



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

Etude « UIPP ISO 16000 »

Caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par des panneaux à base de bois représentatifs des productions françaises

Christophe YRIEIX

Laboratoire de chimie-écotoxicologie

29/08/2013

Référence du rapport : 402/11/2728R/1à20
(version 2)

Avec le soutien de :

Siège social

10, avenue de Saint-Mandé
75012 Paris
Tél +33 (0)1 40 19 49 19
Fax +33 (0)1 43 40 85 65

**Laboratoire de chimie-
écotoxicologie**

Allée de Boutaut – BP 227
33028 Bordeaux Cedex
Tél +33 (0)5 56 43 63 00
Fax +33 (0)5 56 43 64 80

www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00017
APE 7219 Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

CODIFAB

comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

uipp

RESUME

Les émissions en polluants volatils de 20 panneaux à base de bois (panneaux de particules, panneaux de fibres) ont été caractérisées suite à deux campagnes de prélèvement réalisées en 2011 et 2012 dans 10 usines françaises de production.

L'objectif était de positionner la gamme complète de panneaux à base de bois fabriqués en France selon l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils, et d'orienter les industriels vers des classes d'émission génériques.

Mots clés : panneau de particules, panneau MDF, ISO 16000, formaldéhyde, COV, émission, étiquetage

ABSTRACT

Volatile compound emissions from 20 wood based panels (particleboards, MDF) have been measured following two sampling campaigns carried out between 2011 and 2012 in 10 French manufacturing sites.

The aim was to classify the complete range of wood based panels manufactured in France according to the French labeling of construction and decoration products with their volatile pollutant emissions (Order from April 19th, 2011) and to refer producers to generic emission classes.

Keywords : wood based panel, particleboard, MDF board, ISO 16000, formaldehyde, VOC, emission, labeling

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	4
2.	PLAN EXPERIMENTAL	5
	2.1 Principe général.....	5
	2.2 Description des éléments d'essai.....	7
3.	DESCRIPTION DES ESSAIS	9
	3.1 Principe de l'essai.....	9
	3.2 Préparation des éprouvettes d'essai	9
	3.3 Déroulement de l'essai	10
4.	RESULTATS	14
	4.1 Expression de résultats	14
	4.2 Echantillon 11/2728R/1 (MDF 4 mg 2,5 mm laqué 1 face – Fabricant 1)	15
	4.3 Echantillon 11/2728R/2 (MDF 4 mg 3 mm laqué 2 faces – Fabricant 1)	16
	4.4 Echantillon 11/2728R/4 (PP E1 19 mm – Fabricant 2)	17
	4.5 Echantillon 11/2728R/3 (PPSM 70 g/m ² – E1 Fabricant 2).....	18
	4.6 Echantillon 11/2728R/5 (PP 4 mg 19 mm – Fabricant 3).....	19
	4.7 Echantillon 11/2728R/6 (PPSM 65 g/m ² – 4 mg Fabricant 3)	20
	4.8 Echantillon 11/2728R/7 (MDF E1 19 mm – Fabricant 4)	21
	4.9 Echantillon 11/2728R/8 (MDF laqué 1 face – E1 Fabricant 4).....	22
	4.10 Echantillon 11/2728R/9 (PP 4 mg 20 mm– Fabricant 5).....	23
	4.11 Echantillon 11/2728R/10 (PPSM 65 g/m ² – 4 mg Fabricant 5)	24
	4.12 Echantillon 11/2728R/11 (PP CARB P2 18 mm – Fabricant 6)	25
	4.13 Echantillon 11/2728R/12 (PPSM 80 g/m ² – CARB P2 Fabricant 6).....	26
	4.14 Echantillon 11/2728R/13 (MDF 4 mg 18 mm – Fabricant 7).....	27
	4.15 Echantillon 11/2728R/14 (MDF Surfagé mélaminé – 4 mg Fabricant 7).....	28
	4.16 Echantillon 11/2728R/15 (PP CARB P2 18 mm– Fabricant 8)	29
	4.17 Echantillon 11/2728R/16 (PPSM 75 g/m ² – CARB P2 Fabricant 8).....	30
	4.18 Echantillon 11/2728R/17 (PP 4 mg 19 mm– Fabricant 9).....	31
	4.19 Echantillon 11/2728R/18 (PPSM 65 g/m ² - 4 mg Fabricant 9).....	32
	4.20 Echantillon 11/2728R/19 (PPSM 70 g/m ² – E1 Fabricant 10).....	33
	4.21 Echantillon 11/2728R/20 (PPSM 110 g/m ² – E1 Fabricant 10).....	34
5.	DISCUSSION	35
	5.1 Principaux composés identifiés	35
	5.2 Influence du classement du panneau.....	40
	5.3 Comparaison avec l'étiquetage obligatoire (arrêté du 19 avril 2011).....	43
6.	CONCLUSIONS DE L'ETUDE	51
7.	ANNEXE : PRESENTATION SIMPLIFIEE DE L'ETIQUETAGE A USAGE DES PROFESSIONNELS	54

1. INTRODUCTION

Ce rapport synthétise les résultats des essais d'émission en polluants volatils de différents panneaux à base de bois (panneaux de particules, panneaux de fibres) obtenus dans le cadre de l'étude « UIPP ISO 16000 », suite à deux campagnes de prélèvement réalisées en 2011 et 2012 dans 10 usines représentatives de la production française.

Cette étude fait suite à une demande de l'Union des Industries de Panneaux de Process (UIPP) pour aider les industriels français à positionner leurs produits selon le décret relatif à l'étiquetage obligatoire des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils (décret n° 2011-321 du 23 mars 2011).

En effet, la mise en place définitive de ce dispositif réglementaire est fixée au 1^{er} septembre 2013. Le niveau d'émission du produit devra être indiqué par une classe allant de A+ (très faibles émissions) à C (fortes émissions), selon le principe déjà utilisé pour l'électroménager.

Son arrêté d'application (arrêté du 19 avril 2011) s'est concentré sur un nombre limité de substances volatiles pour lesquelles la réduction des sources d'émission a été jugée prioritaire :

- Formaldéhyde (numéro CAS 50-00-0)
- Acétaldéhyde (numéro CAS 75-07-0)
- Toluène (numéro CAS 108-88-3)
- Tétrachloroéthylène (numéro CAS 127-18-4)
- Xylènes (numéro CAS 1330-20-7)
- 1,2,4-Triméthylbenzène (numéro CAS 95-63-6)
- 1,4-Dichlorobenzène (numéro CAS 106-46-7)
- Éthylbenzène (numéro CAS 100-41-4)
- 2-Butoxyéthanol (numéro CAS 111-76-2)
- Styrène (numéro CAS 100-42-5)
- Composés organiques volatils totaux (COVT)

Parmi ces substances volatiles, seules les données d'émission en formaldéhyde sont bien documentées pour les panneaux à base de bois. Mais, elles se résument souvent à la mesure du dégagement de formaldéhyde dans le cadre de la mise en conformité au marquage CE de ces produits (norme harmonisée NF EN 13986).

L'arrêté d'étiquetage définit la série de normes ISO 16000 par défaut pour la mesure des émissions de COV et de formaldéhyde. Toutefois, il autorise le renvoi à d'autres normes lorsque le produit à étiqueter est concerné par une exigence réglementaire renvoyant à une autre méthode de caractérisation des émissions. Dans ce cas, le résultat peut être utilisé pour déterminer la classe d'émission correspondante.

C'est le cas des panneaux à base de bois dont la norme NF EN 13986 renvoie à la norme NF EN 717-1 pour la mesure du dégagement de formaldéhyde. Toutefois, cette norme n'est généralement pas appliquée par les industriels du fait de son inadaptation au contrôle de production interne. La méthode retenue (NF EN 120) n'est alors pas considérée comme une méthode d'émission et ne peut donc pas servir de base à l'étiquetage.

Les autres substances volatiles listées dans l'arrêté d'étiquetage ne sont pas connues pour rentrer dans les procédés de fabrication des panneaux à base de bois. Par contre, le matériau bois est connu pour émettre des COV naturels à des niveaux de concentrations parfois significatifs. Même si ces substances volatiles ne sont pas listées dans l'arrêté d'étiquetage, elles contribuent en grande partie au calcul des COVT.

Les COV naturels du bois commencent à être documentés pour certaines essences de bois massifs (émissions de monoterpènes par les essences résineuses, émissions d'aldéhydes et d'acides carboxyliques par tout type d'essence). Mais ces études sont encore trop peu nombreuses et sont rarement réalisées sur les panneaux à base de bois.

Il existe donc un réel manque de données sur les émissions des panneaux à base de bois selon la série de normes ISO 16000. Ce constat a conduit à lancer l'étude « UIPP ISO 16000 » en 2011 afin de fournir aux fabricants français de panneaux de process un premier ordre de grandeur sur les émissions de COV et de formaldéhyde de leurs produits.

Cette étude s'est aussi fixée comme objectif de situer la gamme complète de panneaux à base de bois (panneaux de particules, panneaux MDF) fabriqués en France vis-à-vis de l'arrêté du 19 avril 2011 et d'orienter les industriels vers des classes d'émission « génériques ».

2. PLAN EXPERIMENTAL

2.1 Principe général

Les panneaux ont été prélevés par FCBA au cours de deux campagnes de prélèvement :

- entre septembre et octobre 2011 sur 5 unités de production :
 - o fabricants de panneaux MDF : Finsa, Isoroy (site du Creusot)
 - o fabricants de panneaux de particules : Egger (site de Rion des Landes), Isoroy (site d'Auxerre), Kronofrance
- entre mars et juin 2012 sur 5 unités de production :
 - o fabricant de panneaux MDF : Unilin
 - o fabricants de panneaux de particules : CFP, Darbo, Depalor, Gautier

En concertation avec l'UIPP, 3 unités de production de panneaux de fibres (MDF) et 7 unités de production de panneaux de particules (PP) ont été retenues. Sur chaque site, la représentativité du panneau à retenir pour cette étude a été discutée avec l'industriel.

Le principe retenu a consisté à prélever des références commerciales représentatives de la production française en terme de panneau brut (E1, "4 mg", CARB P2) et de panneau revêtu (grammage du papier) ou fini (type de peinture) :

- Pour 7 unités de production :
 - o prélèvement d'un panneau brut fabriqué depuis moins de 15 jours : panneau de particules ou MDF, E1, "4 mg", CARB P2
 - o prélèvement d'un panneau revêtu (panneau de particules surfacé mélaminé (PPSM), MDF surfacé mélaminé ; grammage entre 65 et 80 g/m²) fabriqué à partir du même lot que le panneau brut testé
- Pour 1 unité de production :
 - o prélèvement d'un panneau brut fabriqué depuis moins de 15 jours : panneau MDF E1
 - o laquage du panneau par le laboratoire de finition du pôle ameublement de FCBA (vernis PU solvanté 100 g/m²)

- Pour 1 unité de production : prélèvement d'un panneau MDF mince laqué sur une face et sur deux faces (verniss UV phase aqueuse)
- Pour 1 unité de production : prélèvement de panneaux de PPSM à 2 grammages (70 et 110 g/m²) mais fabriqués à partir d'un même panneau brut E1

Les caractéristiques générales de chaque panneau prélevé sont décrites dans le tableau 1 :

Fabricant (Fab)	Description du panneau
1	MDF 4 mg 2,5 mm laqué 1 face
1	MDF 4 mg 3 mm laqué 2 faces
2	PP E1 19 mm
2	PPSM 70 g/m ² (E1 Fab 2)
3	PP 4 mg 19 mm
3	PPSM 65 g/m ² (4 mg Fab 3)
4	MDF E1 19 mm
4	MDF laqué 1 face (E1 Fab 4)
5	PP 4 mg 20 mm
5	PPSM 65 g/m ² (4 mg Fab 5)
6	PP CARB P2 18 mm
6	PPSM 80 g/m ² (CARB P2 Fab 6)
7	MDF 4 mg 18 mm
7	MDF surfacé mélaminé (4 mg Fab 7)
8	PP CARB P2 18 mm
8	PPSM 75 g/m ² (CARB P2 Fab 8)
9	PP 4 mg 19 mm
9	PPSM 65 g/m ² (4 mg Fab 9)
10	PPSM 70 g/m ² (E1 Fab 10)
10	PPSM 110 g/ m ² (E1 Fab 10)

Tableau 1 : Caractéristiques techniques des échantillons de panneaux prélevés

La seconde phase de l'étude a consisté à mesurer le dégagement de composés volatils à partir des échantillons de panneaux selon la norme de conditionnement en chambre d'essai d'émission définie dans l'arrêté du 19 avril 2011 :

- **NF EN ISO 16000-9** : Air intérieur – Partie 9 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils des produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la chambre d'essai d'émission

Deux types d'analyse ont été réalisés après 28 jours de conditionnement des échantillons en chambre d'essai d'émission :

- Prélèvement sur tube Tenax TA de l'air de la chambre d'essai d'émission et analyse des COV par TD/GC/MS selon les conditions de la norme **NF ISO 16000-6**
- Prélèvement sur cartouche de gel de silice imprégné de DNPH (2,4-dinitrophénylhydrazine) de l'air de la chambre d'essai d'émission et analyse des composés carbonyles de faible poids moléculaire par HPLC/UV selon les conditions de la norme **NF ISO 16000-3**

Les paramètres suivants ont été systématiquement recherchés :

- Formaldéhyde (numéro CAS 50-00-0)
- Acétaldéhyde (numéro CAS 75-07-0)
- Toluène (numéro CAS 108-88-3)
- Tétrachloroéthylène (numéro CAS 127-18-4)
- Xylènes (numéro CAS 1330-20-7)
- 1,2,4-Triméthylbenzène (numéro CAS 95-63-6)
- 1,4-Dichlorobenzène (numéro CAS 106-46-7)
- Éthylbenzène (numéro CAS 100-41-4)
- 2-Butoxyéthanol (numéro CAS 111-76-2)
- Styène (numéro CAS 100-42-5)
- Composés organiques volatils totaux (COVT)

Ils sont tirés de l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

Parmi les autres substances volatiles recherchées, 3 composés ont été retenus comme traceurs :

- Alpha-pinène (numéro CAS 80-56-8) : traceur des essences résineuses
- Hexanal (numéro CAS 66-25-1) et acide acétique (numéro CAS 64-19-7) : traceurs des essences feuillues

L'alpha-pinène est le composé majoritaire des monoterpènes, composés naturellement présents dans les essences résineuses. De son côté, l'hexanal et l'acide acétique sont des composés naturels majoritaires du bois, aussi bien présents dans les essences résineuses que feuillues.

Les substances volatiles ont été identifiées et quantifiées individuellement par utilisation de leur propre facteur de réponse en spectrométrie de masse (MS).

La concentration totale en COV (COVT) a été calculée en additionnant les concentrations individuelles de chaque composé élué sur une colonne de chromatographie gazeuse apolaire (méthylsilicone avec 5 % de phénylsilicone), dans une gamme de temps de rétention comprise entre le n-hexane et le n-hexadécane (inclus), tous ces composés étant quantifiés en équivalent toluène.

2.2 Description des éléments d'essai

Pour chaque type de panneau, 8 échantillons de 500 x 250 mm ont été découpés dans la partie centrale du panneau. Chaque panneau échantillonné a été prélevé en milieu de pile.

Juste après la découpe, chaque échantillon a été emballé séparément et de façon hermétique à l'air et aux UV dans du film aluminium et du film plastique épais, tel que décrit dans la norme **NF EN ISO 16000-11**.

Les échantillons ont ensuite été stockés tels quels en chambre climatisée à $20 \pm 2^\circ\text{C}$ au laboratoire de chimie-écotoxicologie de FCBA, jusqu'à leur date d'envoi pour essai dans un laboratoire sous-traitant accrédité ISO 17025 pour la série de normes ISO 16000.

La référence et le suivi de chaque série d'échantillons sont repris dans le tableau 2.

Type de panneau	Référence FCBA	Date de fabrication	Date de prélèvement	Date de début d'essai	Date de fin d'essai
MDF 4 mg 2,5 mm avec 1 face laquée (Fab1) – majoritairement résineux	11/2728R/1	brut 15/09/11 laqué 19/09/11	19/09/2011	05/10/2011	02/11/2011
MDF 4 mg 3 mm avec 2 faces laquées (Fab 1) – majoritairement résineux	11/2728R/2	brut 08/09/11 laqué 13/09/11	19/09/2011	05/10/2011	02/11/2011
PP E1 19 mm (Fab 2) – 2/3 feuillu 1/3 résineux	11/2728R/4	12/09/2011	20/09/2011	05/10/2011	02/11/2011
PPSM 70 g/m ² (E1 Fab 2)	11/2728R/3	17/09/2011	20/09/2011	05/10/2011	02/11/2011
PP 4 mg 19 mm (Fab 3) - majoritairement résineux / 40% recyclé	11/2728R/5	15/09/2011	20/09/2011	05/10/2011	02/11/2011
PPSM 65 g/m ² (4 mg Fab 3)	11/2728R/6	16/09/2011	20/09/2011	03/11/2011	01/12/2011
MDF E1 19 mm (Fab 4) – 100% résineux	11/2728R/7	09/10/2011	14/10/2011	03/11/2011	01/12/2011
MDF laqué 1 face (E1 Fab 4)	11/2728R/8	fond 02/10/11 finition 03/11/11	14/10/2011	17/11/2011	15/12/2011
PP 4 mg 20 mm (Fab 5) – 100% résineux	11/2728R/9	30/09/2011	14/10/2011	03/11/2011	01/12/2011
PPSM 65 g/m ² (4 mg Fab 5)	11/2728R/10	06/10/2011	14/10/2011	03/11/2011	01/12/2011
PP CARB P2 18 mm (Fab 6) – Mix feuillu / résineux, partie recyclée 50 à 55 % 100 %résineux	11/2728R/11	08/03/2012	14/03/2012	02/04/2012	30/04/2012
PPSM 80 g/m ² (CARB P2 Fab 6)	11/2728R/12	13/03/2012	14/03/2012	02/04/2012	30/04/2012
MDF 4 mg 18 mm (Fab 7) – Mix feuillu / résineux, pas de recyclé	11/2728R/13	23/03/2012	17/04/2012	02/05/2012	30/05/2012
MDF surfacé mélaminé (4 mg Fab 7)	11/2728R/14	12/04/2012	17/04/2012	02/05/2012	30/05/2012
PP CARB P2 18 mm (Fab 8) – 36% plaquettes / 34% feuillu / 30% recyclé	11/2728R/15	03/04/2012	18/04/2012	02/05/2012	30/05/2012
PPSM 75 g/m ² (CARB P2 Fab 8)	11/2728R/16	10/04/2012	18/04/2012	03/05/2012	31/05/2012
PP 4 mg 19 mm (Fab 9) – 70% feuillu / 30% résineux, 15% de bois recyclé	11/2728R/17	14/04/2012	18/04/2012	03/05/2012	31/05/2012
PPSM 65 g/m ² (4 mg Fab 9)	11/2728R/18	17/04/2012	18/04/2012	04/05/2012	01/06/2012
PPSM 70 g/m ² (E1 Fab 10) – 100% résineux	11/2728R/19	Non communiqué	28/06/12	10/09/2012	08/10/2012
PPSM 110 g/ m ² (E1 Fab 10) – 100% résineux	11/2728R/20	Non communiqué	28/06/12	05/07/2012	02/08/2012

Tableau 2 : Suivi général des échantillons

3. DESCRIPTION DES ESSAIS

3.1 Principe de l'essai

La norme NF EN ISO 16000-9 spécifie une méthode générale d'essai en laboratoire permettant de déterminer le facteur d'émission spécifique par unité de surface, de composés organiques volatils (COV) provenant des produits de construction nouvellement fabriqués ou d'objets d'équipement, dans des conditions climatiques définies. La méthode peut être également appliquée aux produits qui ont vieilli.

L'essai est effectué dans une chambre d'essai d'émission dans des conditions constantes de température (23 ± 2 °C), d'humidité relative (50 ± 5 %) et de débit d'air spécifique par unité de surface (rapport entre le débit d'air soufflé et la surface totale des éprouvettes d'essai placées dans la chambre d'essai d'émission).

L'air de la chambre d'essai d'émission est complètement brassé et les mesurages de la concentration de COV dans l'air de sortie sont représentatifs de l'air dans la chambre d'essai d'émission.

Lorsque l'on connaît la concentration de COV dans l'air à un moment donné, le débit d'air dans la chambre d'essai d'émission et la surface de l'éprouvette d'essai, il est possible de déterminer les facteurs d'émission spécifiques par unité de surface, de COV provenant des produits soumis à essai.

Le facteur d'émission spécifique de COV par unité de surface est exprimé en microgrammes par mètre carré et par heure ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) à partir de la concentration de COV dans l'air (en microgrammes par mètre cube d'air ou $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et du débit d'air spécifique par unité de surface dans la chambre (en mètres cubes par mètre carré et par heure ou $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$).

3.2 Préparation des éprouvettes d'essai

Les éprouvettes d'essai ont été préparées à partir des échantillons reçus au laboratoire de chimie-écotoxicologie de FCBA (photos 1 à 20). Les 4 côtés et une des 2 faces ont été colmatés à l'aide d'un ruban adhésif aluminium. Pour chaque éprouvette, seule une face est donc mise au contact avec l'air de la chambre d'essai d'émission.

Pour chaque échantillon, les paramètres d'essai sont décrits dans le tableau 3.

	Paramètres d'essai	Unités
Nombre d'éprouvettes d'essai	8	-
Dimension des éprouvettes d'essai	500 x 250 mm	m
Surface éprouvette d'essai (S)	1,0	m^2
Volume chambre d'essai (V)	1,0	m^3
Taux de renouvellement d'air (n)	0,5	h^{-1}
Taux de charge essai ($L = S/V$)	1	$\text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$
Débit d'air spécifique ($q_{\text{essai}} = n/L$)	0,5	$\text{m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$

Tableau 3 : Paramètres d'essai en chambre d'émission

Note : seules 4 éprouvettes ont été préparées pour l'échantillon 11/2728R/19. Le taux de charge est donc égal à $0,5 \text{ m}^2\cdot\text{m}^{-3}$ et le débit d'air spécifique à $1 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$.

3.3 Déroulement de l'essai

3.3.1 Lancement de l'essai

Les éprouvettes d'essai sont placées en position verticale dans la chambre en acier inoxydable de 1 m³ (photos 1 à 20). Leur introduction dans la chambre correspond au début (T₀) de l'essai d'émission. Durant toute la durée de l'essai, la température et l'humidité relative sont mesurées.

3.3.2 Prélèvement de l'air de la chambre

L'air de la chambre d'essai d'émission a été prélevé après 28 jours de conditionnement à 23±2°C et 50±5% d'humidité relative.

Les composés volatils ont été prélevés par échantillonnage actif (pompage) de l'air sur un système spécifique. Différents types de prélèvement d'air ont été réalisés :

- sur adsorbant Tenax TA selon les conditions de la norme NF ISO 16000-6 pour la mesure des COV
- sur cartouche de gel de silice imprégné de DNPH (2,4-dinitrophénylhydrazine) selon les conditions de la norme NF ISO 16000-3 pour la mesure des composés carbonylés de faible poids moléculaire (dont le formaldéhyde et l'acétaldéhyde)

3.3.3 Méthodes de mesure

Les COV sont analysés par désorption thermique (TD), chromatographie en phase gazeuse (GC), identification et quantification par spectrométrie de masse (MS) selon la norme NF ISO 16000-6.

Après élution des cartouches de gel de silice imprégné de DNPH par l'acétonitrile, les composés carbonylés de faible poids moléculaire sont analysés par chromatographie liquide haute performance (HPLC) avec détection UV selon la norme NF ISO 16000-3.



Photo 1 : Echantillon 11/2728R/1 en chambre d'essai d'émission

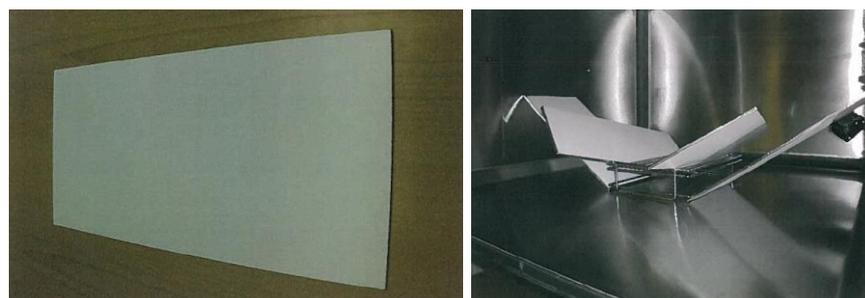


Photo 2 : Echantillon 11/2728R/2 en chambre d'essai d'émission

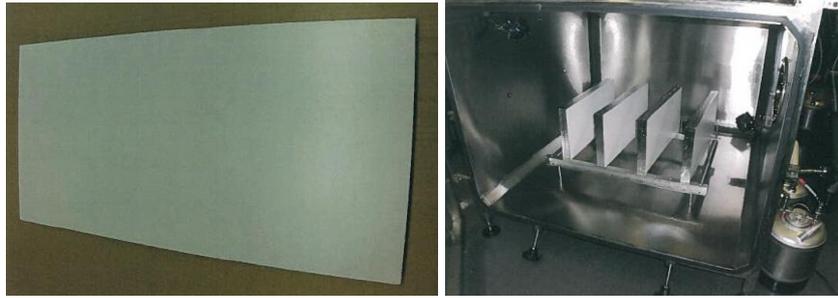


Photo 3 : Echantillon 11/2728R/3 en chambre d'essai d'émission



Photo 4 : Echantillon 11/2728R/4 en chambre d'essai d'émission



Photo 5 : Echantillon 11/2728R/5 en chambre d'essai d'émission



Photo 6 : Echantillon 11/2728R/6 en chambre d'essai d'émission



Photo 7 : Echantillon 11/2728R/7 en chambre d'essai d'émission

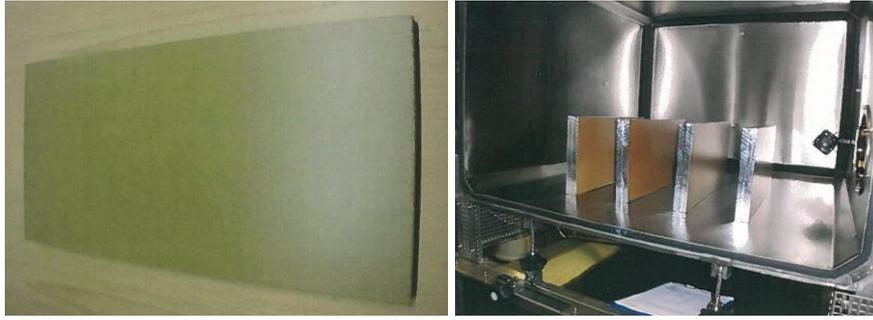


Photo 8 : Echantillon 11/2728R/8 en chambre d'essai d'émission

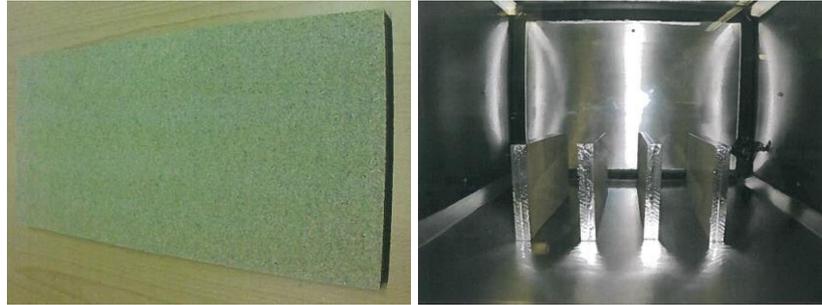


Photo 9 : Echantillon 11/2728R/9 en chambre d'essai d'émission



Photo 10 : Echantillon 11/2728R/10 en chambre d'essai d'émission



Photo 11 : Echantillon 11/2728R/11 en chambre d'essai d'émission

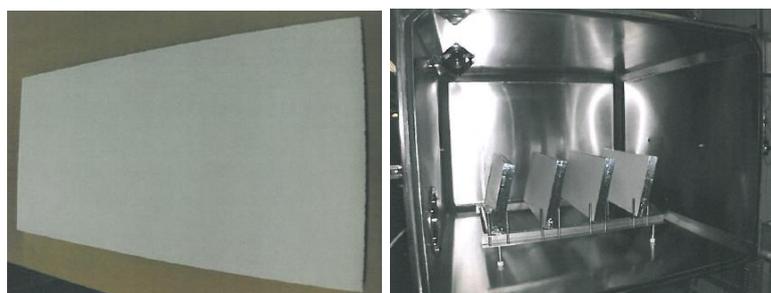


Photo 12 : Echantillon 11/2728R/12 en chambre d'essai d'émission



Photo 13 : Echantillon 11/2728R/13 en chambre d'essai d'émission

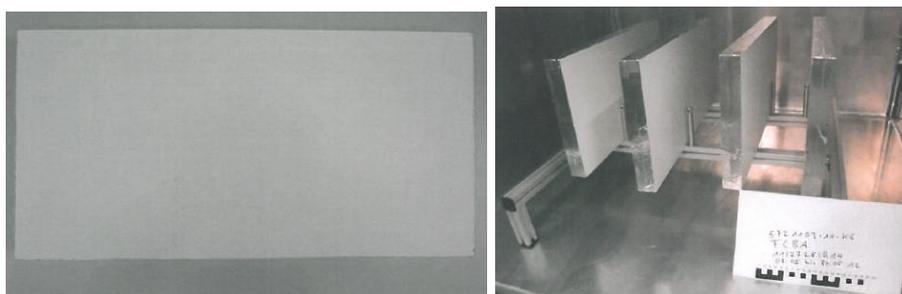


Photo 14 : Echantillon 11/2728R/14 en chambre d'essai d'émission

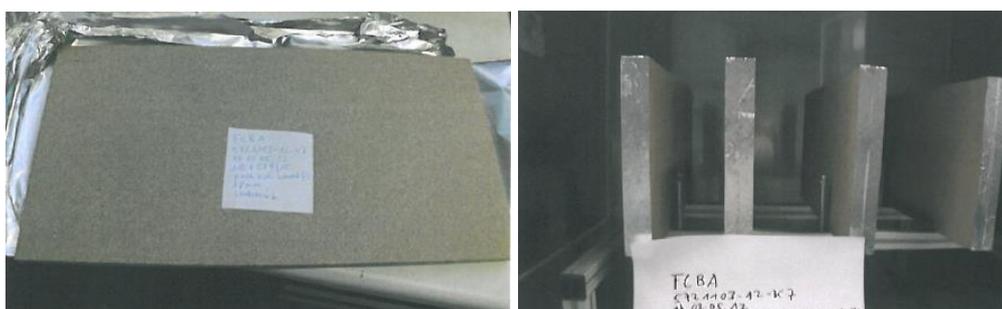


Photo 15 : Echantillon 11/2728R/15 en chambre d'essai d'émission

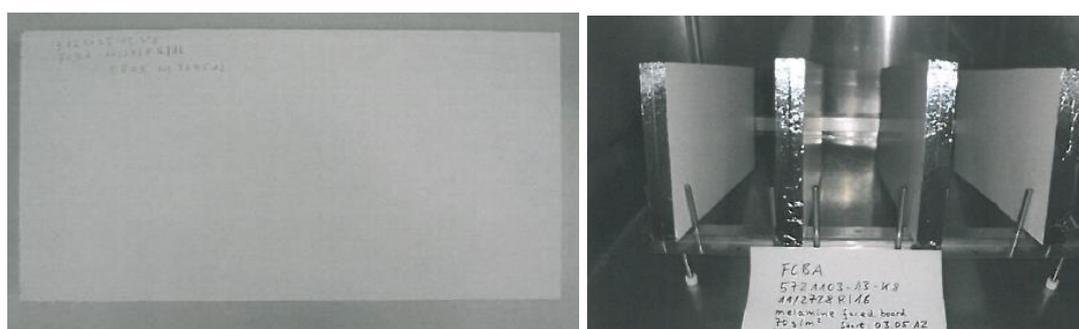


Photo 16 : Echantillon 11/2728R/16 en chambre d'essai d'émission



Photo 17 : Echantillon 11/2728R/17 en chambre d'essai d'émission

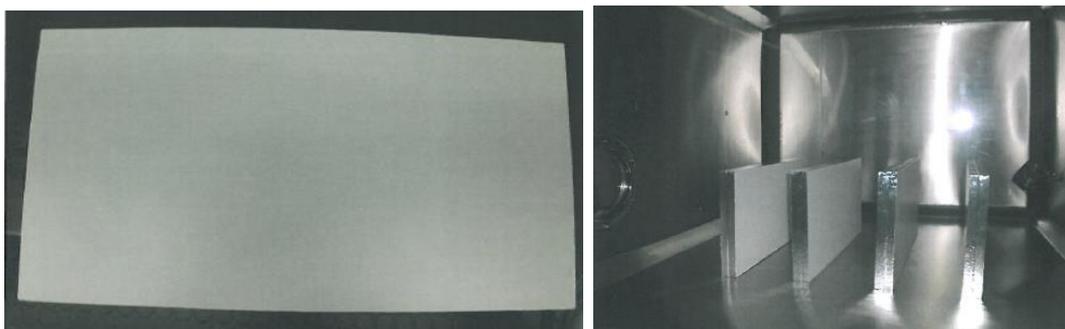


Photo 18 : Echantillon 11/2728R/18 en chambre d'essai d'émission

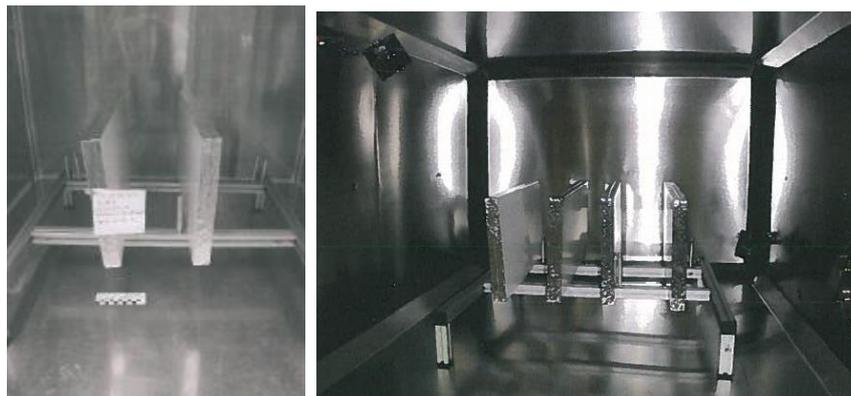


Photo 19 : Echantillons 11/2728R/19 et 11/2728R/20 en chambre d'essai d'émission

4. RESULTATS

4.1 Expression de résultats

Les tableaux 4 à 23 reprennent les facteurs d'émission spécifiques (SER) en substances volatiles mesurés après 28 jours de conditionnement du produit en chambre d'essai d'émission.

Les concentrations d'exposition (C_{exp}) résultantes ont été calculées à partir du scénario d'exposition le plus pénalisant, soit le scénario « Murs ». La relation liant les facteurs d'émission spécifiques aux concentrations d'exposition est la suivante :

$C_{exp} = SER / q_e$ avec q_e : débit d'air spécifique dans la pièce modèle, soit $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ pour un scénario « Murs »

Légende des tableaux 4 à 23 :

SER : facteur d'émission spécifique en microgrammes de composé volatil par mètre carré d'éprouvette et par heure ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)

C_{exp} : concentration d'exposition en microgrammes de composé volatil par mètre cube d'air pour un scénario « Murs » ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)

ND : non détecté (limite de quantification analytique de $1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)

SVOC : composé organique semi-volatile

VVOC : composé organique très volatil

4.2 Echantillon 11/2728R/1 (MDF 4 mg 2,5 mm laqué 1 face – Fabricant 1)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	3,1	6,1
acétaldéhyde	75-07-0	4,5	8,9
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	29	58
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	ND	< 1
hexanal	66-25-1	11	22
acide acétique	64-19-7	5,5	11
Autres composés			
n-pentanal	110-62-3	2,9	5,7
iso-butanol	78-83-1	1,5	2,9
cyclohexanone	108-94-1	12	23
acétate de n-butyle	123-86-4	7,0	14
benzaldéhyde	100-52-7	3,0	6,0

Tableau 4 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/1

4.3 Echantillon 11/2728R/2 (MDF 4 mg 3 mm laqué 2 faces – Fabricant 1)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	5,0	10
acétaldéhyde	75-07-0	2,6	5,1
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	18	36
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	ND	< 1
hexanal	66-25-1	ND	< 1
acide acétique	64-19-7	7,0	14
Autres composés			
iso-butanol	78-83-1	5,5	11
cyclohexanone	108-94-1	4,7	9,4
acétate de n-butyle	123-86-4	13	26
benzaldéhyde	100-52-7	1,2	2,3

Tableau 5 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/2

4.4 Echantillon 11/2728R/4 (PP E1 19 mm – Fabricant 2)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	60	120
acétaldéhyde	75-07-0	14	27
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	104	208
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	9,0	18
hexanal	66-25-1	71	141
acide acétique	64-19-7	88	176
Autres composés			
n-pentane (VVOC)	109-66-0	2,7	5,3
Béta-pinène	18172-67-3	4,7	9,4
3-carène	13466-78-9	4,2	8,4
Iso-propanol (VVOC)	67-63-0	1,5	3,0
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	1,0	2,0
Butyraldéhyde (VVOC)	123-72-8	1,5	2,9
Pentanal	110-62-3	12	23
Heptanal	111-71-7	2,0	3,9
Octanal	124-13-0	1,4	4,8
Nonanal	124-19-6	2,1	4,1
Acétone (VVOC)	67-64-1	6,0	12
Acide hexanoïque	142-62-1	8,5	17
2-heptenal	18829-55-5	1,1	2,2
2-octenal	2548-87-0	2,1	4,1
n-pentanol	71-41-0	2,4	4,8
Non identifié	-	1,5	3,0

Tableau 6 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/4

4.5 Echantillon 11/2728R/3 (PPSM 70 g/m² – E1 Fabricant 2)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	2,5	5,0
acétaldéhyde	75-07-0	1,9	3,8
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	21	42
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	12	24
hexanal	66-25-1	3,2	6,4
acide acétique	64-19-7	ND	< 1
Autres composés			
n-pentane (VVOC)	109-66-0	2,1	4,1
Béta-pinène	18172-67-3	5,0	10
3-carène	13466-78-9	2,1	4,1

Tableau 7 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/3

4.6 Echantillon 11/2728R/5 (PP 4 mg 19 mm – Fabricant 3)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	75	150
acétaldéhyde	75-07-0	17	33
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	177	354
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	23	46
hexanal	66-25-1	40	79
acide acétique	64-19-7	91	181
Autres composés			
n-pentane (VVOC)	109-66-0	2,7	5,3
Béta-pinène	18172-67-3	11	22
3-carène	13466-78-9	11	21
Limonène	138-86-3	1,8	3,6
Iso-propanol (VVOC)	67-63-0	4,0	8,0
n-butanol	71-36-5	1,1	2,1
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	1,4	2,8
Butyraldéhyde (VVOC)	123-72-8	1,2	2,3
Pentanal	110-62-3	8,0	16
Heptanal	111-71-7	2,5	4,9
Octanal	124-13-0	3,4	6,7
Nonanal	124-19-6	2,7	5,3
Nonadécane (SVOC)	629-92-5	1,2	2,3
Acétone (VVOC)	67-64-1	21	41
Acide propanoïque	79-09-4	7,0	14
n-pentanol	71-41-0	2,7	5,3
p-cymène	527-84-4	1,2	2,4
Acide hexanoïque	142-62-1	10	19
Benzaldéhyde	100-52-7	4,0	8,0
n-octanol	111-87-5	1,3	2,5
2-heptenal	18829-55-5	1,6	3,1
Fenchol	22627-95-8	1,8	3,6
Bornéol	507-70-0	3,2	6,3
2-octenal	2548-87-0	2,3	4,5
Alpha-terpinéol	98-55-5	4,2	8,3
Longifolène	475-20-7	4,3	8,5
Non identifié	-	21	43

Tableau 8 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/5

4.7 Echantillon 11/2728R/6 (PPSM 65 g/m² – 4 mg Fabricant 3)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	4,0	8,0
acétaldéhyde	75-07-0	2,7	5,4
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	60	120
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	27	53
hexanal	66-25-1	ND	< 1
acide acétique	64-19-7	ND	< 1
Autres composés			
Béta-pinène	18172-67-3	11	21
3-carène	13466-78-9	3,4	6,7
Acétone (VVOC)	67-64-1	9,0	18
Méthyl ter-butyl éther (VVOC)	1634-04-4	4,9	9,2
1,4-diazabicyclo[2.2.2]octane	281-57-9	117	234

Tableau 9 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/6

4.8 Echantillon 11/2728R/7 (MDF E1 19 mm – Fabricant 4)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	100	200
acétaldéhyde	75-07-0	6,5	13
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	0,5	1,0
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	298	596
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	ND	< 1
hexanal	66-25-1	3,0	6,0
acide acétique	64-19-7	109	218
Autres composés			
Nonanal	124-19-6	1,4	2,7
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	1,2	2,3
Acétone (VVOC)	67-64-1	13	25
Méthyl ter-butyl éther (VVOC)	1634-04-4	1,6	3,1
Acétate de méthyle (VVOC)	79-20-9	1,2	2,3
Furfural	98-01-1	7,5	15
Fenchol	22627-95-8	3,0	6,0
Bornéol	507-70-0	9,5	19
Alpha-terpinéol	98-55-5	92	184
Longifolene	475-20-7	14	27
Béta-caryophyllene	87-44-5	24	48
Alpha-caryophyllene	6753-98-6	4,1	8,2
Non identifié	-	13	24

Tableau 10 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/7

4.9 Echantillon 11/2728R/8 (MDF laqué 1 face – E1 Fabricant 4)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	2,6	5,2
acétaldéhyde	75-07-0	2,2	4,4
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	257	514
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	ND	1,0
hexanal	66-25-1	6,0	12
acide acétique	64-19-7	10	20
Autres composés			
n-butanol	71-36-3	1,0	2,0
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	1,9	3,8
Phénol	108-95-2	2,6	5,1
1-méthoxy-2-propyl acétate	108-65-6	33	65
Acétone (VVOC)	67-64-1	57	113
2-butanone	78-93-3	3,1	6,2
Acétate de n-butyle	123-86-4	1,0	2,0
Propylène glycol	57-55-6	18	36
Mesityl oxyde	141-79-7	1,9	3,8
Furfural	98-01-1	2,0	4,0
4-hydroxy-4-méthyl-2-pentanone	123-42-2	226	452
Bornéol	507-70-0	2,8	5,5
Alpha-terpinéol	98-55-5	48	95
Longifolene	475-20-7	5,5	11
Béta-caryophyllene	87-44-5	11	21
Alpha-caryophyllene	6753-98-6	2,3	4,6
Non identifié	-	5,0	10

Tableau 11 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/8

4.10 Echantillon 11/2728R/9 (PP 4 mg 20 mm– Fabricant 5)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	50	100
acétaldéhyde	75-07-0	25	51
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	0,5	1,0
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	319	638
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	43	85
hexanal	66-25-1	104	209
acide acétique	64-19-7	58	116
Autres composés			
Pentane (VVOC)	109-66-0	5,0	10
Heptane	142-82-5	1,5	3,0
Octane	111-65-9	1,5	2,9
Octadécane (SVOC)	593-45-3	1,3	2,5
Nonadécane (SVOC)	629-92-5	3,1	6,2
Béta-pinène	18172-67-3	16	31
3-carène	13466-78-9	1,3	2,5
Limonène	138-86-3	4,6	9,1
Iso-propanol (VVOC)	67-63-0	4,9	9,7
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	1,6	3,1
Propanal (VVOC)	123-38-6	6,0	12
Butyraldéhyde (VVOC)	123-72-8	2,4	4,8
Pentanal	110-62-3	19	37
Heptanal	111-71-7	5,5	11
Octanal	124-13-0	10	20
Nonanal	124-19-6	6,5	13
Acétone (VVOC)	67-64-1	50	100
Méthyl ter-butyl éther (VVOC)	1634-04-4	1,5	3,0
Acide isobutyrique	79-31-2	11	21
n-pentanol	71-41-0	6,0	12
Acide pentanoïque	109-52-4	4,3	8,5
n-heptanol	111-70-6	2,6	5,2
2-heptanone	110-43-0	1,5	3,0
Acide hexanoïque	142-62-1	32	63
Benzaldéhyde	100-52-7	3,0	6,0
n-octanol	111-87-5	4,0	8,0
2-heptenal	18829-55-5	2,7	5,4
Fenchol	22627-95-8	4,1	8,2
Bornéol	507-70-0	6,0	12
2-octenal	2548-87-0	4,3	8,6
Alpha-terpinéol	98-55-5	12	23
Camphre	464-49-3	1,4	2,7
Longicyclene	1137-12-8	1,3	2,5
Longifolene	475-20-7	13	26
2-decenal	3913-81-3	1,5	2,9
Non identifié	-	24	48

Tableau 12 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/9

4.11 Echantillon 11/2728R/10 (PPSM 65 g/m² – 4 mg Fabricant 5)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	5,0	10
acétaldéhyde	75-07-0	2,9	5,7
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	1,1	2,1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	59	108
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	31	61
hexanal	66-25-1	7,5	15
acide acétique	64-19-7	ND	< 1
Autres composés			
Pentane (VVOC)	109-66-0	6,5	13
Heptane	142-82-5	2,0	3,9
Octane	111-65-9	1,5	2,9
Béta-pinène	18172-67-3	9,5	19
Limonène	138-86-3	1,1	2,1
Pentanal	110-62-3	1,7	3,3
Acétone (VVOC)	67-64-1	4,6	9,1
Méthyl ter-butyl éther (VVOC)	1634-04-4	1,6	3,1
Non identifié	-	1,5	3,0

Tableau 13 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/10

4.12 Echantillon 11/2728R/11 (PP CARB P2 18 mm – Fabricant 6)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	20	40
acétaldéhyde	75-07-0	13	25
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	106	212
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	9,0	18
hexanal	66-25-1	31	61
acide acétique	64-19-7	49	98
Autres composés			
Béta-pinène	18172-67-3	3,8	7,5
3-carène	13466-78-9	1,5	3,0
Iso-propanol (VVOC)	67-63-0	5,0	10
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	1,5	3,0
Propanal (VVOC)	123-38-6	1,9	3,8
Butyraldéhyde (VVOC)	123-72-8	2,0	4,0
Pentanal	110-62-3	6,5	13
Heptanal	111-71-7	2,0	4,0
Octanal	124-13-0	2,5	4,9
Acétone (VVOC)	67-64-1	37	74
n-pentanol	71-41-0	2,0	3,9
Acide hexanoïque	142-62-1	5,0	10
Benzaldéhyde	100-52-7	2,6	5,1
Fenchol	22627-95-8	1,5	3,0
Alpha-terpinéol	98-55-5	2,6	5,1
Longifolene	475-20-7	5,0	10
Non identifié	-	7,5	15

Tableau 14 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/11

4.13 Echantillon 11/2728R/12 (PPSM 80 g/m² – CARB P2 Fabricant 6)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	4,1	8,2
acétaldéhyde	75-07-0	3,5	7,0
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	49	98
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	30	59
hexanal	66-25-1	3,5	6,9
acide acétique	64-19-7	ND	< 1
Autres composés			
Béta-pinène	18172-67-3	12	24
3-carène	13466-78-9	1,3	2,5
Limonène	138-86-3	1,1	2,1
Acétone (VVOC)	67-64-1	7,0	14

Tableau 15 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/12

4.14 Echantillon 11/2728R/13 (MDF 4 mg 18 mm – Fabricant 7)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	105	210
acétaldéhyde	75-07-0	2,4	4,8
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	0,6	1,8
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	182	364
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	ND	< 1
hexanal	66-25-1	38	75
acide acétique	64-19-7	650	1300
Autres composés			
n-butanol	71-36-3	1,9	3,7
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	1,6	3,1
Pentanal	110-62-3	4,6	9,2
Octanal	124-13-0	1,3	2,5
Décanal	112-31-2	2,7	5,4
2-nitropropane	79-46-9	1,9	3,8
Acide propanoïque	79-09-4	16	31
n-pentanol	71-41-0	1,2	2,4
Acide pentanoïque	109-52-4	2,5	4,9
Furfural	98-01-1	18	35
Acide hexanoïque	142-62-1	11	21
Alpha-terpinéol	98-55-5	3,8	7,5
Non identifié	-	14	29

Tableau 16 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/13

4.15 Echantillon 11/2728R/14 (MDF Surfagé mélaminé – 4 mg Fabricant 7)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	7,0	14
acétaldéhyde	75-07-0	0,8	1,5
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	12	24
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	0,6	1,1
hexanal	66-25-1	2,8	5,6
acide acétique	64-19-7	43	85
Autres composés			
n-butanol	71-36-3	1,2	2,4
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	1,9	3,8
Acétone (VVOC)	67-64-1	2,4	4,8
Non identifié	-	1,5	3,0

Tableau 17 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/14

4.16 Echantillon 11/2728R/15 (PP CARB P2 18 mm– Fabricant 8)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	34	68
acétaldéhyde	75-07-0	20	40
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	1,0	2,0
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	356	712
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	11	22
hexanal	66-25-1	143	286
acide acétique	64-19-7	461	922
Autres composés			
Pentane (VVOC)	109-66-0	8,0	16
Béta-pinène	18172-67-3	4,1	8,1
3-carène	13466-78-9	3,5	7,0
Limonène	138-86-3	1,1	2,1
Iso-propanol (VVOC)	67-63-0	11	22
n-butanol	71-36-3	9,5	19
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	3,5	6,9
Pentanal	110-62-3	41	82
Heptanal	111-71-7	11	22
Octanal	124-13-0	16	32
Nonanal	124-19-6	7,0	14
Décanal	112-31-2	2,8	5,5
Propanal (VVOC)	123-38-6	4,2	8,3
Acétone (VVOC)	67-64-1	51	101
2-butanone	78-93-3	2,6	5,1
Acétate de méthyle (VVOC)	79-20-9	9,5	19
Méthacryaldéhyde	78-85-3	1,1	2,1
Butyraldéhyde (VVOC)	123-72-8	8,0	16
Acide propanoïque	79-09-4	10	20
n-pentanol	71-41-0	19	38
Acide butyrique	107-92-6	3,6	7,1
Acide pentanoïque	109-52-4	9,0	18
n-heptanol	111-70-6	4,4	8,8
2-heptanone	110-43-0	1,9	3,7
Acide hexanoïque	142-62-1	42	83
Benzaldéhyde	100-52-7	8,5	17
n-octanol	111-87-5	12	24
2-heptenal	18829-55-5	2,3	4,6
Fenchol	22627-95-8	1,4	2,7
Bornéol	507-70-0	3,6	7,2
2-octenal	2548-87-0	3,1	6,1
Alpha-terpinéol	98-55-5	2,5	4,9
Acrylate de 2-éthylhexyle	103-11-7	1,3	2,6
Longifolène	475-20-7	1,6	3,1
Non identifié	-	2,0	4,0

Tableau 18 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/15

4.17 Echantillon 11/2728R/16 (PPSM 75 g/m² – CARB P2 Fabricant 8)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	4,7	9,3
acétaldéhyde	75-07-0	7,0	14
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	2,0	3,9
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	101	202
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	28	56
hexanal	66-25-1	32	64
acide acétique	64-19-7	41	82
Autres composés			
Béta-pinène	18172-67-3	13	26
3-carène	13466-78-9	3,7	7,4
Limonène	138-86-3	2,1	4,1
Iso-propanol (VVOC)	67-63-0	1,5	2,9
n-butanol	71-36-3	1,7	3,4
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	1,5	3,0
Pentanal	110-62-3	8,5	17
Heptanal	111-71-7	2,0	4,0
Octanal	124-13-0	2,0	4,0
Propanal (VVOC)	123-38-6	1,6	3,1
Acétone (VVOC)	67-64-1	18	35
Acétate de méthyle (VVOC)	79-20-9	4,4	8,8
Butyraldéhyde (VVOC)	123-72-8	1,9	3,7
Hexaméthycyclotrisiloxane	541-05-9	1,8	3,6
n-pentanol	71-41-0	1,2	2,3
p-cymène	527-84-4	2,4	4,7
Acide hexanoïque	142-62-1	2,9	5,7
Non identifié	-	6,5	13

Tableau 19 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/16

4.18 Echantillon 11/2728R/17 (PP 4 mg 19 mm– Fabricant 9)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	115	230
acétaldéhyde	75-07-0	18	35
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	1,2	2,4
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	321	642
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	43	85
hexanal	66-25-1	226	452
acide acétique	64-19-7	214	427
Autres composés			
Hexane	110-54-3	11	22
Béta-pinène	18172-67-3	12	25
3-carène	13466-78-9	13	31
Limonène	138-86-3	4,3	8,6
Iso-propanol (VVOC)	67-63-0	2,7	5,4
n-butanol	71-36-3	3,0	5,9
2-éthyl-1-hexanol	104-76-7	3,7	7,3
Pentanal	110-62-3	42	84
Heptanal	111-71-7	4,5	8,9
Octanal	124-13-0	4,6	9,2
Nonanal	124-19-6	4,5	9,0
Décanal	112-31-2	2,1	4,2
Acétone (VVOC)	67-64-1	22	43
2-butanone	78-93-3	1,1	2,1
Formamide	75-12-7	3,2	6,3
Acétate de méthyle (VVOC)	79-20-9	2,1	4,1
Propanal (VVOC)	123-38-6	16	32
Butyraldéhyde (VVOC)	123-72-8	3,7	7,4
Butenone	78-94-4	1,4	2,7
Acide propanoïque	79-09-4	8,0	16
Hexaméthycyclotrisiloxane	541-05-9	2,1	4,2
n-pentanol	71-41-0	11	21
Acide butyrique	107-92-6	2,3	4,5
Acide pentanoïque	109-52-4	4,8	9,5
p-cymène	527-84-4	1,2	2,3
2-heptanone	110-43-0	1,3	2,5
Acide hexanoïque	142-62-1	30	60
Benzaldéhyde	100-52-7	2,0	4,0
n-octanol	111-87-5	1,9	3,8
2-heptenal	18829-55-5	2,7	5,4
Fenchol	22627-95-8	1,1	2,1
Bornéol	507-70-0	1,8	3,6
2-octenal	2548-87-0	4,9	9,8
Alpha-terpinéol	98-55-5	3,8	7,6
Acrylate de 2-éthylhexyle	103-11-7	1,2	2,4
Non identifié	-	37	72

Tableau 20 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/17

4.19 Echantillon 11/2728R/18 (PPSM 65 g/m² - 4 mg Fabricant 9)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	12	23
acétaldéhyde	75-07-0	6,0	12
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	1,1	2,2
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	202	404
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	88	176
hexanal	66-25-1	53	105
acide acétique	64-19-7	31	62
Autres composés			
Pentane (VVOC)	109-66-0	11	21
Hexane	110-54-3	1,2	2,3
Béta-pinène	18172-67-3	31	61
3-carène	13466-78-9	23	46
Limonène	138-86-3	7,0	14
n-butanol	71-36-3	4,6	9,1
Pentanal	110-62-3	8,0	16
Octanal	124-13-0	1,4	2,8
Nonanal	124-19-6	1,4	2,7
Décanal	112-31-2	1,3	2,6
Acétone (VVOC)	67-64-1	10	19
Cyclohexanone	108-94-1	1,1	2,2
Acétate de méthyle (VVOC)	79-20-9	1,3	2,6
Propanal (VVOC)	123-38-6	5,0	10
Butyraldéhyde (VVOC)	123-72-8	1,3	2,5
n-pentanol	71-41-0	1,1	2,1
p-cymène	527-84-4	2,0	4,0
Acide hexanoïque	142-62-1	2,2	4,4
Non identifié	-	10	5,0

Tableau 21 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/18

4.20 Echantillon 11/2728R/19 (PPSM 70 g/m² – E1 Fabricant 10)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	21	21
acétaldéhyde	75-07-0	20	20
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	93	93
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	13	13
hexanal	66-25-1	41	41
acide acétique	64-19-7	6,7	6,7
Autres composés			
Béta-pinène	18172-67-3	2,3	2,3
Iso-propanol	67-63-0	2,8	2,8
Pentanal	110-62-3	9,9	9,9
Octanal	124-13-0	3,0	3,0
Acétone (VVOC)	67-64-1	43	43
Hexaméthycyclotrisiloxane	541-05-9	7,2	7,2
Propanal (VVOC)	123-38-6	5,9	5,9
Butyraldéhyde (VVOC)	123-72-8	2,7	2,7
Longifolene	475-20-7	3,0	3,0

Tableau 22 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/19

4.21 Echantillon 11/2728R/20 (PPSM 110 g/m² – E1 Fabricant 10)

Composé	N° CAS	SER	C _{exp}
Liste arrêté du 19 avril 2011			
formaldéhyde	50-00-0	6,0	12
acétaldéhyde	75-07-0	2,3	4,5
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
o-xylène	95-47-6	ND	< 1
m-xylène	108-38-3	ND	< 1
p-xylène	106-42-3	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	35	70
Composés traceurs			
alpha-pinène	80-56-8	30	59
hexanal	66-25-1	1,5	2,9
acide acétique	64-19-7	ND	< 1
Autres composés			
Béta-pinène	18172-67-3	4,8	9,6
Acétone (VVOC)	67-64-1	2,5	4,9

Tableau 23 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2728R/20

5. DISCUSSION

Les résultats de l'étude « UIPP ISO 16000 » ont été discutés selon les objectifs suivants :

- Caractériser les émissions de COV et de formaldéhyde des panneaux à base de bois (panneaux de particules, panneaux MDF) et en déduire une liste de composés majoritaires
- Comparer les résultats (concentrations d'exposition) avec l'arrêté d'étiquetage du 19 avril 2011
- Proposer des classes d'émission « génériques » selon le type et l'usage de panneau

5.1 Principaux composés identifiés

Quel que soit le type de panneau, plusieurs composés volatils listés dans l'arrêté du 19 avril 2011 n'ont jamais été détectés lors de ces essais en chambre d'émission (limite de détection expérimentale de $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) : tétrachloroéthylène, xylènes (o, m, p), 1,2,4-triméthylbenzène, 1,4-dichlorobenzène, éthylbenzène, 2-butoxyéthanol, styrène.

Le toluène a été retrouvé dans les émissions de 5 panneaux bruts (MDF E1 Fab 4, PP 4 mg Fab 5, MDF 4 mg Fab 7, PP CARB P2 Fab 8, PP 4 mg Fab 9) et de 3 panneaux revêtus (PPSM 65 g/m² Fab 5, PPSM 75 g/m² Fab 8, PPSM 65 g/m² Fab 9) mais à de très faibles niveaux (facteur d'émission spécifique ne dépassant pas $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$). Ce composé aromatique a donc toujours été détecté à l'état de traces.

L'acétaldéhyde a été détecté dans tous les échantillons testés mais à des niveaux d'émission relativement faibles (Figure 1). En effet, les facteurs d'émission spécifiques varient entre 0,8 et $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ (SER moyen égal à $14,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les panneaux bruts et à $4,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les panneaux revêtus ou peints).

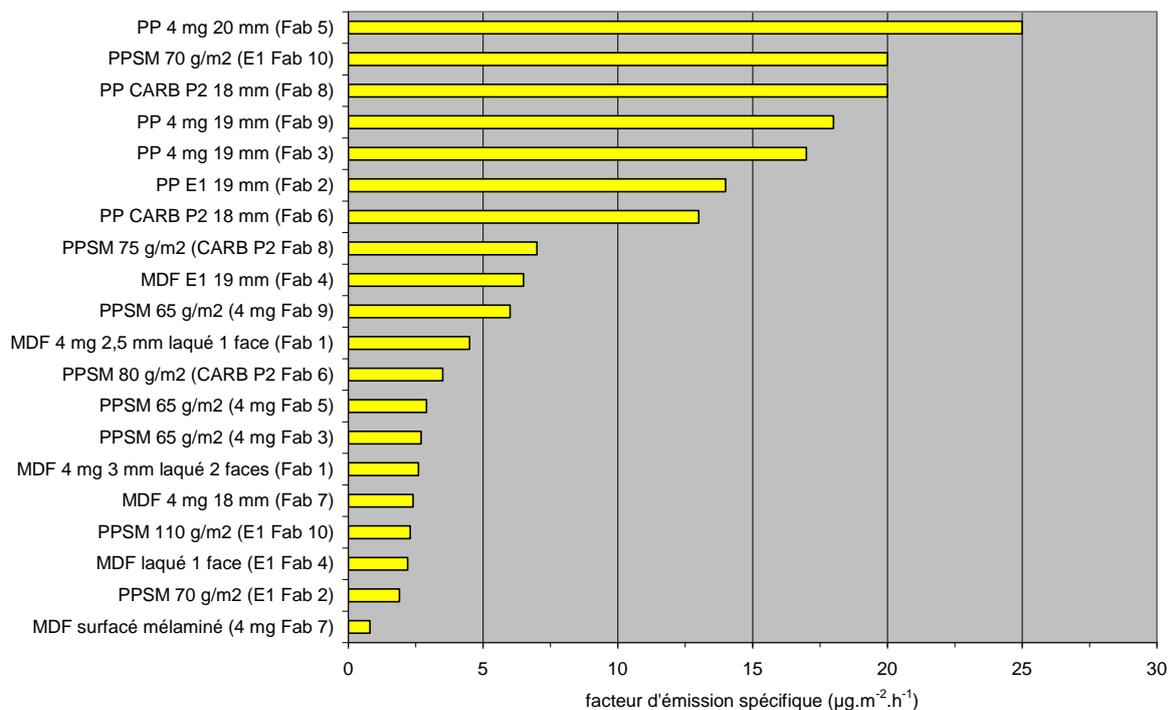


Figure 1 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en acétaldéhyde après 28 jours en chambre d'essai d'émission

Cet aldéhyde peut provenir de la colle mais il est parfois cité comme composé naturel du bois. Les facteurs d'émission spécifiques sont plus élevés pour les panneaux bruts que pour les produits finis (revêtus, peints). Par contre, le classement du panneau brut (E1, "4 mg", CARB P2) n'influence pas son niveau d'émission.

Selon ce premier constat, seuls le formaldéhyde et les COV totaux (COVT) risquent d'influencer l'interprétation des résultats parmi les paramètres à rechercher selon l'arrêté du 19 avril 2011.

Le formaldéhyde a été identifié dans tous les panneaux mais ses niveaux d'émission dépendent du type de produit (brut, fini) et de colle (E1, "4 mg", CARB P2) (Figure 2) :

- SER compris entre 50 et 115 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les panneaux de particules bruts "4 mg" et E1 (4 panneaux testés)
- SER compris entre 20 et 34 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les panneaux de particules bruts CARB P2 (2 panneaux testés)
- SER proche de 100 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les panneaux MDF "4 mg" et E1 (2 panneaux testés)
- SER compris entre 2,5 et 21 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les panneaux surfacés mélaminés (8 PPSM et 1 panneau MDF surfacé mélaminé testés)
- SER compris entre 2,6 et 5,0 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les panneaux MDF laqués (3 panneaux testés)

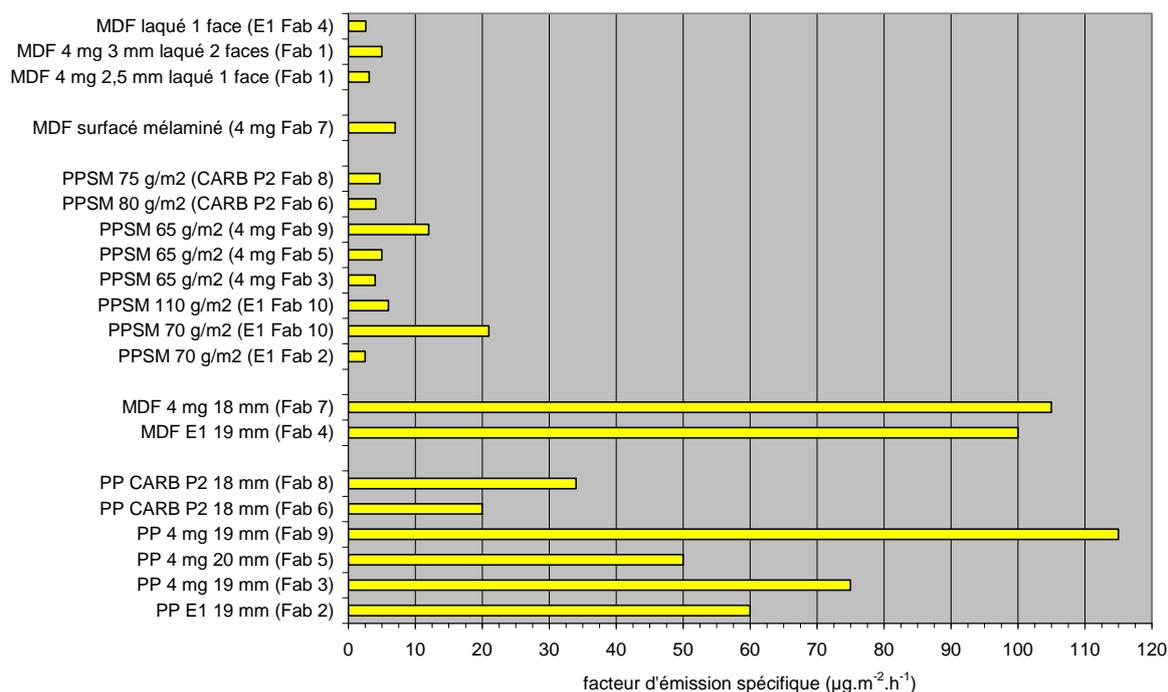


Figure 2 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en formaldéhyde après 28 jours en chambre d'essai d'émission

4 panneaux bruts "4 mg" et 2 panneaux bruts E1, se voulant représentatifs de la production française des panneaux à base de bois, ont été testés lors de cette étude. Les facteurs d'émission spécifiques mesurés n'ont pas véritablement permis de les différencier selon leur classe d'émission en formaldéhyde (E1 ou "4 mg").

Toutefois, seuls 2 panneaux E1 ont été testés (PP E1 19 mm Fab 2, MDF E1 19 mm Fab 4). D'autre part, leurs valeurs au perforateur fournies par les fabricants (selon la norme NF EN 120) n'ont pas dépassé 6 mg / 100 g de panneau sec.

Par contre, une hiérarchisation entre les panneaux "4 mg" et CARB P2 peut être mise en évidence. En effet, les facteurs d'émission spécifiques en formaldéhyde des 2 panneaux CARB P2 n'ont jamais dépassé $34 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$, quand le niveau d'émission du panneau "4 mg" le moins émissif est égal à $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$.

La mesure des COVT englobe tous les composés volatils émis et mesurés selon les conditions de la norme NF ISO 16000-6 (composés élués sur une colonne de chromatographie gazeuse apolaire (méthylsilicone avec 5% de phénylsilicone), dans une gamme de temps de rétention comprise entre le n-hexane et le n-hexadécane inclus.

Cet indice n'inclut pas les composés carbonylés de faible poids moléculaire mesurés selon la norme NF ISO 16000-3, comme le formaldéhyde et l'acétaldéhyde. Il reflète aussi bien les émissions de COV provenant des adjuvants que tous les composés naturels du bois susceptibles d'être émis.

A l'inverse du formaldéhyde, les émissions de COVT ne semblent pas dépendre du type de colle (E1, "4 mg", CARB P2). Par contre, un effet barrière significatif est mis en évidence selon le type de produit (brut, fini).

En effet, le niveau d'émission diminue d'un facteur compris entre 1,6 (Fab 9) et 15,2 (Fab 7) si les panneaux bruts sont comparés à leurs PPSM respectifs (Figure 3).

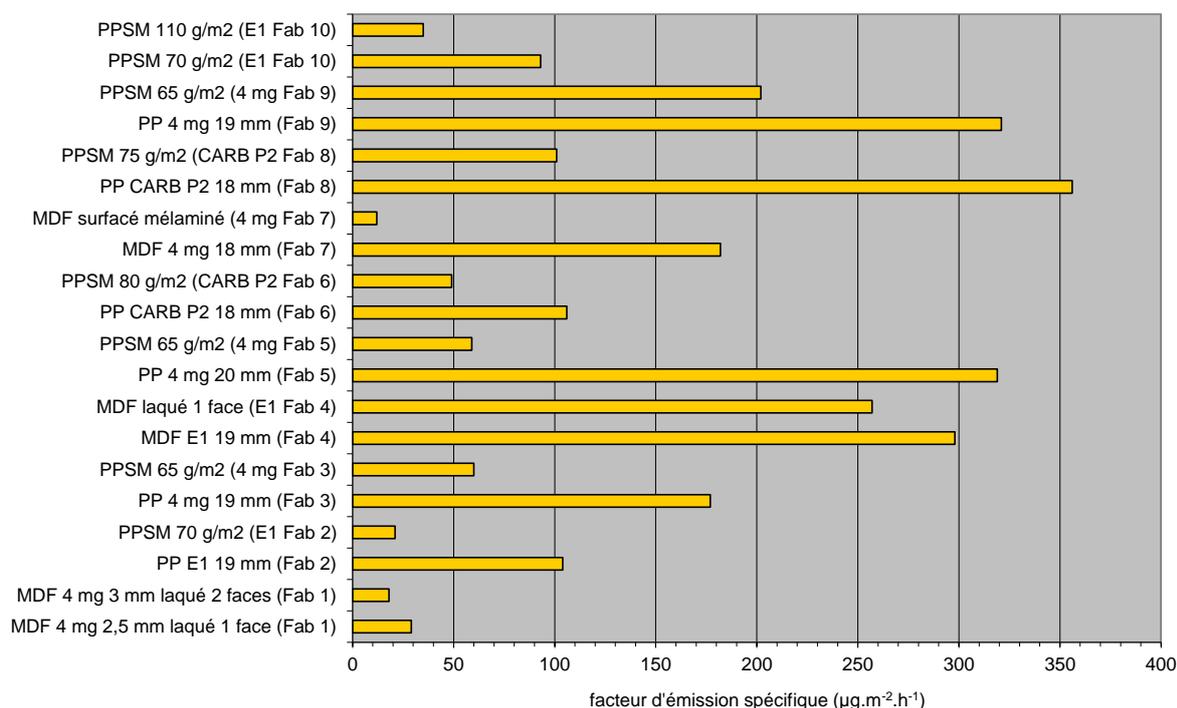


Figure 3 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en COVT après 28 jours en chambre d'essai d'émission

Comme pour les panneaux revêtus, les panneaux MDF laqués ont montré un effet barrière significatif aux COV naturels du bois. Par contre, des solvants liés à la finition sont toujours détectés après 28 jours d'essai en chambre d'émission :

- Faibles niveaux d'émission après 28 jours d'essai pour les MDF laqués avec un vernis UV (Fab 1) : iso-butanol, cyclohexanone, acétate de n-butyle (SER inférieurs à $15 \mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$)
- Plus forts niveaux d'émission après 28 jours d'essai pour le MDF laqué par FCBA avec un vernis PU solvanté (Fab 4) : 4-hydroxy-4-méthyl-2-pentanone (SER de $226 \mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$), 1-méthoxy-2-propyl acétate (SER de $33 \mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$)

La majorité des substances volatiles émises par les panneaux sont donc des composés naturels du bois qui peuvent être classés selon 2 grandes catégories :

- Les composés dits « extractibles » : ce sont les terpènes, COV spécifiques des essences résineuses, et plus particulièrement les monoterpènes

L'alpha-pinène est le composé majoritaire, plus particulièrement dans le pin sylvestre, le pin maritime et dans une moindre mesure le sapin / épicéa.

- Les composés résultant de la dégradation thermique des macromolécules du bois telles que les hémicelluloses, la cellulose et la lignine

Cette dégradation peut entraîner la formation d'acides carboxyliques, d'alcools et de dérivés carbonylés (cétones, aldéhydes). Leur émission existe autant chez les feuillus que chez les résineux mais elles sont plus significatives chez les feuillus. Parmi les composés émis, les acides carboxyliques (acide acétique, acide hexanoïque) et les aldéhydes (hexanal, pentanal) sont cités comme les composés majoritaires. En particulier, l'hydrolyse partielle des hémicelluloses conduit à la formation d'une très faible quantité de formaldéhyde (de l'ordre de quelques $\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$).

Les essais sur les panneaux bruts (100 % résineux, mix feuillu / résineux), confirment la prépondérance de 2 composés : acide acétique (SER entre 49 et $650 \mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$), puis hexanal (SER entre 3 et $226 \mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$). Par contre, pour les panneaux bruts fabriqués à partir d'essences majoritairement résineuses, le niveau d'émission en monoterpènes reste relativement faible.

En effet, l'alpha-pinène montre des facteurs d'émission spécifiques entre 9,0 et $43 \mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ pour les 6 panneaux de particules bruts. D'autre part, ce COV n'a pas été détecté dans les émissions des 2 panneaux MDF bruts testés, qu'ils soient issus d'un mix feuillu / résineux (MDF 4 mg 18 mm Fab 7) ou 100% résineux (MDF E1 19 mm Fab 4).

D'autres composés volatils sont aussi identifiés dans l'air des chambres d'émission en quantité plus ou moins significative : d'autres mono-terpènes (bêta-pinène, 3-carène, alpha-terpinéol), des sesquiterpènes (longifolène, alpha et bêta-caryophyllène), l'acétone (VVOC), et l'acide propanoïque.

En particulier, les terpènes de plus fort poids moléculaire (alpha-terpinéol, longifolène, caryophyllènes) ont systématiquement été retrouvés après 28 d'essai dans les émissions des 2 panneaux MDF bruts.

D'autre part, les résultats sur les 2 panneaux MDF bruts ont indiqué la présence systématique de furfural, substance classée C2 (substance suspectée d'être cancérigène pour l'homme) selon le règlement CLP modifié (règlement CE 1272/2008 du 16 décembre 2008).

Ces résultats vont à l'encontre d'autres études sur les émissions des bois massifs. En effet, les données bibliographiques sur les bois massifs indiquent généralement des niveaux d'émission en COVT plus significatifs pour les essences résineuses que pour les essences feuillues, en particulier en présence de pin sylvestre et de pin maritime (émission majoritaire de monoterpènes)^{1, 2, 3, 4}.

Le procédé de fabrication des panneaux de particules et des panneaux MDF semble donc modifier la nature et le niveau d'émission en composés volatils. En particulier, l'étape de défibrage spécifique aux panneaux MDF semble un facteur différenciateur avec les panneaux de particules (vapeur d'eau pouvant augmenter l'hydrolyse des hémicelluloses).

Par contre, les procédés de séchage à faible humidité et de pressage à chaud semblent moins discriminants, même s'ils montrent une évaporation significative des composés extractibles du bois (pour les essences résineuses) et la formation de composés résultant de la dégradation thermique des macromolécules du bois (acide acétique, hexanal).

Les résultats sur les panneaux revêtus (PPSM, MDF surfacé mélaminé) n'ont pas montré d'autres composés que les COV naturels du bois, mise à part le PPSM 65 g/m² 4 mg (Fab 3) qui émet du 1,4-diazabicyclo[2.2.2]octane à 117 µg.m⁻².h⁻¹ après 28 jours d'essai. Cette molécule est une diamine bicyclique saturée qui est généralement utilisée comme catalyseur.

L'effet barrière des PPSM se caractérise par la diminution de l'émission, voire l'absence des 2 composés majoritaires, l'hexanal et l'acide acétique. Par contre, les PPSM fabriqués à partir d'essences résineuses ne montrent pas de diminution significative de l'émission d'alpha-pinène. Dans la majorité des cas, une augmentation significative du facteur d'émission spécifique est même constatée (Tableau 24).

Fabricant	Désignation	Alpha-pinène	Hexanal	Acide acétique
Fab 2	PP E1 19 mm	9,0	71	88
	PPSM 70 g/m ²	12	3,2	ND
Fab 3	PP 4 mg 19 mm	23	40	91
	PPSM 65 g/m ²	27	ND	ND
Fab 5	PP 4 mg 20 mm	43	104	58
	PPSM 65 g/m ²	31	7,5	ND
Fab 6	PP CARB P2 18 mm	9,0	31	49
	PPSM 80 g/m ²	30	3,5	ND
Fab 8	PP CARB P2 18 mm	11	143	461
	PPSM 80 g/m ²	28	32	41
Fab 9	PP 4 mg 19 mm	43	226	214
	PPSM 65 g/m ²	88	53	31

Tableau 24 : Facteurs d'émission spécifiques (µg.m⁻².h⁻¹) en COV naturels du bois des panneaux de particules bruts et PPSM (ND : non détecté)

¹ Yrieix et al. Banc de qualité sur les émissions de COV à partir des composants de construction bois – convention ADEME 98.01.055, rapport final 2003

² Englund F. (1999), Emissions of volatile organic compounds from wood, Tråtek, rapport I 9901001, 29 pp

³ Meyer B. and Boehme C. (1997), Formaldehyde emission from solid wood, Solid wood products, Forest products journal vol. 47, No 5

⁴ Risholm-Sundman M. et al (1998), Emissions of acetic acid and other volatile organic compounds from different species of solid wood, Holz als Roh – und Werkstoff, 56, 125 –129

Aucune donnée bibliographique n'a permis d'expliquer ces résultats. Par contre, différentes hypothèses peuvent être formulées :

- Effet barrière physique de la feuille imprégnée de mélamine pouvant discriminer la diffusion des substances volatiles selon leurs propriétés physico-chimiques (poids moléculaire, polarité, fonction chimique, ...)
- Réactivité chimique de la feuille imprégnée de mélamine avec certaines substances à caractère acide ou polaire
- Emission d'alpha-pinène à partir de la feuille de papier ou addition de cette substance au moment de la fabrication des PPSM

5.2 Influence du classement du panneau

L'effet barrière du revêtement (feuille imprégnée de mélamine, laquage) au formaldéhyde a été étudié selon le type de support (panneau E1, "4 mg" ou CARB P2). Pour chaque fabricant, le rapport entre le facteur d'émission spécifique en formaldéhyde du support brut et celui du panneau fini est présenté sur la Figure 4.

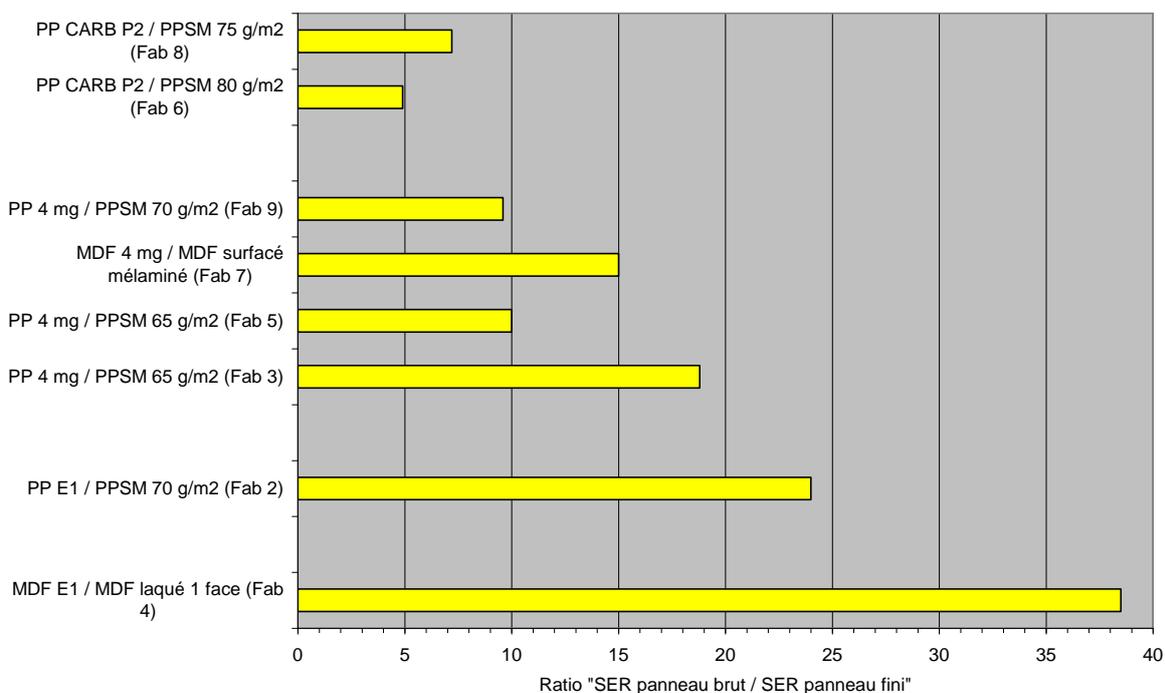


Figure 4 : Rapport entre le facteur d'émission spécifique (SER) en formaldéhyde du panneau brut et le facteur d'émission spécifique (SER) en formaldéhyde du panneau fini

Les résultats montrent un effet barrière significatif au formaldéhyde mais le niveau d'abattement du facteur d'émission spécifique varie d'un facteur 5 à 38,5 selon le type de revêtement (feuille imprégnée de mélamine, laquage) et de classement du support (E1, "4 mg" ou CARB P2) :

- MDF E1 → MDF laqué (vernis PU solvanté) : facteur 38,5
- PP E1 → PPSM : facteur 4
- MDF ou PP "4 mg" → MDF surfacé mélaminé ou PPSM : facteur 10 à 19
- PP CARB P2 → PPSM : facteur 5 à 7

Un seul panneau MDF laqué (vernis PU solvanté) a été testé (MDF E1 - Fab 4). Cependant, 2 autres produits directement finis en usine (MDF "4 mg" laqué 1 et 2 faces - Fab 1) montrent des facteurs d'émission spécifiques en formaldéhyde du même ordre de grandeur (SER inférieur ou égal à $5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$). Même si le support varie (E1 et "4 mg"), ces données confirment un effet barrière significatif des finitions appliquées. Par contre, seules 2 types de peintures, à des grammages bien précis, ont été testés :

- vernis UV phase aqueuse en 3 couches (enduit, fond, vernis)
- vernis PU solvanté en 2 couches (fond et vernis à 100 g/m^2)

Les facteurs d'émission spécifiques en COVT des panneaux surfacés mélaminés sont détaillés sur la Figure 5. Ils sont compris entre :

- 49 et $101 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les PPSM avec un support CARB P2
- 12 et $202 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les PPSM avec un support "4 mg"
- 21 et $93 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les PPSM avec un support E1

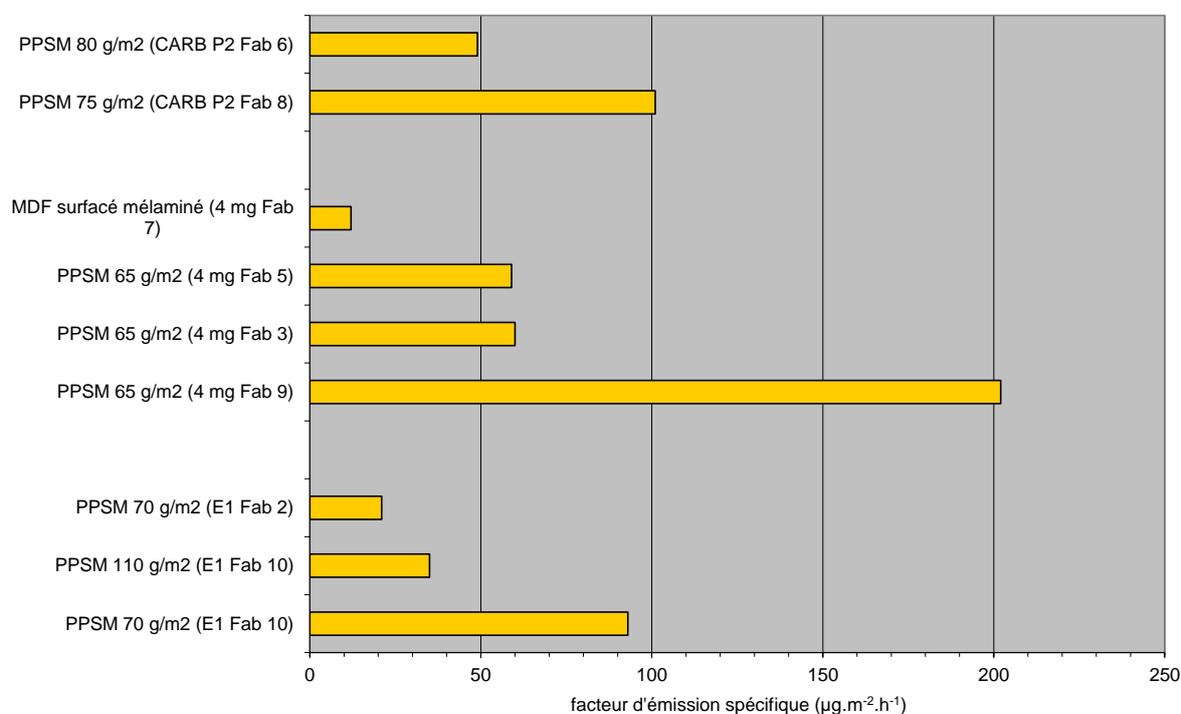


Figure 5 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en COVT des panneaux revêtus (PPSM, MDF surfacé mélaminé) après 28 jours en chambre d'essai d'émission

Le type de support n'a donc aucune influence sur l'effet barrière des panneaux surfacés mélaminés aux COVT.

Les facteurs d'émission spécifiques en formaldéhyde des mêmes panneaux surfacés mélaminés aboutissent aux mêmes conclusions. En effet, il n'existe pas de hiérarchisation des émissions de formaldéhyde selon le type de support (Figure 6) :

- SER de 4,1 et $4,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les PPSM avec un support CARB P2
- SER compris entre 4 et $12 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les PPSM avec un support "4 mg"
- SER compris entre 2,5 et $21 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les PPSM avec un support E1

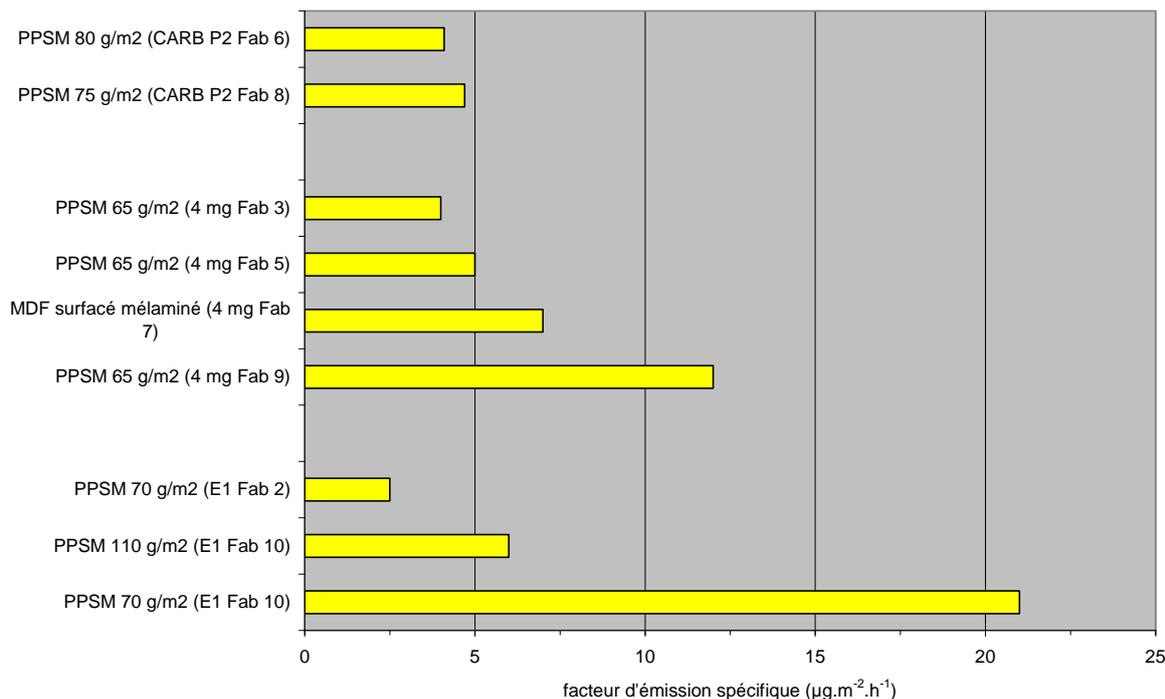


Figure 6 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en formaldéhyde des panneaux revêtus (PPSM, MDF surfacé mélaminé) après 28 jours en chambre d'essai d'émission

Les résultats montrent qu'il n'existe pas de réelle différence selon le support utilisé et que chaque famille (E1, "4 mg" ou CARB P2) permet d'atteindre un facteur d'émission en dessous de 5 µg.m⁻².h⁻¹. Toutefois, ils n'intègrent pas certaines variables pouvant rendre aléatoire cette interprétation :

- nombre trop faible de valeurs pour chaque famille (E1, "4 mg" ou CARB P2) pour aboutir à une réponse « statistiquement » fiable
- variabilités intra- et inter-lots au sein de chaque unité de production non étudiées
- influence du type de papier imprégné de mélamine et du procédé de fabrication (apport en formaldéhyde de la feuille imprégnée selon la quantité de colle, grammage du papier, temps et température de pressage, ...)
- représentativité du support à la classe d'émission en formaldéhyde (E1, "4 mg" ou CARB P2)

L'influence des supports a aussi été étudiée dans le cadre de l'étude Codifab « Effet barrière CHOH »⁵. Pour la même référence de papier imprégné de mélamine (2 grammages étudiés, 65 et 125 g/m²), les résultats ont montré un niveau d'émission en formaldéhyde plus faible pour le support (panneau de particules) CARB P2 en comparaison du support E1. Par contre, l'effet barrière le plus significatif a été mis en évidence pour le PPSM de faible grammage, soit 65 g/m² (Tableau 25).

⁵ Influence des revêtements sur les émissions de formaldéhyde par les panneaux de particules, Etude Codifab « Effet barrière CHOH », avril 2013

SER en formaldéhyde	Support brut	Grammage 65 g/m ²	Grammage 125 g/m ²
Support CARB P2	42	3,0	8,0
Support E1	107	15	23

Tableau 25 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$) en formaldéhyde sur 2 types de PPSM (d'après étude Codifab « Effet barrière CHOH »)

La majorité des unités de production retenues dans l'étude « UIPP ISO 16000 » s'est plutôt orientée vers des PPSM présentant un faible grammage (8 panneaux présentant un grammage compris entre 65 et 80 g/m²). Pour ces panneaux, les facteurs d'émission spécifiques ont présenté les mêmes ordres de grandeur que pour l'étude « Effet barrière CHOH » (SER compris entre 2,5 et 21 $\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ pour l'étude « UIPP ISO 16000 »).

Par contre, l'essai réalisé dans le cadre de l'étude « UIPP ISO 16000 » sur un PPSM de grammage élevé (PPSM 110 g/m² E1 Fab 10) a montré un facteur d'émission spécifique relativement différent de celui obtenu dans le cadre de l'étude « Effet barrière CHOH » (SER de 6 $\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$).

Cette dernière remarque incite à ne pas généraliser les résultats de l'étude « UIPP ISO 16000 » à toute la gamme de grammages sans études complémentaires. Pour le moment, les données recueillies attestent uniquement d'une hétérogénéité des facteurs d'émission spécifiques en formaldéhyde pour les PPSM fabriqués à partir de supports "4 mg" et E1. Par contre, les résultats semblent nettement plus homogènes pour les PPSM fabriqués à partir de supports CARB P2, même si peu de résultats sont pour le moment disponibles (résultats inférieurs à 5 $\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$).

Dans ces conditions, il convient de ne pas conclure trop hâtivement sur le fait qu'un support E1 ou "4 mg" permet d'atteindre le même niveau d'émission qu'un support CARB P2, pour un grammage donné. Selon les résultats de cette étude, seuls les PPSM fabriqués à partir d'un support CARB P2 peuvent donc prétendre au niveau d'émission le plus faible.

5.3 Comparaison avec l'étiquetage obligatoire (arrêté du 19 avril 2011)

5.3.1 Préambule

Les panneaux bruts (panneaux de particules et panneaux MDF) ne sont jamais au contact direct de l'air intérieur. Ce sont des produits semi-finis qui servent de matériau support (par exemple, revêtements de sol stratifiés, panneaux surfacés mélaminés pouvant être utilisés comme cloisons ou dalles de plafond) ou qui rentrent dans la fabrication de produits de construction finis (portes, parquets contrecollés, ...).

Ces panneaux bruts peuvent donc être classés comme des produits semi-finis et en emploi conventionnel, ils ne sont pas prévus pour remplir les différents usages visés par le décret d'étiquetage n°2011-321 du 23 mars 2011.

En particulier, certains panneaux de particules bruts peuvent servir de dalles de plancher mais ils sont par la suite revêtus (moquette, parquet, revêtement de sol plastique, ...). Ils s'apparentent plutôt aux chapes de béton.

Selon ce constat, seuls les produits finis (panneaux de particules et panneaux MDF revêtus, panneaux peints) devraient être visés par l'étiquetage des produits de construction sur leurs émissions en polluants volatils. Toutefois, la comparaison des résultats à 28 jours en chambre d'essai d'émission à l'arrêté du 19 avril 2011 a été réalisée sur tous les produits testés (bruts, finis).

Six scénarii d'exposition s'appliquent en fonction de la destination du produit : sol, plafond, mur, porte, fenêtre et très petites surfaces (joints par exemple). L'arrêté du 19 avril 2011 précise qu'en cas d'usages multiples, c'est le scénario correspondant à la surface émissive la plus grande qu'il faut retenir. Ainsi un produit présenté comme pouvant être appliqué sur des murs et sur le sol devra prendre le scénario « Murs ».

Comme les panneaux à base de bois peuvent rentrer dans des usages multiples (dalles de plafond ou de plancher, cloisons murales, ...), les scénarii « Murs » et « Sol ou Plafond » ont été retenus.

D'autre part, il a été tenu compte de l'incertitude de la mesure du formaldéhyde selon la série de normes ISO 16000 dans la comparaison des concentrations d'exposition à l'arrêté du 19 avril 2011. En effet, le résultat lié à ce composé volatil reste le facteur le plus discriminant pour le classement des panneaux à base de bois selon l'arrêté d'étiquetage.

Par contre, les incertitudes liées à la mesure des COVT selon la série de normes ISO 16000 n'ont pas été prises en compte. En effet, l'hétérogénéité liée aux composés naturels des bois reste une variable trop aléatoire (dépendant de l'essence de bois et du procédé de fabrication du produit) pour en choisir une valeur réellement représentative.

Les données statistiques d'une étude inter-laboratoires réalisée en 2008 pour mesurer les émissions de COV et de formaldéhyde par un panneau de particules selon la série de normes ISO 16000 ont été utilisées pour le calcul de l'incertitude⁶.

Après 28 jours d'essai en chambre d'émission, les résultats ont montré un coefficient de variation de reproductibilité entre 6 laboratoires participants de 17,4% pour une concentration moyenne en formaldéhyde de 57,6 µg.m⁻³ selon la norme NF ISO 16000-3. Cet écart type relatif a été retenu comme incertitude de mesure élargie même si dans l'absolu, il conviendrait de le multiplier par 2.

5.3.2 Principe général

Le principe des protocoles d'évaluation consiste à transformer les facteurs d'émission spécifiques mesurés dans les chambres environnementales (SER_i) en des concentrations d'exposition (C_{exp}) dans une pièce modèle.

La relation liant les facteurs d'émission spécifiques aux concentrations d'exposition est la suivante :

$$C_{exp} = SER_i / q_e$$

Avec q_e : Débit d'air spécifique dans une pièce modèle fixé à partir du scénario d'exposition du protocole tiré de l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils :

- 1,25 m³.m⁻².h⁻¹ pour le scénario « Sol ou Plafond »
- 0,5 m³.m⁻².h⁻¹ pour le scénario « Murs »

⁶ Yrieix et al. Characterisation of VOC and formaldehyde emissions from a wood-based panel : Results from an inter-laboratory comparison. - Chemosphere 79, 2010, 414-419

Les résultats d'émission de substances organiques volatiles mesurées dans chaque produit testé ont ensuite été comparés avec les valeurs limites des classes d'émission définies dans l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils (Tableau 26).

Classes d'émission	Numéro CAS	C	B	A	A+
Formaldéhyde	50-00-0	> 120	< 120	< 60	< 10
Acétaldéhyde	75-07-0	> 400	< 400	< 300	< 200
Toluène	108-88-3	> 600	< 600	< 450	< 300
Tétrachloroéthylène	127-18-4	> 500	< 500	< 350	< 250
Xylène	1330-20-7	> 400	< 400	< 300	< 200
1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000
1,4-Dichlorobenzène	106-46-7	> 120	< 120	< 90	< 60
Éthylbenzène	100-41-4	> 1500	< 1500	< 1000	< 750
2-Butoxyéthanol	111-76-2	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000
Styrène	100-42-5	> 500	< 500	< 350	< 250
COVT	/	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000

Tableau 26 : Concentrations d'exposition ($\mu\text{g.m}^{-3}$) et classes d'émission selon l'arrêté du 19 avril 2011

Les caractéristiques d'émissions de substances volatiles à rechercher sont formalisées selon une échelle de 4 classes de A+ à C, la classe A+ indiquant un niveau d'émission très peu élevé, la classe C, un niveau d'émission élevé.

Le niveau d'émission est indiqué par la concentration d'exposition établie sur la base des mesures réalisées après 28 jours en chambre d'essai d'émission. Il est calculé à partir du scénario d'exposition retenu (« Sol ou Plafond » ou « Murs ») et exprimé en $\mu\text{g.m}^{-3}$.

5.3.3 Calcul de concentrations d'exposition en COVT et en formaldéhyde

Parmi les substances volatiles listées dans l'arrêté du 19 avril 2011, les résultats d'essais montrent que seuls 2 paramètres risquent d'influencer le classement des panneaux à base de bois : formaldéhyde, COVT.

Pour les 2 scénarii retenus (« Sol ou Plafond » et « Murs »), les concentrations d'exposition ont donc seulement été calculées pour ces paramètres. Les résultats sont présentés sur les Figures 7a et 7b pour les COVT et les Figures 8a et 8b pour le formaldéhyde.

Pour un scénario « Sol ou Plafond », les concentrations d'exposition en COVT se positionnent très en dessous de la limite de la classe A+ (fixée à $1000 \mu\text{g.m}^{-3}$). En effet, le panneau le plus émissif montre une concentration d'exposition de $285 \mu\text{g.m}^{-3}$ (PP CARB P2 18 mm Fab 8).

La classe A+ est aussi atteinte par tous les panneaux selon le scénario « Murs », malgré pour certains panneaux, une émission significative de composés naturels du bois (acide acétique, hexanal). Le panneau le plus émissif montre une concentration d'exposition de $712 \mu\text{g.m}^{-3}$ (PP CARB P2 18 mm Fab 8).

Ces composés volatils sont identifiés plus particulièrement dans des panneaux présentant une proportion significative d'essences feuillues (cas des fabricants 7, 8 et 9). Seuls les résultats en COVT du fabricant 2 (PP E1 19 mm) sont surprenants car la concentration d'exposition ne dépasse pas $208 \mu\text{g.m}^{-3}$ même si le panneau contient 2/3 d'essences feuillues.

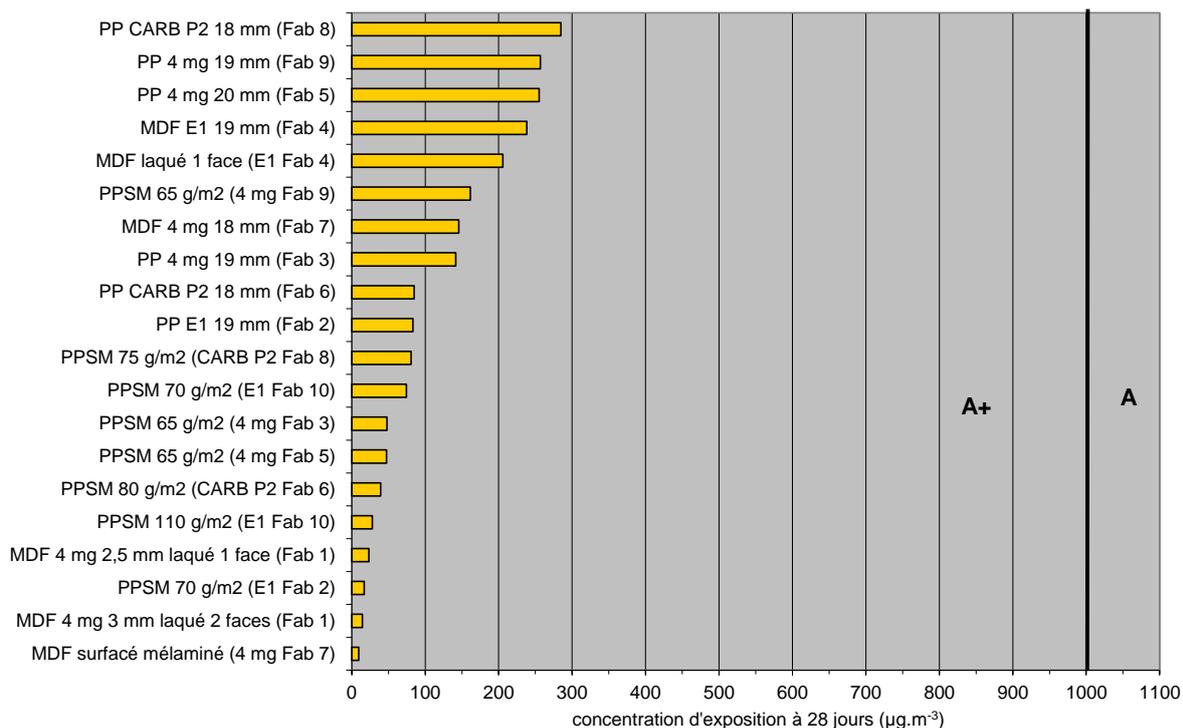


Figure 7a : Application du scénario « Sol ou Plafond » aux résultats d'essai en COVT après 28 jours en chambre d'émission

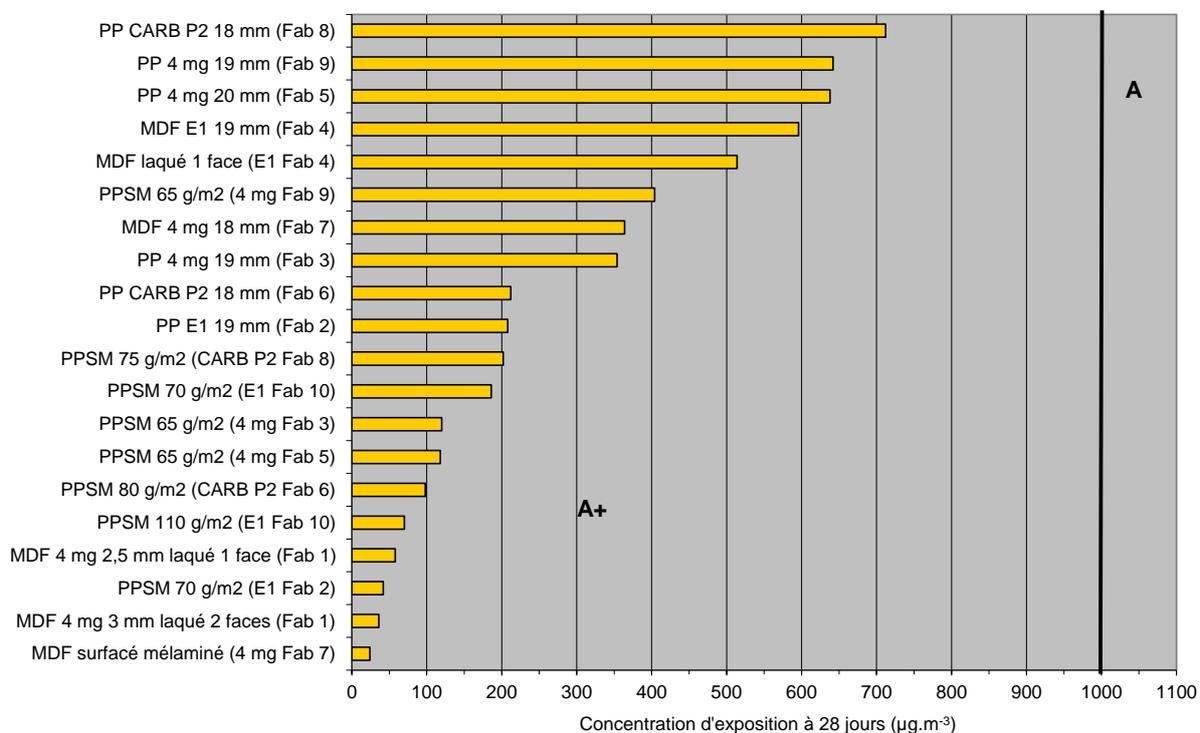


Figure 7b : Application du scénario « Murs » aux résultats d'essai en COVT après 28 jours en chambre d'émission

Les concentrations d'exposition en formaldéhyde entraînent un résultat différent selon le classement en formaldéhyde du panneau. Les 2 panneaux bruts CARB P2 sont classés A selon le scénario d'exposition « Sol ou Plafond ». Un panneau brut CARB P2 passe en B après application du scénario « Murs » (PP CARB P2 18 mm Fab 8).

Les panneaux bruts "4 mg" et E1 indiquent des concentrations d'exposition plus hétérogènes, les classements variant de A à C selon le scénario envisagé :

- Panneaux E1 : 2 panneaux sont classés B et 1 panneau est classé A selon le scénario d'exposition « Sol ou Plafond » ; les 3 panneaux sont classés C selon le scénario d'exposition « Murs »
- Panneaux "4 mg" : 3 panneaux sont classés B et 1 panneau est classé A selon le scénario d'exposition « Sol ou Plafond » ; 3 panneaux sont classés C et 1 panneau est classé B selon le scénario d'exposition « Murs »

Le passage d'un scénario « Sol ou Plafond » à un scénario « Murs » fait donc relever d'une classe le panneau brut. Par contre, le classement ne diffère pas, que le panneau soit E1 ou "4 mg".

Les 3 panneaux MDF laqués présentent les résultats les plus homogènes. 2 d'entre eux restent classés A+ quel que soit le scénario. Un seul panneau passe de la classe A+ à la classe A entre le scénario « Sol ou Plafond » et le scénario « Murs » (MDF 4 mg laqué 2 faces Fab 1) mais la concentration d'exposition est égale à la limite basse de la classe A (soit $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Les 2 PPSM avec un support CARB P2 se classent facilement A+ selon le scénario « Sol ou Plafond ». Par contre, ils avoisinent la limite basse de la classe A selon le scénario « Murs ». En effet, c'est seulement la prise en compte de l'incertitude de mesure qui fait passer ce type de panneau en classe A ($8,2 \pm 1,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour le PPSM 80 g/m² Fab 6 et $9,3 \pm 1,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour le PPSM 80 g/m² Fab 8).

Les PPSM fabriqués à partir de supports E1 et "4 mg" ne sont pas tous classés A+ selon le scénario « Sol ou Plafond » (1 PPSM "4 mg" et 1 PPSM E1). Ce revêtement permet d'atteindre la classe A+ avec un support E1 ou "4 mg" mais ce n'est donc pas systématique.

Pour un scénario « Murs », seul un PPSM reste en dessous de la limite basse de la classe A, soit $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (PPSM 70 g/m² Fab 2). Les autres PPSM fabriqués à partir de supports E1 et "4 mg" sont, soit directement classés A (6 panneaux), soit classés A+ mais dépassant la concentration d'exposition de $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ lorsque l'on tient compte de l'incertitude de mesure (2 panneaux).

Par contre, la majorité des PPSM retenus par les fabricants dans le cadre de cette étude présentent un grammage compris entre 65 et 80 g/m². Seul un panneau à 110 g/m² a été testé. Même si les premiers résultats semblent indiquer qu'un plus fort grammage présenterait un effet barrière au formaldéhyde plus faible, cette tendance n'aura pas réellement d'influence sur le classement des panneaux, quel que soit le scénario d'exposition envisagé. En effet, la prise en compte de l'incertitude de mesure dans l'interprétation des résultats tend automatiquement à relever d'une classe d'émission l'étiquetage des panneaux, intégrant ainsi en partie la variabilité liée au grammage.

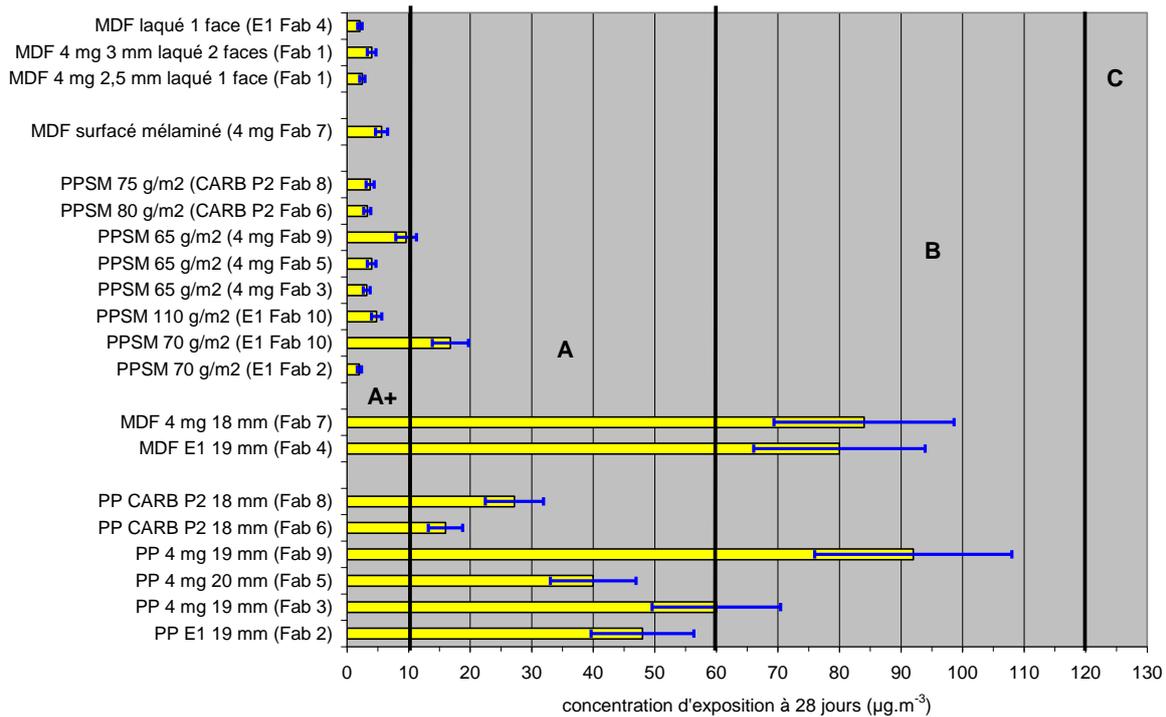


Figure 8a : Application du scénario « Sol ou Plafond » aux résultats d'essai en formaldéhyde après 28 jours en chambre d'émission

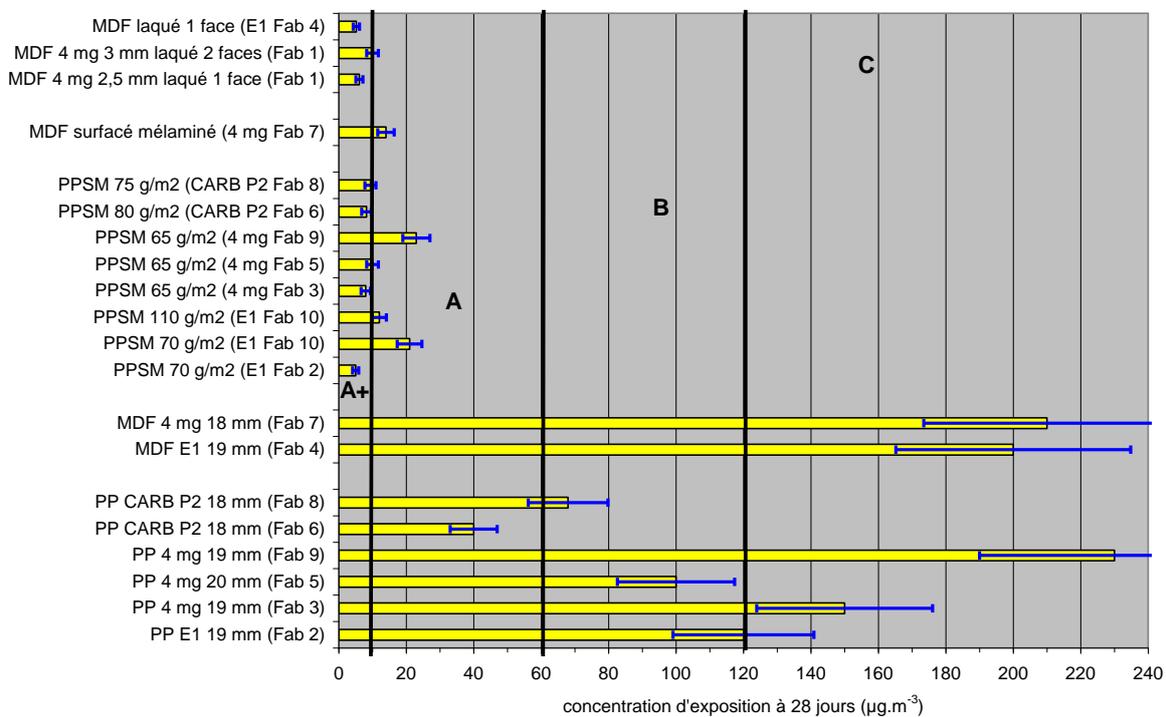


Figure 8b : Application du scénario « Murs » aux résultats d'essai en formaldéhyde après 28 jours en chambre d'émission

5.3.4 Classes d'émission résultantes

Le Tableau 27 reprend les classes d'émission obtenues pour les produits testés selon un scénario « Sol ou Plafond », ainsi que le classe d'émission résultante (résultat de la classe d'émission la plus pénalisante).

Type de produit	Référence	Formaldéhyde	COVT	Acétaldéhyde	Autres substances volatiles	Classe d'émission résultante
MDF / PP brut E1 ou "4 mg"	11/2728R/4 11/2728R/5 11/2728R/7 11/2728R/9 11/2728R/13 11/2728R/17	A/B	A+	A+	A+	
PP CARB P2	11/2728R/11 11/2728R/15	A	A+	A+	A+	
PPSM / support E1 ou "4 mg"	11/2728R/3 11/2728R/6 11/2728R/10 11/2728R/18 11/2728R/19 11/2728R/20	A+/A	A+	A+	A+	
MDF surfacé mélaminé / support "4 mg"	11/2728R/14	A+	A+	A+	A+	
MDF laqué	11/2728R/1 11/2728R/2 11/2728R/8	A+	A+	A+	A+	
PPSM / support CARB P2	11/2728R/12 11/2728R/16	A+	A+	A+	A+	

Tableau 27 : Classe d'émission résultante selon le type de panneau testé pour un scénario « Sol ou Plafond »

Pour un scénario « Sol ou Plafond », les classes d'émission obtenues varient de la classe A+ (PPSM, MDF laqués et surfacé mélaminé) à la classe B (panneaux bruts E1 et 4 "mg"). Le panneau de particules CARB P2 présente un résultat intermédiaire (classe A).

Parmi les produits finis, les panneaux surfacés mélaminés utilisés comme dalles de plafond pourront donc être classés A+ ou A selon le type de support (CARB P2, E1 / "4 mg"). Les panneaux laqués pourraient revendiquer la classe A+.

Parmi les produits bruts, les panneaux de particules bruts rainurés peuvent servir de dalles de plancher. Ces produits ne sont normalement pas visés par le décret d'étiquetage car ils sont systématiquement recouverts (moquette, revêtement plastique, sol stratifié,...) mais ils obtiendraient le classement A ou B selon le type de support (CARB P2, E1 / "4 mg").

A noter que les dalles utilisées en grenier (sol) ou en garage (plafond) sont quelquefois laissées brutes. Le garage n'est pas une pièce habitable tel que décrit par le décret d'étiquetage. Par contre, les greniers aménagés sont considérés comme des pièces intérieures habitables et les produits dont l'usage est visé par la réglementation qui pourraient y être installés sont concernés par l'étiquetage.

5.3.5 Application du scénario « Murs »

Le Tableau 28 reprend les classes d'émission obtenues pour les produits testés selon un scénario « Murs », ainsi que le classe d'émission résultante (résultat de la classe d'émission la plus pénalisante).

Type de produit	Référence	Formaldéhyde	COVT	Acétaldéhyde	Autres substances volatiles	Classe d'émission résultante
MDF / PP brut E1 ou "4 mg"	11/2728R/4 11/2728R/5 11/2728R/7 11/2728R/9 11/2728R/13 11/2728R/17	B/C	A+	A+	A+	
PP CARB P2	11/2728R/11 11/2728R/15	A/B	A+	A+	A+	
PPSM / support E1 ou "4 mg"	11/2728R/3 11/2728R/6 11/2728R/10 11/2728R/18 11/2728R/19 11/2728R/20	A+/A	A+	A+	A+	
MDF surfacé mélaminé / support "4 mg"	11/2728R/14	A	A+	A+	A+	
MDF laqué	11/2728R/1 11/2728R/2 11/2728R/8	A+/A	A+	A+	A+	
PPSM / support CARB P2	11/2728R/12 11/2728R/16	A+/A	A+	A+	A+	

Tableau 28 : Classe d'émission résultante selon le type de panneau testé pour un scénario « Murs »

Pour un scénario « Murs », les classes d'émission obtenues varient de la classe A (panneaux revêtus) à la classe C (panneaux bruts E1 et "4 mg"). Les panneaux de particules CARB P2 sont classés B.

Parmi les produits finis, les panneaux surfacés mélaminés peuvent être utilisés comme cloisons murales. Le classement revendiqué reste A quel que soit le type de support (CARB P2, E1 / "4 mg") ou de finition (feuille imprégnée de mélamine, laque du même type que celle utilisée pour ces essais).

Les panneaux bruts plein format peuvent être utilisés en ossature (paroi ou cloison murales). On retrouve principalement des panneaux de particules P5 CTB-H. Par contre, ils sont systématiquement recouverts par la suite de peinture, crépis, papier ou stratifié. Ces produits ne sont donc normalement pas visés par le décret d'étiquetage mais ils obtiendraient le classement B ou C selon le type de support (CARB P2, E1 / "4 mg").

6. CONCLUSIONS DE L'ETUDE

Les émissions en polluants volatils de 20 panneaux à base de bois (panneaux de particules, panneaux de fibres) ont été caractérisées suite à deux campagnes de prélèvement réalisées en 2011 et 2012 dans 10 usines françaises de production.

Le but était de positionner la gamme complète de panneaux à base de bois fabriqués en France selon l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils, et d'orienter les industriels vers des classes d'émission « génériques ».

Sur chaque site, la représentativité du panneau à retenir a été discutée avec l'industriel. Le principe a consisté à prélever des références commerciales représentatives de la production française en terme de panneau brut (E1, "4 mg", CARB P2) et de panneau fini (grammage du papier, type de peinture). Les essais ont été réalisés en chambre d'essai d'émission selon la série de normes ISO 16000.

Parmi les substances volatiles listées dans l'arrêté du 19 avril 2011, plusieurs d'entre elles n'ont jamais été détectées dans les émissions des panneaux de particules et les panneaux MDF, qu'ils soient bruts ou surfacés mélaminés : tétrachloroéthylène, xylène, 1,2,4-triméthylbenzène, 1,4-dichlorobenzène, éthylbenzène, 2-butoxyéthanol, styrène.

Ces substances volatiles n'ont pas non plus été retrouvées dans les panneaux MDF laqués mais ce résultat est étroitement lié à la nature de la finition appliquée sur le support. Pour cette étude, les essais se sont limités à un vernis UV en phase aqueuse et un vernis PU en phase solvant.

Le toluène et l'acétaldéhyde ont été détectés mais n'ont jamais entraîné de « déclassement » des panneaux. Sur les 20 panneaux testés, les concentrations d'exposition n'ont pas dépassé $4 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour le toluène et $51 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour l'acétaldéhyde. La classe d'émission obtenue selon le scénario le plus pénalisant (scénario « Murs ») est toujours restée A+.

La charge en COVT est avant tout le résultat des émissions de COV naturels du bois. Les essais sur les panneaux bruts ont confirmé la prépondérance de l'acide acétique et de l'hexanal, que les supports soient majoritairement résineux ou feuillus. Par contre, le niveau d'émission en monoterpènes est resté relativement faible pour les panneaux fabriqués à partir d'essences majoritairement résineuses.

Un effet barrière aux COV naturels du bois a été mis en évidence pour les panneaux revêtus et peints, se caractérisant par une forte diminution de l'émission, voire l'absence de l'hexanal et de l'acide acétique. En effet, le niveau d'émission en COVT diminue d'un facteur compris entre 2 et 15 si les panneaux bruts sont comparés à leurs PPSM respectifs. Par contre, des solvants liés à la finition sont toujours détectés après 28 jours d'essai en chambre d'émission pour les panneaux MDF laqués mais les niveaux restent suffisamment faibles pour ne pas « déclasser » les panneaux.

Les résultats montrent aussi un effet barrière significatif des revêtements au formaldéhyde. Le niveau varie selon le type de revêtement (feuille imprégnée de mélamine, laquage) et de classement du support (E1, "4 mg", CARB P2). Chaque famille (E1, "4 mg" ou CARB P2) permet d'atteindre un facteur d'émission en formaldéhyde en dessous de $5 \mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ mais seuls les PPSM fabriqués à partir d'un support CARB P2 et les MDF laqués peuvent prétendre systématiquement au niveau d'émission le plus faible.

A partir des résultats de cette étude, un classement « générique », c'est à dire commun à tous les panneaux de particules et les panneaux MDF fabriqués en France, a été proposé. Il repose sur la représentativité des produits (supports bruts, panneaux revêtus et laqués) et des unités de production retenues lors de cette étude.

Le formaldéhyde et, dans une moindre mesure les COVT, sont les seuls paramètres peuvent influencer le classement des panneaux de particules et les panneaux MDF selon l'arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

Les classements obtenus pour les supports bruts varient selon le type de colle du support (E1, "4 mg", CARB P2) et le type de scénario envisagé (Tableau 29) :

Type de support	Scénario « Sol ou Plafond »	Scénario « Murs »
E1 et "4 mg"		
CARB P2		

Tableau 29 : Synthèse des classes d'émission obtenues pour les différents panneaux de particules et panneaux MDF bruts selon le scénario d'exposition

Le classement des panneaux à base de bois a évolué et la notion de panneau "4 mg" n'est plus maintenant d'actualité. Il convient désormais de référencer ce type de panneau sous le terme "E1+" selon la prochaine version de la norme NF EN 13986. Par contre, ce nouveau classement se basera sur les résultats selon la méthode à la chambre (classe "E1+" égale à $80 \mu\text{g.m}^{-3}$ selon la norme NF EN 717-1). Dans ces conditions, chaque unité de production devra réaliser une corrélation entre cette norme et sa méthode de contrôle de production interne (méthode au perforateur par exemple). Chaque fabricant pourra alors confirmer si l'analogie "4 mg" = "E1+" est pertinente.

Les classements obtenus pour les panneaux finis montrent la diminution d'une classe en comparaison de leur support respectif, sauf pour les MDF laqués (réduction de 2 classes). Toutefois, ce résultat est à relier étroitement à la nature des finitions appliquées et la représentativité des supports testés (Tableau 30) :

Type de panneau	Scénario « Sol ou Plafond »	Scénario « Murs »
Panneau surfacé mélaminé / support E1 et "4 mg"		
Panneau surfacé mélaminé / support CARB P2		
Panneau MDF laqué / support E1 et "4 mg"		

Tableau 30 : Synthèse des classes d'émission obtenues pour les différents panneaux surfacés mélaminés et panneaux MDF laqués selon le scénario d'exposition

D'autre part, la majorité des PPSM retenus par les fabricants dans le cadre de cette étude ont présenté un grammage compris entre 65 et 80 g/m². Seul un panneau à 110 g/m² a été testé. Même si les résultats peuvent diverger selon le type de grammage, la prise en compte de l'incertitude de mesure dans l'interprétation des résultats du formaldéhyde a automatiquement relevé d'une classe d'émission l'étiquetage des panneaux, intégrant ainsi en partie la variabilité liée à cette étape de finition.

A la demande de l'UIPP, une présentation simplifiée de l'étiquetage obligatoire des panneaux de particules et des panneaux MDF est proposée en annexe. Elle reprend tous les usages des produits testés même si tous ne sont pas visés par le décret relatif à l'étiquetage obligatoire des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils (décret n° 2011-321 du 23 mars 2011).

En effet, les panneaux bruts sont systématiquement revêtus en emploi conventionnel. Ce sont des produits semi-finis qui peuvent servir de matériau support, rentrer dans la fabrication d'autres produits de construction ou recouvrir un usage structurel. Seuls les produits finis (panneaux de particules et panneaux MDF revêtus, panneaux peints) devraient donc être visés par l'étiquetage des produits de construction sur leurs émissions en polluants volatils.

Par contre, et même si les panneaux de particules et les panneaux MDF bruts ne sont pas soumis à cette réglementation, une attente forte des fabricants de panneaux à base de bois repose sur leur capacité à fournir un classement résultant du type de revêtement posé sur leur produit. Pour cela, une étude prospective pourrait être envisagée afin de connaître l'effet barrière de ces revêtements sur les émissions de formaldéhyde et de COVT des panneaux bruts :

- pour un usage en dalle de plancher (effet barrière des revêtements de sols)
- pour un usage en paroi ou cloison murale (effet barrière des revêtements muraux).

7. ANNEXE : PRESENTATION SIMPLIFIEE DE L'ETIQUETAGE A USAGE DES PROFESSIONNELS

Aide à l'étiquetage des panneaux de particules et des panneaux MDF selon l'arrêté du 19 avril 2011

Panneaux revêtus

- Panneaux de particules surfacés mélaminés et panneaux MDF surfacés mélaminés utilisés comme dalles de plafonds

SUPPORT CARB P2	
SUPPORT E1 ou E1+	

- Panneaux de particules surfacés mélaminés et panneaux MDF surfacés mélaminés utilisés comme revêtements muraux

SUPPORT CARB P2	
SUPPORT E1 ou E1+	

Panneaux bruts (non revêtus)

- Dalles de plancher rainurées en panneaux de particules bruts

SUPPORT CARB P2	
SUPPORT E1 ou E1+	

- Cloisons murales en panneaux de particules bruts

SUPPORT CARB P2	
SUPPORT E1 ou E1+	