sub>ni</sub> )	/	16	14,5	9,4	éq toluène
<b>Aldéhydes (NF ISO 16000-3)</b>					
acétone	67-64-1	16,0	8,0	4,8	RF
formaldéhyde	50-00-0	23,1	17,3	8,3	RF
acétaldéhyde	75-07-0	6,2	3,0	2,4	RF
pentanal	110-62-3	9,8	10,8	5,6	RF
hexanal	66-25-1	79,9	59,0	42,3	RF

Tableau 2 : concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en chambre d'essai d'émission à 1, 3 et 28 jours des principaux composés identifiés pour le revêtement de sol D (1074/05C/1)

 Revêtement de sol E (1074/05C/2)

Composé	N°CAS	1 jour	3 jours	28 jours	Etalonnage
<b>COV (NF ISO 16000-6)</b>					
COVT	/	146 ± 13	129 ± 8	81 ± 1	éq toluène
1-butanol	71-36-3	4,4	3,7	nd	RF
1-pentanol	71-41-0	38,2	31,6	16,0	RF
1-hexanol-2-éthyl	104-76-7	6,0	3,7	nd	RF
acide hexanoïque	142-62-1	47,5	51,7	65,0	RF
non identifiés (C <sub>ni</sub> )	/	0,0	0,0	0,0	éq toluène
<b>Aldéhydes (NF ISO 16000-3)</b>					
acétone	67-64-1	84,5	82,4	43,1	RF
formaldéhyde	50-00-0	8,8	8,7	7,5	RF
acétaldéhyde	75-07-0	25,6	22,3	13,3	RF
propanal	123-38-6	13,4	8,7	5,6	RF
pentanal	110-62-3	21,7	17,3	10,0	RF
hexanal	66-25-1	92,8	98,0	54,1	RF

**Tableau 3 : concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en chambre d'essai d'émission à 1, 3 et 28 jours des principaux composés identifiés pour le revêtement de sol E (1074/05C/2)**

## ↳ Revêtement de sol F (1074/05C/3)

Les hydrocarbures identifiés (aliphatiques, cycliques, monoaromatiques) ont été quantifiés selon le facteur de réponse du représentant de leur famille.

**Exemple :** pour les hydrocarbures aliphatiques en C9 (9 carbones), c'est le facteur de réponse du n-nonane qui a été retenu.

A l'opposé, ceux dont l'identification n'a pu être effectuée de façon catégorique, sont quantifiés en utilisant le facteur de réponse du toluène. Pour ces composés non identifiés, la concentration est donc calculée en toluène équivalent.

Composé	N°CAS	1 jour	3 jours	28 jours	Etalonnage
<b>COV (NF ISO 16000-6)</b>					
COVT	/	3720±147	2880±51	858±12	éq toluène
<b>Aliphatiques</b>					
n-nonane	111-84-2	110	77,4	5,9	RF
hydrocarbures C9	/	49,8	36,2	nq	éq n-nonane
n-décane	124-18-5	403	337	33,6	RF
hydrocarbures C10	/	283	222	40,2	éq n-décane
n-undécane	1120-21-4	393	303	51,0	RF
hydrocarbures C11	/	337	276	81,0	éq n-undécane
n-dodécane	112-40-3	7,6	5,8	nq	RF
hydrocarbures C12	/	60,9	45,4	18,7	éq n-dodécane
<b>Cycliques</b>					
éthylcyclohexane	1678-91-7	10,5	7,5	nq	RF
cycliques C8	/	30,0	17,6	nq	éq éthylcyclohexane
propylcyclohexane	1678-92-8	60,8	47,6	10,4	RF
cycliques C9	/	198	145	24,7	éq propylcyclohexane
butylcyclohexane	1678-93-9	93,8	74,3	24,3	RF
cycliques C10	/	443	378	116	éq butylcyclohexane
cycliques C11	/	378	283	145	éq butylcyclohexane
<b>Aromatiques</b>					
éq phénylheptane	/	36,4	23,0	12,8	éq 1-phényloctane
éq phényloctane	/	86,6	63,5	46,6	éq 1-phényloctane
éq phénylnonane	/	36,1	28,1	22,9	éq 1-phénylnonane
éq phényldécane	/	54,9	37,7	27,9	éq 1-phényldécane
éq phénylundécane	/	55,5	15,3	41,0	éq 1-phénylundécane

**Tableau 4a : concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en chambre d'essai d'émission à 1, 3 et 28 jours des principaux hydrocarbures identifiés pour le revêtement de sol F (1074/05C/3)**

Composé	N°CAS	1 jour	3 jours	28 jours	Etalonnage
<b>COV (NF ISO 16000-6)</b>					
formamide	75-12-7	8,2	6,0	nq	éq toluène
cyclohexane propanol	1124-63-6	32,0	25,2	6,2	éq toluène
4-méthyl-1-hexanol	818-49-5	10,9	9,5	2,7	éq toluène
1H-indène, octahydro	4551-51-3	27,6	21,9	5,4	éq toluène
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	22,3	9,6	nq	RF
1-nonanol	143-08-8	11,0	5,4	nd	éq toluène
2-(2-butoxyéthoxy)-éthanol	112-34-5	10,4	7,6	3,0	éq toluène
isomère du diméthyoctanol	/	3,7	2,3	nd	éq toluène
1-undécanol	112-42-5	4,3	4,5	5,9	éq toluène
propanoic acid, 2-méthyl, 3-hydroxy-2,4,4-triméthylpentyl ester	74367-34-3	8,9	6,2	5,6	éq toluène
hexane, 1-(hexyloxy)-3-méthyl	74421-18-4	3,6	2,8	nq	éq toluène
hexane, 1-(hexyloxy)-4-méthyl	74421-20-8	5,3	4,2	3,1	éq toluène
non identifiés (C <sub>ni</sub> )	/	500	355	137	éq toluène
<b>Aldéhydes (NF ISO 16000-3)</b>					
formaldéhyde	50-00-0	2,1	nq	nq	RF

**Tableau 4b : concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en chambre d'essai d'émission à 1, 3 et 28 jours des autres composés identifiés pour le revêtement de sol F (1074/05C/3)**

 Revêtement de sol G (1074/05C/4)

Composé	N°CAS	1 jour	3 jours	28 jours *	Etalonnage
<b>COV (NF ISO 16000-6)</b>					
COVT	/	76 ± 1	52 ± 2	35	éq toluène
1-butanol	71-36-3	9,0	6,7	3,6	RF
1-hexanol-2-éthyl	104-76-7	23,8	16,1	6,9	RF
1-méthoxy-2-propanol	107-98-2	9,9	5,3	4,6	RF
1-méthoxy-2-propylacétate	108-65-6	5,1	nq	2,8	RF
n-butyl acétate	123-86-4	6,2	4,2	3,0	RF
MIBK	108-10-1	5,4	3,5	2,4	RF
3-hexene-2-one	763-93-9	28,9	20,1	15,4	éq MIBK
2-pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-toluène	123-42-2	60,1	40,5	36,9	RF
non identifiés (C <sub>ni</sub> )	/	0,0	0,0	0,0	éq toluène
<b>Aldéhydes (NF ISO 16000-3)</b>					
acétone	67-64-1	18,4	13,1	7,6	RF
formaldéhyde	50-00-0	98,2	81,3	60,1	RF
acétaldéhyde	75-07-0	3,2	1,7	nq	RF
benzaldéhyde	100-52-7	4,7	2,5	nd	RF
hexanal	66-25-1	3,5	2,8	1,7	RF

**Tableau 5 : concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en chambre d'essai d'émission à 1, 3 et 28 jours des principaux composés identifiés pour le revêtement de sol G (1074/05C/4)**

\* un seul prélèvement selon la norme NF ISO 16000-6.

 Revêtement de sol H (1074/05C/5)

Composé	N°CAS	1 jour	3 jours	28 jours	Etalonnage
<b>COV (NF ISO 16000-6)</b>					
COVT	/	18 ± 0,3	13 ± 0,0	11 ± 0,2	éq toluène
1-hexanol-2-éthyl	104-76-7	1,1	1,1	0,7	RF
acide propionique	79-09-4	5,8	2,8	nd	éq acide butyrique
acide butyrique	107-92-6	4,1	2,4	nq	RF
n-butyl acétate	123-86-4	0,8	nq	nq	RF
furfural	98-01-1	8,1	5,2	2,7	RF
hexanal	66-25-1	0,9	0,7	nq	RF
isomère du chlorométhylbenzène	/	6,0	5,2	3,5	éq toluène
toluène	108-88-3	1,1	0,3	3,0	RF
non identifiés (C <sub>ni</sub> )	/	0,0	0,0	0,0	éq toluène
<b>Aldéhydes (NF ISO 16000-3)</b>					
formaldéhyde	50-00-0	2,9	nq	nq	RF
acétaldéhyde	75-07-0	3,7	2,2	nq	RF

Tableau 6 : concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en chambre d'essai d'émission à 1, 3 et 28 jours des principaux composés identifiés pour le revêtement de sol H (1074/05C/5)

 Revêtement de sol I (1074/05C/6)

Composé	N°CAS	1 jour	3 jours	28 jours	Etalonnage
<b>COV (NF ISO 16000-6)</b>					
COVT	/	35 ± 4	38 ± 0,3	42 ± 1	éq toluène
1-pentanol	71-41-0	2,6	2,4	3,4	RF
1-hexanol-2-éthyl	104-76-7	4,8	4,2	2,1	RF
pentanal	110-62-3	6,4	7,6	8,5	RF
hexanal	66-25-1	30,9	36,5	41,2	RF
nonanal	124-19-6	0,6	nq	nq	RF
benzaldéhyde	100-52-7	1,0	0,8	0,9	éq toluène
p-cymène	99-87-6	1,0	nq	nq	éq toluène
acide benzoïque	65-85-0	0,5	nq	nd	éq toluène
non identifiés (C <sub>ni</sub> )	/	0,0	0,0	0,0	éq toluène
<b>Aldéhydes (NF ISO 16000-3)</b>					
formaldéhyde	50-00-0	6,9	2,1	4,7	RF
acétaldéhyde	75-07-0	3,1	0,4	1,6	RF

Tableau 7 : concentrations ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) en chambre d'essai d'émission à 1, 3 et 28 jours des principaux composés identifiés pour le revêtement de sol I (1074/05C/6)

## ☛ AVIS ET INTERPRETATIONS

Le principe des protocoles d'évaluation consiste à transformer les concentrations mesurées dans les chambres environnementales ( $C_i$ ) en des concentrations d'exposition ( $C_{exp}$ ) dans une pièce modèle.

La relation liant les concentrations mesurées aux concentrations d'exposition est la suivante :

$$C_{exp} = q_c/q_e \cdot C_i$$

Avec :

$q_c$  : Taux de ventilation spécifique pendant l'essai :  $1,25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ .

$q_e$  : Taux de ventilation spécifique dans une pièce modèle fixé en fonction du scénario d'exposition du protocole d'évaluation (annexe B de la norme pr NF EN 13419-1) :

- $1,25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  pour un scénario "Produits sol et plafond",
- $0,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  pour un scénario "Produits muraux".

Comme les échantillons sont tous des revêtements de sols, on obtient :  $C_{exp} = C_i$

Les protocoles d'évaluation sanitaire de l'ECA (1997), de l'AgBB (2005) et la procédure AFSSSET (2006) mise en place par le GT COV (saisine Afsset « composés organiques volatils ») ont été appliqués aux résultats d'émission de composés volatils (COV, formaldéhyde) mesurés dans les 6 produits de construction testés.

Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants.

### Légende :

nd – non détecté.

CVM – chlorure de vinyle monomère.

☛ **Revêtement de sol D (1074/05C/1)**

☛ Protocole de l'ECA

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
1	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	25 100	oui oui
3	COVT	131	5000	oui
28	COVT	86	200	oui
28	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	2,5 10	oui oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : 1-pentanol alpha-pinène formaldéhyde pentanal hexanal $R = \sum C_i /LCI$	8,7 19,2 8,3 5,6 42,3 0,94	3000 1000 10 400 400 1	
28	$\sum C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	9,4	20	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 8 : application du référentiel ECA aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol D (1074/05C/1)**

↳ Protocole allemand de l'AgBB

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	131	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	86	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : 1-pentanol alpha-pinène pentanal hexanal $R = \sum C_i / LCI$	8,7 19,2 5,6 42,3 0,07	3600 1400 1700 890 1	oui
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	9,4	100	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 9 : application du référentiel AgBB aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol D (1074/05C/1)**

↳ Protocole de l'AFSSET

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	131	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	86	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : 1-pentanol alpha-pinène formaldéhyde pentanal hexanal $R = \Sigma C_i / LCI$	8,7 19,2 8,3 5,6 42,3 0,94	3600 450 10 1700 640 1	oui
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	9.4	100	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 10 : application du référentiel AFSSET aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol D (1074/05C/1)**

↳ **Revêtement de sol E (1074/05C/2)**

↳ Protocole de l'ECA

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
1	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	25 100	oui oui
3	COVT	129	5000	oui
28	COVT	81	200	oui
28	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	2,5 10	oui oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : 1-pentanol acide hexanoïque acétone formaldéhyde acétaldéhyde propanal pentanal hexanal $R = \sum C_i / LCI$	16,0 65,0 43,1 7,5 13,3 5,6 10,0 54,1 1,48	3000 300 6000 10 40 400 400 400 1	
28	$\sum C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	20	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>non</b>

**Tableau 11 : application du référentiel ECA aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol E (1074/05C/2)**

↳ Protocole allemand de l'AgBB

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	129	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	81	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : 1-pentanol acide hexanoïque pentanal hexanal $R = \sum C_i / LCI$	16,0 65,0 10,0 54,1 0,20	3600 490 1700 890 1	oui
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	100	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 12 : application du référentiel AgBB aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol E (1074/05C/2)**

↳ Protocole de l'AFSSET

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	129	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	81	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ :			
	1-pentanol	16,0	3600	
	acide hexanoïque	65,0	310	
	formaldéhyde	7,5	10	
	acétaldéhyde	13,3	200	
	propanal	5,6	480	
	pentanal	10,0	1700	
	hexanal	54,1	640	
	$R = \sum C_i / LCI$	1,13	1	non
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	100	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>non</b>

**Tableau 13 : application du référentiel AFSSET aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol E (1074/05C/2)**

↳ **Revêtement de sol F (1074/05C/3)**

↳ Protocole de l'ECA

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
1	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	25 100	oui oui
3	COVT	2880	5000	oui
28	COVT	858	200	non
28	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	2,5 10	oui oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : n-nonane n-décane hydrocarbures C10 n-undécane hydrocarbures C11 hydrocarbures C12 $R = \sum C_i / LCI$	5,9 33,6 29,5 51,0 78,6 5,8 0,04	10000 2000 3000 10000 10000 10000 1	
28	$\sum C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	449	20	non
<b>conforme au protocole</b>				<b>non</b>

**Tableau 14 : application du référentiel ECA aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol F (1074/05C/3)**

↳ Protocole allemand de l'AgBB

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	2880	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	858	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ :			
	n-nonane	5,9	21000	
	n-décane	33,6	21000	
	hydrocarbures C10	29,5	21000	
	n-undécane	51,0	21000	
	hydrocarbures C11	78,6	21000	
	hydrocarbures C12	5,8	21000	
	éq 1-phényloctane	39,1	1000	
	éq 1-phényldécane	13,2	1000	
	éq 1-phénylundécane	30,6	1000	
	$R = \sum C_i / LCI$	0,09	1	oui
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	366	100	non
<b>conforme au protocole</b>				<b>non</b>

**Tableau 15 : application du référentiel AgBB aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol F (1074/05C/3)**

↳ Protocole de l'AFSSET

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	2880	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	858	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ :			
	n-nonane	5,9	10500	
	n-décane	33,6	2500	
	hydrocarbures C10	29,5	20800	
	n-undécane	51,0	20800	
	hydrocarbures C11	78,6	20800	
	hydrocarbures C12	5,8	20800	
	éq phényloctane	39,1	200	
	éq phényldécane	13,2	200	
	éq phénylundécane	30,6	200	
	$R = \Sigma C_i / LCI$	0,43	1	oui
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	366	100	non
<b>conforme au protocole</b>				<b>non</b>

**Tableau 16 : application du référentiel AFSSET aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol F (1074/05C/3)**

↳ **Revêtement de sol G (1074/05C/4)**

↳ Protocole de l'ECA

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
1	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	25 100	oui oui
3	COVT	52	5000	oui
28	COVT	35	200	oui
28	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	2,5 10	oui oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : 1-hexanol, 2-ethyl formaldéhyde acétone $R = \sum C_i / LCI$	6,9 60,1 7,6 6,02	1000 10 6000 1	
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	52,3	20	non
<b>conforme au protocole</b>				<b>non</b>

**Tableau 17 : application du référentiel ECA aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol G (1074/05C/4)**

↳ Protocole allemand de l'AgBB

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	52	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	35	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : 1-hexanol, 2-ethyl $R = \sum C_i / LCI$	6,9 0,00	2700 1	
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	52,3	100	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 18 : application du référentiel AgBB aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol G (1074/05C/4)**

↳ Protocole de l'AFSSET

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	52	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	35	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : 1-hexanol, 2-ethyl formaldéhyde $R = \sum C_i / LCI$	6,9 60,1 6,02	2700 10 1	non
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	52,3	100	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>non</b>

**Tableau 19 : application du référentiel AFSSET aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol G (1074/05C/4)**

↳ **Revêtement de sol H (1074/05C/5)**

↳ Protocole de l'ECA

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
1	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	25 100	oui oui
3	COVT	13	5000	oui
28	COVT	11	200	oui
28	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	2,5 10	oui oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : pas de composé $R = \sum C_i / LCI$	0,00	1	oui
28	$\sum C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	20	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 20 : application du référentiel ECA aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol H (1074/05C/5)**

↳ Protocole allemand de l'AgBB

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	13	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	11	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : pas de composé $R = \sum C_i / LCI$	0,00	1	oui
28	$\sum C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	100	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 21 : application du référentiel AgBB aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol H (1074/05C/5)**

↳ Protocole de l'AFSSET

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	13	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	11	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : pas de composé $R = \sum C_i / LCI$	0,00	1	oui
28	$\sum C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	100	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 22 : application du référentiel AFSSET aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol H (1074/05C/5)**

↳ **Revêtement de sol I (1074/05C/6)**

↳ Protocole de l'ECA

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
1	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	25 100	oui oui
3	COVT	38	5000	oui
28	COVT	42	200	oui
28	cancérogènes C1, C2 : benzène CVM	nd nd	2,5 10	oui oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : pentanal hexanal $R = \sum C_i / LCI$	8,5 41,2 0,12	400 400 1	oui
28	$\sum C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	20	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 23 : application du référentiel ECA aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol I (1074/05C/6)**

↳ Protocole allemand de l'AgBB

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	38	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	42	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : pentanal hexanal $R = \sum C_i / LCI$	8,5 41,2 0,05	1700 890 1	oui
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	100	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 24 : application du référentiel AgBB aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol I (1074/05C/6)**

↳ Protocole de l'AFSSET

Jours	Paramètres	Valeur mesurée	Valeur limite	Conforme
3	COVT	38	10000	oui
3	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	10	oui
28	COVT	42	1000	oui
28	$\Sigma$ cancérogènes C1, C2	nd	1	oui
28	$C_i > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$ : pentanal hexanal $R = \sum C_i / LCI$	8,5 41,2 0,07	1700 640 1	oui
28	$\Sigma C_{ni} > 5 \mu\text{g.m}^{-3}$	0	100	oui
<b>conforme au protocole</b>				<b>oui</b>

**Tableau 25 : application du référentiel AFSSET aux résultats en chambre d'essai d'émission pour le revêtement de sol I (1074/05C/6)**

Les avis et interprétations présentés dans le rapport d'essais n° **CTBA-IBC/67/1074/05C** du 08/02/2006 sont limités aux échantillons prélevés et testés selon la norme pr NF EN 13419-1 : 2003. Ils ne peuvent en aucun cas être extrapolés à la famille de produits de construction dont ils sont issus.



agence française de sécurité sanitaire  
de l'environnement et du travail  
253, avenue du Général Leclerc  
94701 Maisons-Alfort Cedex  
Tél. +33 1 56 29 19 30  
[afssset@afssset.fr](mailto:afssset@afssset.fr)

[www.afssset.fr](http://www.afssset.fr)

ISBN 2-11095617-8