



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

Etude « Effet barrière CHOH »

Influence des revêtements sur les émissions de formaldéhyde par les panneaux de particules

Christophe YRIEIX

Laboratoire de chimie-écotoxicologie

15/04/2013

Référence du rapport : 402/11/2727R/1à12

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

The logo for CODIFAB is displayed in a purple, stylized font within a rectangular box.

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	3
2.	PLAN EXPERIMENTAL	3
3.	DESCRIPTION DES ELEMENTS D'ESSAI	5
4.	DESCRIPTION DES ESSAIS	6
	4.1 Principe de l'essai.....	6
	4.2 Préparation des éprouvettes d'essai.....	6
	4.3 Déroulement de l'essai	10
5.	RESULTATS	11
	5.1 Expression de résultats.....	11
	5.2 Echantillon 11/2727R/1.....	12
	5.3 Echantillon 11/2727R/2.....	12
	5.4 Echantillon 11/2727R/3.....	13
	5.5 Echantillon 11/2727R/4.....	13
	5.6 Echantillon 11/2727R/5.....	14
	5.7 Echantillon 11/2727R/6.....	14
	5.8 Echantillon 11/2727R/7.....	15
	5.9 Echantillon 11/2727R/8.....	15
	5.10 Echantillon 11/2727R/9.....	16
	5.11 Echantillon 11/2727R/10.....	16
	5.12 Echantillon 10/2727R/11.....	17
	5.13 Echantillon 11/2727R/12.....	17
6.	DISCUSSION	18
	6.1 Composés identifiés.....	18
	6.2 Influence du support	19
	6.3 Influence du grammage du PPSM	21
	6.4 Influence du perçage du PPSM	28
	6.5 Influence de la nature du revêtement.....	29
	6.6 Comparaison avec l'étiquetage obligatoire des produits de construction.....	32
7.	CONCLUSIONS DE L'ETUDE	38

1. INTRODUCTION

Ce rapport synthétise les résultats d'essais obtenus sur les émissions de formaldéhyde et de COV pour différents types de panneaux revêtus (panneau de particules surfacé mélaminé, panneau stratifié, panneaux avec un placage bois ou un finish foil) à partir d'un même support brut (panneau de particules E1 ou CARB P2).

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 vis-à-vis du 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) et à répondre aux questions croissantes du secteur de l'ameublement sur l'influence des revêtements sur l'émission de formaldéhyde.

Cette étude a pour objectif principal de comparer l'effet barrière aux émissions de formaldéhyde de différents revêtements solides représentatifs du secteur de l'ameublement. Elle se veut complémentaire de l'étude « UIPP ISO 16000 » qui a permis d'orienter les industriels vers des classes d'émission « génériques » selon l'arrêté du 19 avril 2011 pour des panneaux de particules et les panneaux MDF.

2. PLAN EXPERIMENTAL

La première phase de l'étude a consisté à définir un plan expérimental faisant varier les paramètres d'influence suivants :

- Nature du revêtement : panneau revêtu d'une feuille de papier imprégnée de mélamine, d'un stratifié, d'un placage bois ou d'un finish foil non verni
- Niveau d'émission en formaldéhyde du support brut : panneau de particules présentant 2 niveaux d'émission en formaldéhyde (E1 et CARB P2)
- Type de grammage : comparaison entre un panneau de particules surfacé mélaminé (PPSM) faible grammage (65 g/m²) et fort grammage (125 g/m²)
- Porosité du placage bois : comparaison d'un placage bois à forte (chêne) et à faible porosité (érable)
- Influence du perçage de trous : comparaison d'un PPSM faible grammage (65 g/m²) sans trous et avec perçage (4 trous de diamètre 8 mm + grand chant non recouvert)

Les supports bruts ont été prélevés par FCBA sur 2 périodes auprès d'un fabricant de panneaux de particules et de PPSM (Egger - site de Rion des Landes) :

- Une première campagne d'essai réalisée en septembre 2011 à partir d'un support E1
- Une seconde campagne d'essai réalisée en janvier 2012 à partir d'un support CARB P2

Le support brut est un panneau de particules composé de 100 % d'essence résineuse (pin maritime). Il a été retenu, de par sa caractéristique à émettre de façon significative des COV naturels du bois (monoterpènes naturellement présents). Un effet barrière significatif à ce type de COV pourra donc aussi être étudié selon la nature du revêtement.

Pour chaque niveau d'émission, le protocole expérimental suivant a été réalisé :

- Prélèvement du support brut (E1 ou CARB P2) en milieu de pile (lot fabriqué depuis moins de 15 jours)
- Fabrication d'un PPSM faible grammage et d'un PPSM fort grammage à partir du chaque support brut (E1, CARB P2)
- Envoi du support brut E1 à un sous-traitant pour l'application du finish foil
- Découpe du support brut E1 en éprouvettes de 500 x 500 mm pour application ultérieure des autres revêtements (stratifié, placages bois faible et forte porosité)

Les PPSM ont été fabriqués par la société Egger. Le finish foil a été appliqué sur une face par la société Berlioz selon ses propres procédés industriels.

Les autres panneaux ont été fabriqués sur une presse de laboratoire par la société Malvaux. Les revêtements ont été appliqués sur des éprouvettes de 500 x 500 mm sur les 2 faces avec une colle vinylique (grammage de 60 g par face, pression de 8 kg pendant 60 secondes).

Les caractéristiques détaillées des panneaux prélevés sont décrites dans le Tableau 1 :

Type de panneau	Format (mm)	Date de fabrication	Date de prélèvement
Panneau de particules brut E1	3950 x 2120 x 16	03/09/2011	21/09/2011
PPSM 65 g/m ²	3950 x 2120 x 16	19/09/2011	21/09/2011
PPSM 125 g/m ²	3950 x 2120 x 16	19/09/2011	21/09/2011
Panneau E1 + placage chêne 6/10 ^e collage vinylique	500 x 500 x 16	23/09/2011	23/09/2011
Panneau E1 + placage érable 5/10 ^e collage vinylique	500 x 500 x 16	23/09/2011	23/09/2011
Panneau E1 + stratifié 0,8 mm collage vinylique	500 x 500 x 16	23/09/2011	23/09/2011
Panneau E1 + finish foil 80 g collage vinylique	3950 x 2120 x 16	Non renseigné	12/10/2011
Panneau de particules brut CARB P2	5610 x 2070 x 16	18/01/2012	01/02/2012
PPSM 65 g/m ²	2800 x 2070 x 16	26/01/2012	01/02/2012
PPSM 125 g/m ²	2800 x 2070 x 16	25/01/2012	01/02/2012

Tableau 1 : Caractéristiques des échantillons

La seconde phase de l'étude a consisté à mesurer le dégagement de composés volatils à partir des échantillons 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/FID 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 substances volatiles suivantes ont été recherchées :

- 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)

Elles sont tirées 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, 2 composés ont été retenus comme traceurs :

- Alpha-pinène (numéro CAS 80-56-8)
- Hexanal (numéro CAS 66-25-1)

L'alpha-pinène est le composé majoritaire des monoterpènes, composés naturellement présents dans les essences résineuses. De son côté, l'hexanal est un composé naturel majoritaire du bois, aussi bien présent dans les essences résineuses que feuillues.

3. DESCRIPTION DES ELEMENTS D'ESSAI

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

Type de panneau	Référence laboratoire	Date de fabrication	Date de début d'essai	
			Préparation éprouvette	Mise en chambre
Support brut E1	11/2727R/1	03/09/2011	07/11/2011	07/11/2011
PPSM faible grammage (65 g/m ²) fabriqué à partir support E1	11/2727R/2	19/09/2011	02/11/2011	02/11/2011
PPSM faible grammage (65 g/m ²) fabriqué à partir support E1 + 4 trous de 8 mm de diamètre et un grand chant non recouvert	11/2727R/3	19/09/2011	02/11/2011	02/11/2011
PPSM fort grammage (125 g/m ²) fabriqué à partir support E1	11/2727R/4	19/09/2011	02/11/2011	02/11/2011
Support E1 + placage chêne 6/10 ^e collage vinylique	11/2727R/5	23/09/2011	27/10/2011	27/10/2011
Support E1 + revêtement stratifié 0,8 mm collage vinylique	11/2727R/6	23/09/2011	03/11/2011	03/11/2011
Support E1 + placage érable 5/10 ^e collage vinylique	11/2727R/7	23/09/2011	07/11/2011	07/11/2011
Panneau E1 + finish foil 80 g collage vinylique	11/2727R/8	-	03/11/2011	03/11/2011
Support CARB P2	11/2727R/9	18/01/2012	03/04/2012	03/04/2012
PPSM faible grammage (65 g/m ²) fabriqué à partir support CARB P2	11/2727R/10	26/01/2012	04/04/2012	04/04/2012
PPSM fort grammage (125 g/m ²) fabriqué à partir support CARB P2	11/2727R/11	25/01/2012	04/04/2012	04/04/2012
PPSM faible grammage (65 g/m ²) fabriqué à partir support CARB P2+ 4 trous de 8 mm de diamètre et un grand chant non recouvert	11/2727R/12	26/01/2012	03/04/2012	03/04/2012

Tableau 2 : Description et suivi des échantillons

4 éprouvettes de 500 x 250 mm ont été découpées dans les échantillons fabriqués en usine (support brut, PPSM, panneau avec finish foil) ou en laboratoire (stratifié, placage bois).

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

4. DESCRIPTION DES ESSAIS

4.1 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) à partir de la concentration de COV dans l'air (en microgrammes par mètre cube d'air ou $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et du taux de ventilation spécifique par unité de surface dans la chambre (en mètres cubes par mètre carré et par heure ou $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$).

4.2 Préparation des éprouvettes d'essai

Des éprouvettes d'essai ont été préparées à partir des échantillons reçus au laboratoire de chimie-écotoxicologie de FCBA (Photos 1 à 11). Pour chaque éprouvette, seule une face est mise au contact avec l'air de la chambre d'essai d'émission. Les chants et la contre-face sont donc colmatés à l'aide d'un ruban adhésif aluminium.

Les échantillons 11/2727R/3 et 11/2727R/12 ont été percés (4 trous de 8 mm de diamètre) et un grand chant n'a pas été recouvert.

Pour chaque échantillon, les paramètres d'essai sont décrits dans les Tableaux 3 et 5.

Echantillons	11/2727R/1	11/2727R/2 à 11/2727R 4	11/2727R/5	11/2727R/6	11/2727R/7	Unités
Nombre d'éprouvettes d'essai	1	1	1	1	1	-
Dimension des éprouvettes d'essai	400 x 250	500 x 250	470 x 220	470 x 250	470 x 224	mm
Surface éprouvette d'essai (S)	0,10	0,125	0,103	0,118	0,105	m ²
Volume chambre d'essai (V)	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	m ³
Taux de renouvellement d'air (n)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	h ⁻¹
Taux de charge essai (L = S/V)	0,84	1,05	0,87	0,99	0,88	m ² /m ³
Taux de ventilation spécifique (q _{essai} = n/L)	0,59	0,48	0,58	0,51	0,57	m ³ /m ² h

Tableau 3 : Paramètres d'essai pour les échantillons 11/2727R/1 à 11/2727R/7 en chambre d'émission de 119 litres

Echantillon	11/2727R/8	Unités
Nombre d'éprouvettes d'essai	2	-
Dimension des éprouvettes d'essai	500 x 170	mm
Surface éprouvette d'essai (S)	0,17	m ²
Volume chambre d'essai (V)	0,0509	m ³
Taux de renouvellement d'air (n)	1,67	m ² /m ³
Taux de charge essai (L = S/V)	3,34	m ³ /m ² h
Taux de ventilation spécifique (q _{essai} = n/L)	0,5	m ² /m ³

Tableau 4 : Paramètres d'essai pour l'échantillon 11/2727R/8 en chambre d'émission de 50,9 litres

Echantillon	11/2727R/9 et 11/2727R/11	11/2727R/10 et 11/2727R/12	Unités
Nombre d'éprouvettes d'essai	4	8	-
Dimension des éprouvettes d'essai	500 x 250	500 x 250 mm	m
Surface éprouvette d'essai (S)	0,5	1,0	m ²
Volume chambre d'essai (V)	1	1	m ³
Taux de renouvellement d'air (n)	0,5	0,5	m ² /m ³
Taux de charge essai (L = S/V)	0,5	1,0	m ³ /m ² h
Taux de ventilation spécifique (q _{essai} = n/L)	1,0	0,5	m ² /m ³

Tableau 5 : Paramètres d'essai en chambre d'émission pour les échantillons 11/2727R/9 à 11/2727R/12 en chambre d'émission de 1000 litres



Photo 1 : Echantillon 11/2727R/1



Photo 2 : Echantillon 11/2727R/2



Photo 3 : Echantillon 11/2727R/3



Photo 4 : Echantillon 11/2727R/4



Photo 5 : Echantillon 11/2727R/5



Photo 6 : Echantillon 11/2727R/6



Photo 7 : Echantillon 11/2727R/7



Photo 8 : Echantillon 11/2719R/8



Photo 9 : Echantillon 11/2719R/9



Photo 10 : Echantillon 11/2719R/10

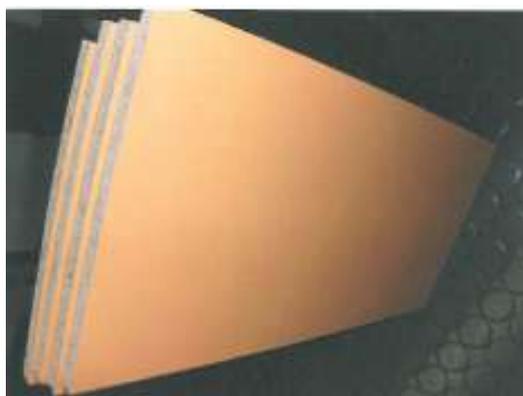


Photo 11 : Echantillon 11/2719R/11

4.3 Déroulement de l'essai

4.3.1 Lancement de l'essai

L'introduction des éprouvettes d'essai dans la chambre correspond au début (T_0) de l'essai d'émission.

Le renouvellement d'air a été fixé pour obtenir un débit d'air spécifique par unité de surface dans la chambre d'essai d'émission de $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ (sauf pour les échantillons 11/2727R/10 et 11/2727R/12 pour lesquels le débit d'air spécifique par unité de surface est égal à $1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$).

Durant toute la durée de l'essai, la température et l'humidité relative sont mesurées.

4.3.2 Prélèvement de l'air de la chambre

L'air de la chambre d'essai d'émission a été prélevé après 28 ± 2 jours de conditionnement à $23 \pm 2^\circ\text{C}$ et $50 \pm 5\%$ 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 DNPH selon les conditions de la norme **NF ISO 16000-3** pour la mesure des composés carbonylés de faible poids moléculaire (formaldéhyde, acétaldéhyde)

4.3.3 Méthodes de mesure

- Analyse des COV par TD/GC/MS/FID

Les substances volatiles sont analysées par désorption thermique (TD), chromatographie en phase gazeuse (GC), identification par spectrométrie de masse (MS) et quantification par ionisation de flamme (FID) ou par spectrométrie de masse (MS) selon la norme **NF ISO 16000-6**.

La concentration totale en COV (COVT) est fournie comme la somme des concentrations de tous les composés quantifiables. Cette valeur en COVT correspond aux 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).

Les prélèvements ont été effectués en doublons. Les résultats présentés correspondent à la moyenne des deux prélèvements analysés.

- Analyse du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde par HPLC/UV

Les cartouches de gel de silice imprégné de DNPH sont éluées par 5 ml d'acétonitrile. Après élution des cartouches d'adsorbant à l'acétonitrile, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde sont analysés par chromatographie liquide haute performance (HPLC) avec détection UV selon la norme **NF ISO 16000-3**.

Les prélèvements ont été effectués en doublons. Les résultats présentés correspondent à la moyenne des deux prélèvements analysés.

5. RESULTATS

5.1 Expression de résultats

Les résultats sont exprimés en facteurs d'émission spécifiques (SER). Ils sont calculés selon la formule : $SER = C \times q$ avec :

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

q : débit d'air spécifique au moment de l'essai

C : concentration expérimentale dans l'air de la chambre d'essai d'émission en microgrammes de composé volatil par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Légende :

ND : inférieur à la limite expérimentale de $1 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

TE : résultats exprimés en équivalent toluène

Σ : somme des concentrations individuelles

spécifique : étalonnage selon le facteur de réponse du composé

5.2 Echantillon 11/2727R/1

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	131	TE
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	48	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	24	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	107	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	12	spécifique

Tableau 6 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/1 (Support brut E1)

5.3 Echantillon 11/2727R/2

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	71	TE
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	24	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	30	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	15	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	12	spécifique

Tableau 7 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/2 (PPSM 65 g/m^2 / support E1)

5.4 Echantillon 11/2727R/3

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	62	TE
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	27	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	20	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	19	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	12	spécifique

Tableau 8 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/3 (PPSM 65 g/m^2 avec 4 trous de perçage de 8 mm de diamètre et un grand chant non recouvert / support E1)

5.5 Echantillon 11/2727R/4

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	57	TE
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	25	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	18	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	23	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	12	spécifique

Tableau 9 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/4 (PPSM 125 g/m^2 / support E1)

5.6 Echantillon 11/2727R/5

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	86	TE
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	76	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	51	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	43	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	13	spécifique

Tableau 10 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/5 (Support E1 avec placage chêne)

5.7 Echantillon 11/2727R/6

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	41	TE
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	13	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	23	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	6,6	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	12	spécifique

Tableau 11 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/6 (Support E1 stratifié)

5.8 Echantillon 11/2727R/7

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	51	TE
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	22	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	24	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	9,1	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	13	spécifique

Tableau 12 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/7 (Support E1 avec un placage érable)

5.9 Echantillon 11/2727R/8

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	35	TE
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	9,5	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	14	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	32	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	13	spécifique

Tableau 13 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/8 (Support E1 avec finish foil non verni)

5.10 Echantillon 11/2727R/9

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	290	Σ
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	64	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	23	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	42	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	17	spécifique

Tableau 14 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/9 (Support CARB P2)

5.11 Echantillon 11/2727R/10

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	60	Σ
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	15	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	27	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	3,0	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	4,9	spécifique

Tableau 15 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/10 (PPSM 65 g/m^2 / Support CARB P2)

5.12 Echantillon 10/2727R/11

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	86	Σ
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	27	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	28	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	8,0	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	10	spécifique

Tableau 16 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/11 (PPSM 125 g/m^2 / Support CARB P2)

5.13 Echantillon 11/2727R/12

Composés	N° CAS	28 jours	Etalonnage
COV (NF ISO 16000-6)			
COVT	-	125	Σ
toluène	108-88-3	ND	spécifique
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	spécifique
éthylbenzène	100-41-4	ND	spécifique
m-xylène	108-38-3	ND	spécifique
p-xylène	106-42-3	ND	spécifique
styrène	100-42-5	ND	spécifique
o-xylène	95-47-6	ND	spécifique
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	spécifique
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	spécifique
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	spécifique
hexanal	66-25-1	30	spécifique
alpha-pinène	80-56-8	31	spécifique
ALDEHYDES (NF ISO 16000-3)			
formaldéhyde	50-00-0	7,5	spécifique
acétaldéhyde	108-62-3	9,7	spécifique

Tableau 17 : Facteurs d'émission spécifiques ($\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{h}$) des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 11/2727R/12 (PPSM 65 g/m^2 avec 4 trous de perçage de 8 mm de diamètre et un grand chant non recouvert / CARB P2)

6. DISCUSSION

Les résultats ont été discutés selon 2 objectifs :

- hiérarchiser les revêtements selon leur effet barrière aux émissions de formaldéhyde et de COV (composés naturels du bois) et selon le type de support (E1, CARB P2)
- comparer les résultats (concentrations d'exposition) avec 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

6.1 Composés identifiés

La grande majorité des substances volatiles listées dans l'arrêté du 19 avril 2011 n'a pas été détectée lors de ces essais d'émission : toluène, tétrachloroéthylène, xylènes (o, m, p), 1,2,4-triméthylbenzène, 1,4-dichlorobenzène, éthylbenzène, 2-butoxyéthanol, styrène.

Seuls le formaldéhyde et l'acétaldéhyde ont montré des niveaux d'émission dépassant les seuils de quantification analytique, soit $1 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$:

- Facteurs d'émission spécifiques (SER) compris entre 3 et $107 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ pour le formaldéhyde
- Facteurs d'émission spécifiques (SER) compris entre 4,9 et $17 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ pour l'acétaldéhyde

L'acétaldéhyde a été détecté dans tous les échantillons testés mais les niveaux d'émission restent faibles (SER moyen de $12 \pm 3 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$). Cet aldéhyde peut provenir de la colle mais il est parfois cité comme composé naturel du bois. Les résultats indiquent des émissions relativement reproductibles, que le support soit brut ou revêtu. Son émission ne semble donc pas être stoppée par le revêtement appliqué sur le support.

Parmi les substances volatiles à rechercher selon l'arrêté du 19 avril 2011, seul le formaldéhyde influence l'interprétation des résultats. Ce composé a été identifié dans tous les panneaux mais à des niveaux d'émission très variables selon le type de colle (E1, CARB P2) et de revêtement.

La mesure des COVT englobe tous les composés volatils émis et mesurés selon les conditions de la norme **NF ISO 16000-6**. Les niveaux d'émission mesurés restent relativement faibles (SER compris entre 35 et $131 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$), malgré la présence d'un support brut majoritairement résineux.

Cet indice n'inclut pas les composés carbonylés de faible poids moléculaire mesurés selon la norme **NF ISO 16000-3** (formaldéhyde, acétaldéhyde). Il reflète aussi bien les émissions de substances volatiles provenant des adjuvants que tous les composés naturels du bois susceptibles d'être émis. En particulier, les COV naturels du bois peuvent être classés selon deux grandes catégories :

- Les composés dits « extractibles » : ce sont les terpènes, COV spécifiques des essences résineuses, et plus particulièrement les monoterpènes (alpha-pinène, bêta-pinène, 3-carène, limonène)

L'alpha-pinène reste le composé majoritaire, en particulier dans le pin maritime, essence résineuse majoritaire des supports retenus (E1, CARB P2).

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

Cette dégradation peut entraîner la formation de composés oxygénés. Les composés majoritaires font partie de la famille des acides carboxyliques (acide acétique, acide hexanoïque) et des aldéhydes (hexanal).

Les différents essais confirment la présence des deux composés retenus comme traceurs des essences résineuses : alpha-pinène (SER entre 14 et 51 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$), hexanal (SER entre 9,5 et 76 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$). Par contre, les niveaux d'émission en alpha-pinène restent relativement faibles, malgré des supports bruts fabriqués à partir d'essences majoritairement résineuses (pin maritime).

Ces résultats confirment les premières données obtenues dans le cadre de l'étude « UIPP ISO 16000 »¹. En effet, l'alpha-pinène a montré des facteurs d'émission spécifiques compris entre 9 et 43 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ pour 6 panneaux de particules bruts, et entre 12 et 88 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ pour 6 PPSM fabriqués à partir de ces supports (grammages compris entre 65 et 80 g/m^2).

Par contre, ils sont discordants avec les études qui mesurent les émissions en terpènes des bois massifs résineux, en particulier sur le pin sylvestre et le pin maritime. Le procédé de fabrication des panneaux de particules semble donc modifier la nature et le niveau d'émission de ces composés volatils « extractibles ».

Ainsi, les essais réalisés à FCBA en chambre d'essai d'émission sur des lambris en pin sylvestre et en pin maritime selon la série de normes ISO 16000 ont confirmé la prépondérance de l'alpha-pinène après 28 jours d'essai². Les niveaux d'émission sont plus élevés (324 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ pour le pin maritime et 336 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ pour le pin sylvestre). Au cours de ces essais, aucune différence significative n'avait été mise en évidence entre les deux essences de bois.

Une autre étude sur du pin sylvestre (origine Suède) a montré des facteurs d'émission spécifiques en alpha-pinène nettement plus significatifs (SER compris entre 2012 et 6496 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ après 28 jours d'essai selon la norme **ISO 16000-10**³. Englund (1999) a montré que de nombreux paramètres pouvaient influencer le niveau d'émission en terpènes :

- l'humidité du bois (les émissions en COV sont beaucoup plus élevées dans le bois vert que dans le bois sec)
- la pression de vapeur saturante du bois
- la distribution des COV dans une matrice non homogène (les émissions totales de COV sont plus élevées dans le bois parfait que dans l'aubier)
- le coefficient de diffusion de chaque COV
- le micro climat du lieu dans lequel l'arbre a poussé
- les conditions dans lesquelles l'arbre a poussé tel que les apports en nutriments
- les facteurs génétiques
- la période du sciage et les conditions de séchage

6.2 Influence du support

Le premier paramètre d'influence étudié est la nature du support. Pour cela, deux types de PPSM (65 et 125 g/m^2) ont été fabriqués à partir de panneaux de particules E1 et CARB P2. L'intérêt était de mettre en évidence l'influence du support sur le niveau d'émission en formaldéhyde et en COVT.

Comme attendu, les niveaux d'émission en formaldéhyde varient de façon significative selon le type de support (Figure 12).

¹ Etude Codifab « UIPP ISO 16000 », Caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par des panneaux à base de bois représentatifs des productions françaises, avril 2013

² Yriéix 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

³ Englund F. (1999), Emissions of volatile organic compounds from wood, Tråtek, rapport I 9901001, 29 pp

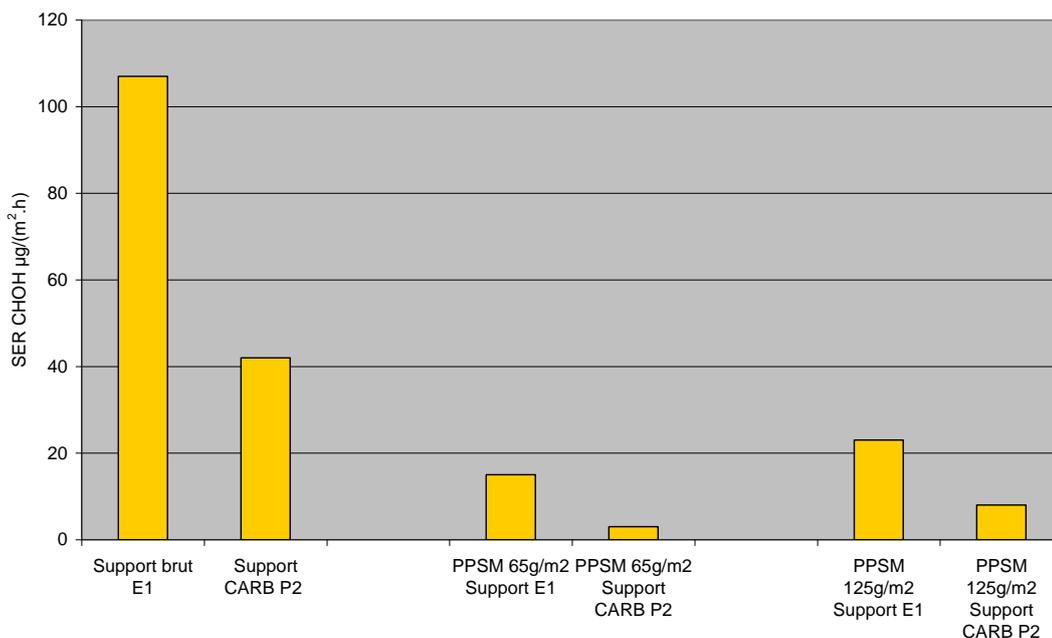


Figure 12 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en formaldéhyde (CHOH) selon le type de support

Par contre, les différences entre facteurs d'émission spécifiques sont nettement moins marquées pour les COVT (Figure 13).

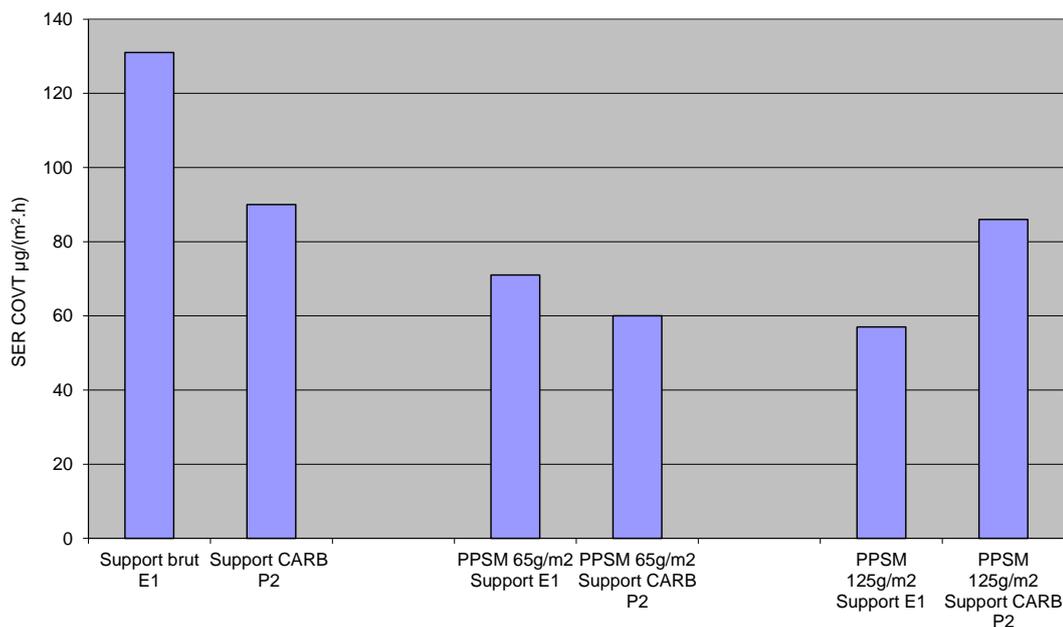


Figure 13 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en COVT selon le type de support

Les rapports « E1 / CARB P2 » ont montré une diminution de l'émission de formaldéhyde d'un facteur 2,5 (panneau brut) à 5,0 (PPSM 65 g/m²). Le résultat sur le PPSM 125 g/m² se rapproche plutôt de celui obtenu pour le support brut, soit un rapport « E1 / CARB P2 » de 2,9 (Tableau 18).

Type de support	SER support brut	Rapport E1/CARB P2	SER grammage 65 g/m ²	Rapport E1/CARB P2	SER grammage 125 g/m ²	Ratio E1/CARB P2
Support E1	107 µg/m ² h	2,5	15 µg/m ² h	5,0	23 µg/m ² h	2,9
Support CARB P2	42 µg/m ² h		3,0 µg/m ² h		8,0 µg/m ² h	

Tableau 18 : Rapport « E1 / CARB P2 » des facteurs d'émission spécifiques (SER) en formaldéhyde pour les 3 types de panneau

Pour les COVT, les rapports « E1 / CARB P2 » varient de 0,7 (PPSM 125 g/m²) à 1,5 (support brut) (Tableau 19). Ces résultats confirment que le support, à épaisseur égale, n'a aucune influence sur l'émission de composés naturels du bois.

Type de support	SER support brut	Rapport E1/CARB P2	SER grammage 65 g/m ²	Rapport E1/CARB P2	SER grammage 125 g/m ²	Rapport E1/CARB P2
Support E1	131 µg/m ² h	1,5	71 µg/m ² h	1,2	57 µg/m ² h	0,7
Support CARB P2	90 µg/m ² h		60 µg/m ² h		86 µg/m ² h	

Tableau 19 : Rapport « E1 / CARB P2 » des facteurs d'émission spécifiques (SER) en COVT pour les 3 types de panneau

6.3 Influence du grammage du PPSM

L'influence du grammage du PPSM a été étudiée pour chaque type de support (E1, CARB P2). Deux grammages ont été retenus afin d'englober une large gamme de feuilles de papier imprégnées de mélamine :

- Valeur basse : grammage du papier à 65 g/m²
- Valeur haute : grammage du papier à 125 g/m²

Les facteurs d'émission spécifiques en formaldéhyde sont présentés sur la Figure 14. Quel que soit le type de support, les résultats montrent un niveau d'émission après 28 jours d'essai en chambre d'émission plus basse pour le faible grammage :

- A partir du support E1, SER de 15 µg/m²h pour le PPSM 65 g/m² et de 23 µg/m²h pour le PPSM 125 g/m²
- A partir du support CARB P2, SER de 3 µg/m²h pour le PPSM 65 g/m² et de 8 µg/m²h pour le PPSM 125 g/m²

L'effet barrière au formaldéhyde semble donc plus significatif pour la feuille de papier imprégnée de mélamine à 65 g/m² :

- Réduction de l'émission de formaldéhyde entre 86 et 93 % pour le PPSM 65 g/m² en comparaison du support brut
- Réduction de l'émission de formaldéhyde entre 79 et 81 % pour le PPSM 125 g/m² en comparaison du support brut

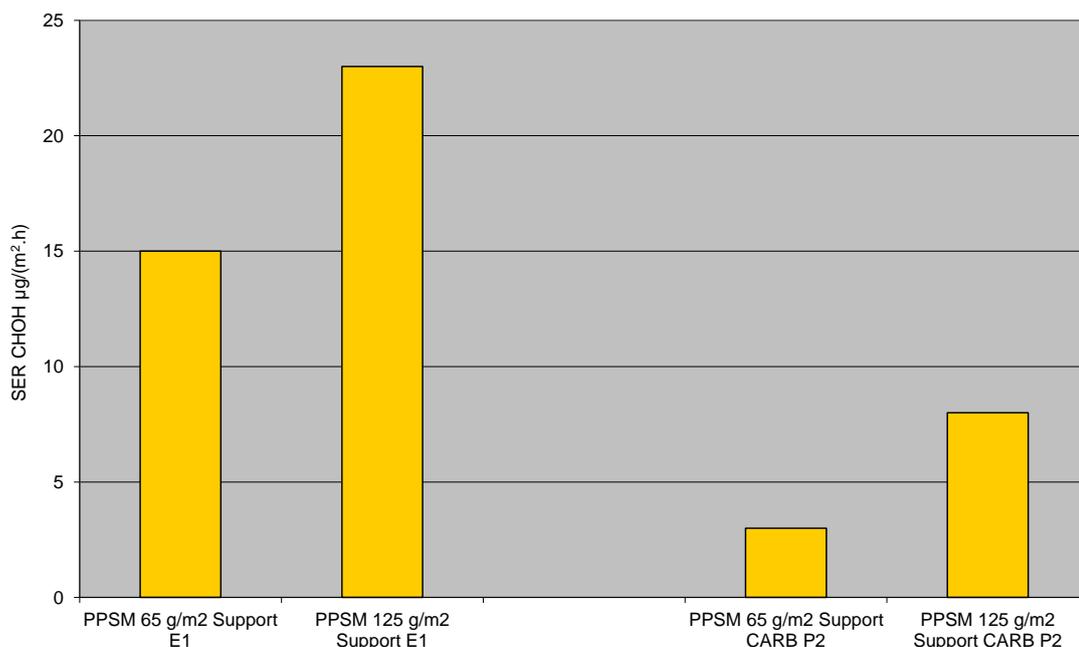


Figure 14 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en formaldéhyde (CHOH) selon le grammage de la feuille de papier imprégnée de mélamine

A priori, un résultat inverse était attendu. En effet, il est admis que l'effet barrière est étroitement lié à l'épaisseur du revêtement de surface. Ceci a d'ailleurs été démontré pour des panneaux revêtus avec des placages bois ou finis avec différents grammages de peintures⁴. Par contre, l'influence de l'épaisseur de la feuille de papier sur l'émission de formaldéhyde n'a pas fait l'objet de comparaisons systématiques. Une seule étude publiée en 2006 a montré l'effet barrière pour des PPSM à 75 et 130 g/m² mais a conclu à un blocage complet de l'émission de formaldéhyde (réduction de 100%) quel que soit le grammage appliqué⁵.

Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer cet écart selon le grammage du PPSM (65 et 125 g/m²). Elles sont liées à la composition de la feuille de papier imprégnée de mélamine et au procédé de fabrication :

- Epaisseur et porosité de la feuille de papier
- Niveau d'émission en formaldéhyde de la feuille de papier non imprégnée (influence des produits recyclés)
- Taux d'encollage du papier
- Température de cuisson
- Durée de pressage

La première hypothèse retenue est liée à la composition de la feuille de papier avant son imprégnation. Plusieurs paramètres pourraient influencer l'effet barrière au formaldéhyde (teneur en fibres ou en lignine jouant sur sa porosité, charges minérales pouvant capter le formaldéhyde).

La composition fibreuse du papier (pâtes mécaniques, pâtes chimiques écruées ou blanchies), ou la présence de papiers recyclés sans aucune traçabilité sur leur provenance et leur fabrication, sont d'autres paramètres pouvant amener un niveau d'émission en formaldéhyde non négligeable.

⁴ A. Barry and D. Corneau, Effectiveness of barriers to minimize VOC emissions including formaldehyde, Forest Product Journal, vol. 56, n° 9, 2006

⁵ A. Barry, Effectiveness of barriers to minimize VOC, FP Innovations – Forintek, Value to wood, April 2008

Une autre hypothèse est plutôt à relier à l'étape de fabrication du PPSM. En particulier, le taux d'encollage du papier varie très sensiblement entre les deux grammages. Pour un grammage de 125 g/m², la totalité du formaldéhyde n'a peut-être pas complètement réagi avec la mélamine. D'autre part, les paramètres de fabrication (température et durée de pressage) ne sont peut-être pas suffisants pour atteindre une réticulation complète.

Pour valider cette seconde hypothèse, une étude complémentaire a été réalisée en collant deux feuilles de papier imprégnées de mélamine l'une sur l'autre selon le procédé de fabrication des PPSM (température de cuisson, temps de pressage). Un échantillon a été fabriqué pour les deux types de grammage (65 et 125 g/m²).

L'essai a consisté à pré-conditionner chaque échantillon pendant 7 jours à 23 ± 2°C et 50 ± 5% puis à mesurer les émissions de formaldéhyde selon la norme **NF EN ISO 16000-9** après 3 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission (mesure du formaldéhyde selon la norme **NF ISO 16000-3**). Les résultats sont présentés dans le Tableau 20.

Type de feuille	SER
Grammage 65 g/m ²	1,5 µg/m ² h
Grammage 125 g/m ²	3,8 µg/m ² h

Tableau 20 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en formaldéhyde des 2 feuilles de papier imprégnées de mélamine collées entre elles

Les facteurs d'émission spécifiques obtenus sont trop faibles pour être réellement significatifs. Toutefois, les feuilles de papier imprégnées à 125 g/m² et collées entre elles ont montré des niveaux d'émission supérieurs. Le taux d'encollage et le procédé de fabrication peuvent donc être considérés comme des paramètres d'influence.

Un autre essai a consisté à coller ces mêmes feuilles de papier sur un support inerte, c'est-à-dire théoriquement non émissif. Une feuille de carton a été retenue. L'essai a été réalisé selon le même protocole que celui envisagé pour les deux feuilles de papier collées entre elles. Les résultats n'ont pas été concluants, le carton seul émettant près de 20 µg/m²h après 3 jours d'essai. L'origine du carton n'était pas tracé et l'utilisation de papiers recyclés a probablement apporter une quantité non négligeable de formaldéhyde.

De leur côté, les résultats sur les feuilles de papier collées sur le carton ont montré des facteurs d'émission spécifiques différents selon le type de grammage (respectivement, 34 µg/m²h pour le grammage 65 g/m² et 64 µg/m²h pour le grammage 125 g/m²). Ces résultats pourraient confirmer l'orientation des résultats sur les PPSM. Toutefois, le carton présente le désavantage d'absorber en profondeur la colle. Comme le taux d'encollage est plus élevé pour le papier à 125 g/m², le taux d'émission plus élevé pourrait être en partie lié à ce phénomène « d'éponge ». Dans ces conditions, les résultats n'ont pas été validés et un autre support a été recherché. L'idée d'un panneau de fibres dures exempt de formaldéhyde a été retenue pour une nouvelle étude (étude « Effet barrière CHOH 2 »).

Une dernière hypothèse vient de la durée de conditionnement en chambre d'essai d'émission, soit 28 jours. Le niveau d'émission en formaldéhyde potentiellement « libre » aurait dû devenir négligeable au moment du prélèvement (émission complète dans les premiers jours), sauf si le revêtement entraîne une diminution significative de sa cinétique d'émission.

D'autre part, un seul point de mesure de l'émission de formaldéhyde a été réalisé après 28 jours d'essai selon la norme **NF EN ISO 16000-9**. Dans ces conditions, cet « instantané » pris après 28 jours d'essai ne reflète en aucun cas la cinétique d'émission sur plusieurs mois.

Pour illustrer cette hypothèse, des cinétiques d'émission théoriques ont été représentées sur la Figure 15 pour 2 PPSM fabriqués à partir d'un même support mais avec deux grammages différents (65 et 125 g/m²).

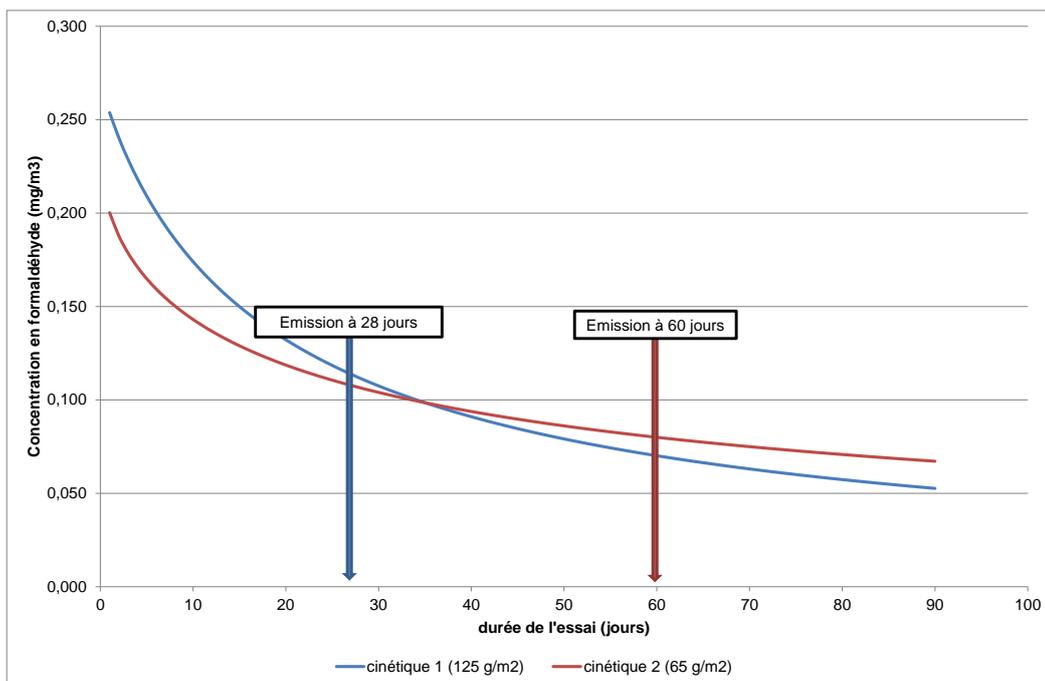


Figure 15 : Représentation graphique de cinétiques d'émission en formaldéhyde selon le grammage de la feuille de papier imprégnée de mélamine

Sur la Figure 15, le PPSM à 65 g/m² présente un niveau d'émission en formaldéhyde plus faible que celui à 125 g/m² après 28 jours d'essai. Par contre, sa cinétique d'émission montre une courbe de décroissance exponentielle moins prononcée. Après 34 jours d'essai, les courbes se croisent et à partir de cette date, le PPSM à 125 g/m² montre une concentration en formaldéhyde inférieure au PPSM à 65 g/m².

Cette étude de cas pourrait s'appliquer à nos essais sur les 2 PPSM. En effet, la diffusion du formaldéhyde à travers une feuille de papier présentant un grammage plus élevé pourrait entraîner une cinétique plus lente, se traduisant par :

- Une élimination du formaldéhyde libre plus longue
- Une reprise en humidité plus lente du support brut dans les conditions d'essai (23°C et 50%)
- Après stabilisation du panneau, une cinétique de diffusion ralentie par l'effet barrière du revêtement

Ces premiers résultats ont été reproduits sur deux supports différents (E1, CARB P2) et ne semblent donc pas le seul fait des incertitudes de mesure de la méthode ou de l'hétérogénéité des échantillons prélevés. Il convient donc de réaliser des études préalables sur la feuille de papier avant et après imprégnation afin d'identifier les paramètres pouvant influencer l'émission de formaldéhyde :

- Caractéristiques physico-chimiques de la feuille de papier non imprégnée
- Vitesse de diffusion du formaldéhyde à travers la feuille imprégnée de mélamine

Barry (2008) a également étudié la diminution dans le temps de l'émission du formaldéhyde, en comparant des panneaux revêtus à leurs supports bruts. Les deux séries de produits étaient constituées de supports bruts avec des niveaux initiaux d'émission élevés (panneau MDF – Figure 16a) et plus faibles (panneau de particules – Figure 16b).

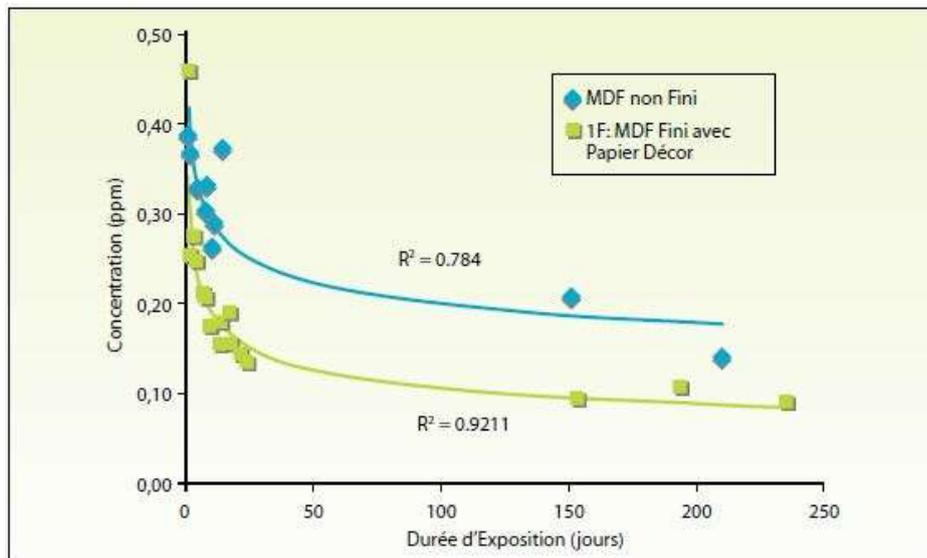


Figure 16a : Diminution de l'émission du formaldéhyde par application d'un revêtement (papier décor) sur un panneau MDF (d'après [5])

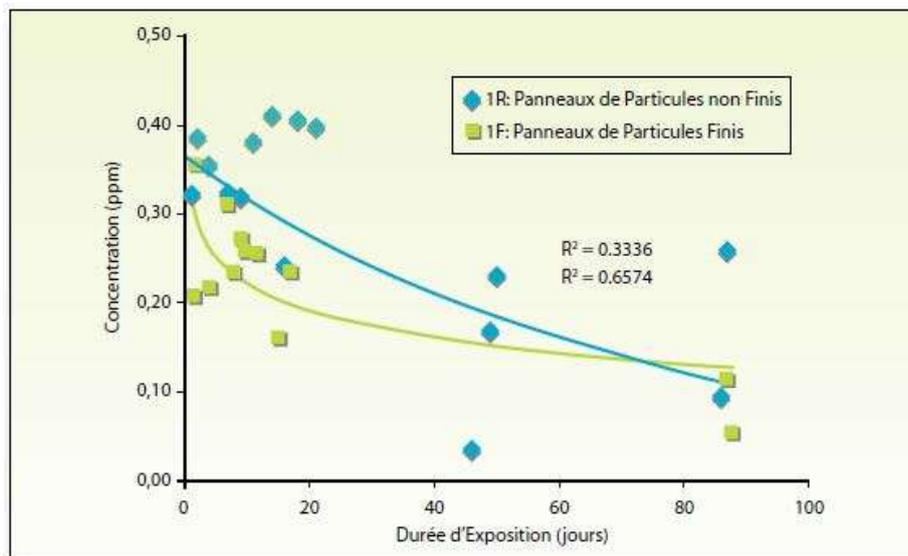


Figure 16b : Diminution de l'émission du formaldéhyde par application d'un revêtement sur un panneau de particules (d'après [5])

La Figure 16a montre que les deux types de panneaux (MDF brut et revêtu avec un papier décor) présentent des courbes exponentielles d'émission de formaldéhyde similaires. Par contre, les courbes de décroissance observées pour le panneau de particules se croisent après 70 jours d'essai (Figure 16). Ce dernier résultat a tendance à confirmer l'hypothèse formulée sur la différence de cinétique entre les types de revêtement, même si la nature de la finition n'est pas précisée dans cette étude.

Par ailleurs, le facteur de réduction de l'émission liée à l'effet barrière des revêtements solides au formaldéhyde est conforme à d'autres études⁴. En effet, A. Barry and D. Corneau (2006) ont montré une efficacité de réduction de 93% lorsqu'un panneau de particules de 19 mm est revêtu d'une feuille imprégnée de mélamine à 80 g/m².

Ces résultats sont aussi à rapprocher d'essais réalisés sur des PPSM provenant de différents supports (E1, « 4 mg », CARB P2) et présentant un grammage compris entre 60 et 80 g/m² (Tableau 21)¹.

Fabricant	Type de produit	SER formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Facteur de réduction (%)	SER COVT ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Facteur de réduction (%)
2	Support E1 19 mm	60	96	215	89
	PPSM 70 g/m^2	2,5		23	
3	Support 4 mg 19 mm	75	95	263	40
	PPSM 65 g/m^2	4		159	
5	Support 4 mg 20 mm	50	90	408	84
	PPSM 65 g/m^2	5		65	
6	Support CARB P2 18 mm	20	80	135	63
	PPSM 80 g/m^2	4,1		50	
8	Support CARB P2 18 mm	34	86	910	83
	PPSM 75 g/m^2	4,7		157	
9	Support 4 mg 19 mm	115	90	719	61
	PPSM 65 g/m^2	12		280	

Tableau 21 : Facteurs de réduction de l'émission de formaldéhyde et de COVT en fonction du type de PPSM et de support (d'après [1])

En effet, les facteurs de réduction varient entre 80 et 96 % selon le type de support. Ce sont les deux PPSM fabriqués à partir de supports CARB P2 qui présentent les réductions les plus faibles (80-86%). Ce constat peut aussi être fait pour les PPSM présentant les grammages les plus élevés (75 et 80 g/m^2).

Par contre, les résultats ne montrent pas de diminution significative de l'émission en COVT selon la nature du grammage. En effet, la réduction de l'émission en COVT varie de 4 à 61 % selon le type de grammage pour des facteurs d'émission spécifiques compris entre 57 et 86 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ pour les PPSM et entre 90 et 131 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ pour les supports bruts (Tableau 22).

Type de produit	SER COVT ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Facteur de réduction (%)	SER hexanal ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Facteur de réduction (%)	SER alpha-pinène ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Facteur de réduction (%)
Support E1	131	-	48	-	24	-
PPSM 65 g/m^2 / Support E1	71	61	24	50	30	-25
PPSM 125 g/m^2 / Support E1	57	56	25	48	18	25
Support CARB P2	90	-	64	-	23	-
PPSM 65 g/m^2 / Support CARB P2	60	33	15	77	27	-17
PPSM 125 g/m^2 / Support CARB P2	86	4	27	58	28	-22

Tableau 22 : Facteurs de réduction de l'émission en COVT, hexanal et alpha-pinène en fonction du type de PPSM (les pourcentages négatifs indiquent une augmentation de l'émission après application du revêtement)

Ces faibles facteurs de réduction peuvent résulter de l'effet barrière des feuilles de papier imprégnées de mélamine au composés naturels du bois mais il faut tenir compte de l'hétérogénéité du matériau et des incertitudes analytiques qui peuvent faire varier les résultats de près de 40%.

Ils peuvent être comparés aux facteurs de réduction calculés à partir des résultats de l'étude « UIPP ISO 16000 » (Tableau 21). Les pourcentages obtenus pour 6 fabricants représentatifs de la production française sont compris entre 40 et 89%. Les facteurs de réduction sont globalement plus élevés que ceux obtenus lors de cette étude.

De son côté, Barry (2008)⁵ a montré des facteurs de réduction se rapprochant plutôt de l'étude « UIPP ISO 16000 ». En effet, les ratios obtenus montrent des facteurs de réduction de 90% pour un PPSM à 110 g/m² et de 81% pour un PPSM à 70 g/m².

Parmi les substances volatiles spécifiquement recherchées, deux composés avaient été retenus comme traceurs des composés naturels du bois (alpha-pinène, hexanal). Leurs facteurs de réduction de l'émission liée à l'effet barrière des revêtements solides sont présentés dans le Tableau 22.

Les facteurs de réduction obtenus pour l'hexanal sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus pour les COVT (entre 48 et 77%). Ce composé volatil issu de la dégradation thermique des macromolécules du bois se caractérise donc comme un bon traceur de l'effet barrière au COVT pour des PPSM fabriqués à partir de supports majoritairement résineux.

Par contre, les mesures sur les PPSM ne montrent pas de diminution significative de l'émission en alpha-pinène, composé pourtant spécifique des essences résineuses et majoritairement présent dans le pin maritime. En effet, l'application d'une feuille de papier imprégnée de mélamine sur le support brut a entraîné l'effet inverse pour 3 PPSM, soit une augmentation de près de 20% de l'émission d'alpha-pinène.

Ce constat avait déjà été mis en évidence lors de l'étude « UIPP ISO 16000 » (Tableau 23).

Fabricant	Désignation	SER en alpha-pinène (µg/m ² h)	Facteur de réduction (%)	SER en hexanal (µg/m ² h)	Facteur de réduction (%)
Fabricant 2 2/3 feuillu 1/3 résineux	PP E1 19 mm	9,0	-33	71	96
	PPSM 70 g/m ²	12		3,2	
Fabricant 3 majoritairement résineux / 40% recyclé	PP 4 mg 19 mm	23	-17	40	100
	PPSM 65 g/m ²	27		Non détecté	
Fabricant 5 100% résineux	PP 4 mg 20 mm	43	28	104	93
	PPSM 65 g/m ²	31		7,5	
Fabricant 6 mix feuillu / résineux, partie recyclée 50-55% (100% résineux)	PP CARB P2 18 mm	9,0	-233	31	89
	PPSM 80 g/m ²	30		3,5	
Fabricant 8 36% plaquettes / 34% feuillu / 30% recyclé	PP CARB P2 18 mm	11	-155	143	78
	PPSM 80 g/m ²	28		32	
Fabricant 9 70% feuillu / 30% résineux, 15% de bois recyclé	PP 4 mg 19 mm	43	-105	226	77
	PPSM 65 g/m ²	88		53	

Tableau 23 : Facteurs de réduction de l'émission en COV naturels du bois des panneaux de particules bruts et PPSM (d'après [1])

En effet, les facteurs de réduction varient pour l'hexanal de 77% (PPSM 65 g/m² Fabricant 9) à 100% (PPSM 65 g/m² Fabricant 3). Ces résultats sont plus élevés que ceux obtenus pour l'étude « Effet barrière CHOH » mais ils montrent toujours un effet barrière significatif du revêtement.

Pour l'alpha-pinène, seul un essai (PPSM 65 g/m² Fabricant 5) a montré un effet barrière du revêtement (diminution de 28%). Pour les autres essais, la mesure des émissions en alpha-pinène à partir des PPSM a toujours montré un facteur d'émission spécifique après 28 jours d'essai supérieur à celui du support brut.

6.4 Influence du perçage du PPSM

L'influence du perçage de 4 trous de 8 mm de diamètre et d'un grand chant non colmaté (40% du total des chants non recouvert par un ruban adhésif aluminium non émissif) a été étudiée sur les PPSM 65 g/m² (Figure 17). Les deux types de support ont été étudiés (E1, CARB P2).

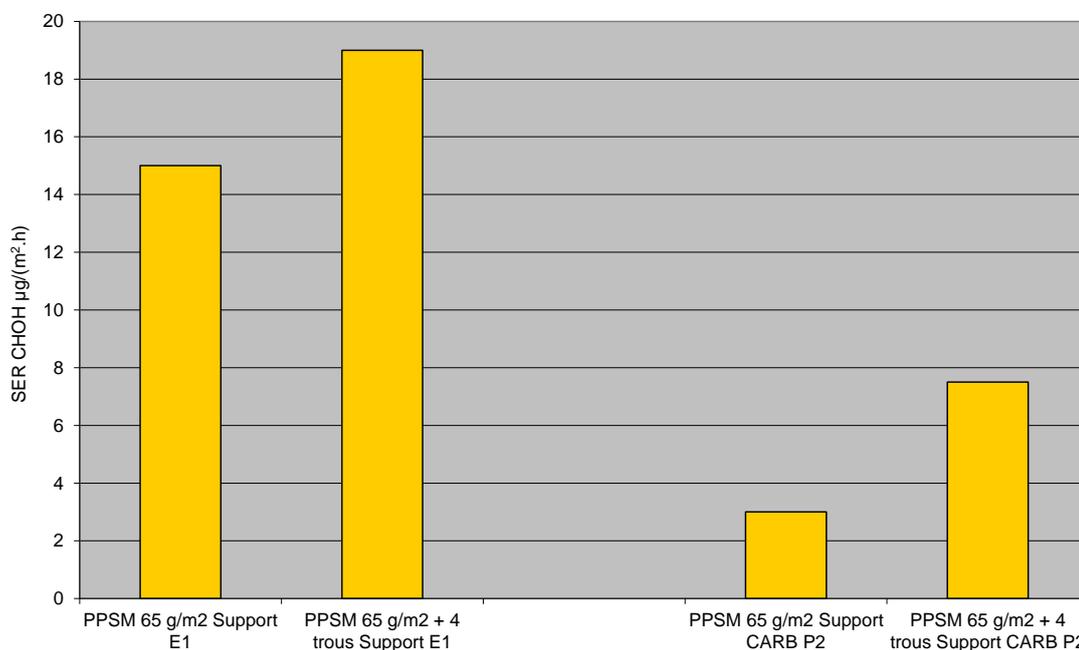


Figure 17 : Influence du perçage sur les facteurs d'émission spécifiques (SER) en formaldéhyde (CHOH)

Les facteurs d'émission spécifiques en formaldéhyde montrent une augmentation de 27 % pour le PPSM fabriqué à partir du support E1 et d'un facteur de 2,5 pour le PPSM fabriqué à partir du support CARB P2. Ces écarts restent significatifs et montrent l'influence cumulée du perçage et de la présence d'un chant non colmaté.

Par contre, le support brut le plus émissif en formaldéhyde (support E1) aurait dû montrer une augmentation de l'émission plus significative que le support CARB P2. En effet, la présence de perçages et d'un grand chant ouvert aurait dû favoriser l'émission de formaldéhyde à partir des parties non scellées du support. Ce constat pourrait être renforcé par l'existence d'une différence de granulométrie sur l'épaisseur du support (particules de bois plus grossières au centre du panneau).

Une étude⁶ avait déjà montré l'effet des usinages sur des supports E2 (Figure 18). L'effet du revêtement des chants et la présence de perforations de différents diamètres avait été étudiée. Dans le cas d'un support excessivement émissif, les résultats confirment l'influence des perçages et du revêtement des chants pour un PPSM 80 g/m².

Ce constat est nettement moins certain pour des supports E1 ou CARB P2. Toutefois, il conviendrait de réitérer ce type d'essais afin de confirmer la contribution réelle des perçages et des chants non recouverts sur l'émission de formaldéhyde.

⁶ Zanetti M., Gaillard J.M., Labat G., Formabiblio, Etude bibliographique sur les émissions de formaldéhyde des bois collés, 31/03/2011

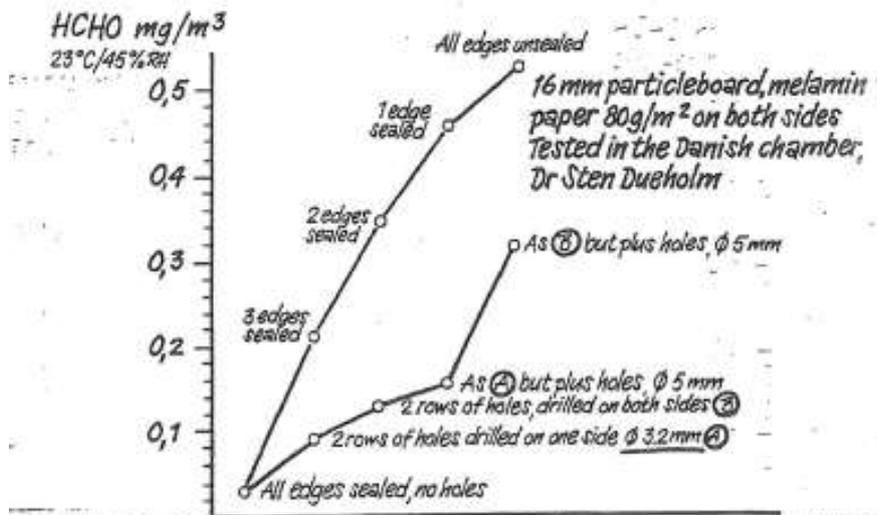


Figure 18 : Emission de formaldéhyde à partir d'un PPSM selon le type de perçage ou de scellement des chants (d'après [6])

6.5 Influence de la nature du revêtement

En plus des feuilles de papier imprégnées de mélamine, d'autres types de revêtement régulièrement rencontrés dans le secteur de l'ameublement ont été retenus pour cette étude : revêtement stratifié (épaisseur 0,8 mm), placages bois à forte porosité (chêne) et à faible porosité (érable), finish foil non verni. Ces revêtements ont été préparés à partir du support E1.

Les facteurs d'émission spécifiques mesurés après 28 jours d'essai en chambre d'émission sont présentés sur la Figure 19 pour le formaldéhyde et sur la Figure 20 pour les COVT.

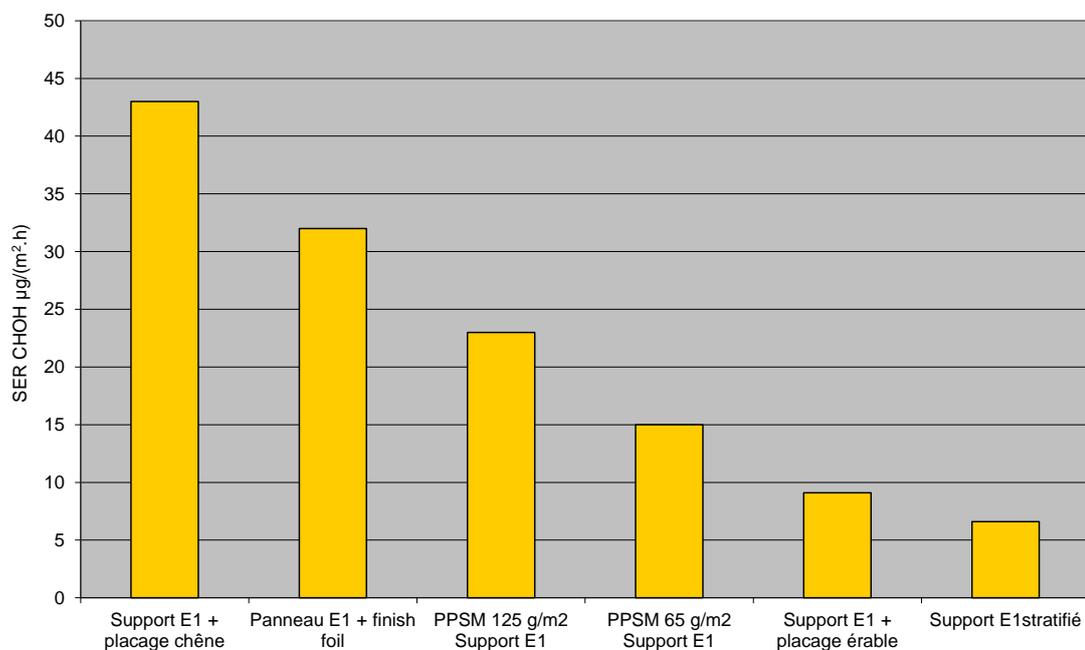


Figure 19 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en formaldéhyde (CHOH) selon le type de revêtement

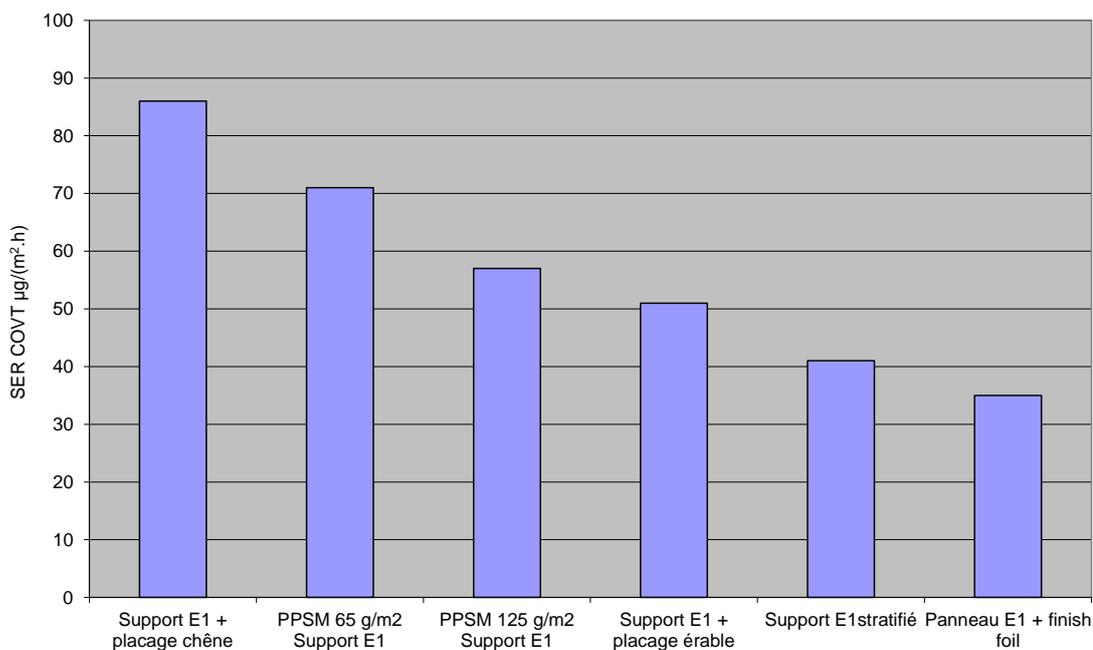


Figure 20 : Facteurs d'émission spécifiques (SER) en COVT selon le type de revêtement

Les facteurs d'émission spécifiques en formaldéhyde varient entre 6,6 µg/m²h (panneau stratifié) et 43 µg/m²h (panneau avec un placage chêne). Les résultats montrent un effet barrière significatif au formaldéhyde mais le niveau de réduction varie selon le type de revêtement (Tableau 24).

Paramètre	Facteur de réduction (%)			
	Formaldéhyde	COVT	Hexanal	Alpha-pinène
Type de revêtement				
PPSM 65 g/m ²	86	61	50	25
PPSM 125 g/m ²	79	56	48	-25
Stratifié	94	73	73	4
Placage érable (faible porosité)	91	69	54	0
Finish foil non verni	70	46	80	43
Placage chêne (forte porosité)	60	34	-58	-113

Tableau 24 : Facteurs de réduction de l'émission de substances volatiles et de COVT en fonction du type de revêtement

Les facteurs de réduction calculés à partir d'un support E1 revêtu avec un stratifié ou un placage érable (essence à faible porosité) sont du même ordre de grandeur que celui obtenu pour le PPSM 65 g/m² (autour de 90%). Les résultats sur le finish foil (non verni) et le placage bois avec une essence à forte porosité (chêne) indiquent un effet barrière moins significatif (entre 60 et 70%).

Les facteurs d'émission spécifiques en COVT sont compris entre 35 µg/m²h (panneau avec un finish foil) et 86 µg/m²h (panneau avec un placage chêne). Les facteurs de réduction sont nettement moins accentués que pour le formaldéhyde, les pourcentages variant seulement de 34% (panneau avec un placage chêne) à 73% (panneau stratifié).

Les facteurs de réduction calculés pour l'hexanal (composé traceur des COV naturels du bois) sont voisins de ceux retrouvés pour les COVT, sauf pour le finish foil et le placage chêne. Ce composé volatil issu de la dégradation thermique des macromolécules du bois se caractérise donc comme un bon traceur de l'effet barrière aux COVT.

Cependant, les résultats sur le placage en chêne, essence pouvant parfois présenter des niveaux d'émission en formaldéhyde significatif, ou sur le finish foil, ne permettent pas de généraliser cette relation directe entre les COVT et l'hexanal à tous les types de revêtements.

Comme pour les PPSM, les autres revêtements ne créent pas d'effet barrière significatif à l'alpha-pinène, composé majoritaire des essences résineuses. Dans la majorité des cas, une augmentation significative du facteur d'émission spécifique est même constatée (Tableau 24).

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

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

Par contre, l'efficacité de barrières utilisées pour réduire les émissions de COV et de formaldéhyde a déjà été étudiée⁵. En 2008, Barry a testé 30 types de finition de panneaux de particules et MDF (finitions liquides, poudre époxy, vinyle, papier phénolique, papier mélamine, papier décoratif). Les procédures d'essai ont suivi la norme ASTM D-5116-97 pour les COVT et la norme ASTM D-6007-96 pour le formaldéhyde. Les résultats sont présentés dans le Tableau 25.

Globalement, les résultats montrent que les revêtements à base de poudre époxy, le papier phénolique et le vinyle permettent de réduire les émissions de formaldéhyde de 99 à presque 100%. D'autres revêtements, comme le papier mélamine ou le papier décoratif permettent d'atteindre un facteur de réduction compris entre 88 et 100%.

L'étude a aussi démontré que les barrières les plus efficaces pour la réduction des émissions de formaldéhyde se sont aussi avérées les plus efficaces pour les COV (entre 96 et 100%). Les facteurs de réduction peuvent aller jusqu'à 90% pour les revêtements stratifiés et les feuilles de papier imprégnées de mélamine.

Ces résultats confirment l'efficacité des barrières solides aux émissions de formaldéhyde venant d'un panneau de particules, même si les essais ne suivent pas toujours les mêmes méthodologies (comme la période de prélèvement du formaldéhyde en chambre d'essai d'émission), et même si les revêtements testés divergent selon les études.

Par contre, les facteurs de réduction des émissions de COVT obtenus dans l'étude « Effet barrière CHOH » sont nettement moins significatifs (réduction jusqu'à 73% quand les 90% sont atteints par l'étude canadienne). De la même façon, les différences dans les méthodologies d'essai et dans les types de revêtements peuvent rajouter certaines variables rendant plus aléatoire cette comparaison.

D'autre part, un seul essai a été réalisé pour chaque type de revêtement. Le nombre d'essais reste donc trop faible pour aboutir à une réponse « statistiquement » fiable pour chaque famille de revêtement. De plus, la variabilité intra- et inter-lots n'a pas été étudiée.

Mill #	Types de matière de finition	Mil	Type de produit	CM2D				TCOV	
				(ppm)	(mg/m ³)	(réduction %)	(µg/m ³)	(% réduction en type de soléno-propane)	
1	1FP : fini en papier, couche de finition à base d'eau, four à gaz	1	1R8	0,27	0,53		84,87		
	2FP : fini en papier, couche de finition à base d'eau, four à gaz		2R8	0,18	0,27		76,38		
2	1FP : Syn Decor stratifié		1FP	0,22	0,32	41	151,53	-79	
	2FP : Vinyle stratifié	2	2FP*	0,24	0,37	-33	116,74	-92	
3	1FP : revêtement de sol (décor et revêtement à base d'oxyde d'aluminium)		1R8	0,34	0,57		373,4		
	2FP : revêtement de sol (décor et revêtement à base d'oxyde d'aluminium)		1FP	0,015	0,02	96	36,8	87	
	1FP : papier recouvrable 30 g classique (cerisier)		2FP	0,02	0,03	94	24,7	81	
4	2FP : stratificateur de marque, revêtement Toppan recouvrable		1R8	0,08	0,11		107,5		
	3FP : stratificateur Hymmen, revêtement Toppan recouvrable avec 6 mils de revêtement UV durci de marque		1FP	0,090	0,090	100	4,8	96	
	4FP : stratificateur de marque, revêtement Toppan recouvrable avec 6 mils de revêtement UV durci de marque		2FP	0,002	0,004	96	4,3	96	
	1FP : Thermofail type Ontario 10 mil	4	1R8	0,10	0,14		474,1		
5	2FP : stratificateur de marque, revêtement Toppan recouvrable		1FP	0,07	0,12	70	307,9	35	
	3FP : stratificateur Hymmen, revêtement Toppan recouvrable avec 6 mils de revêtement UV durci de marque		2FP	0,01	0,01	93	187,9	80	
	4FP : stratificateur de marque, revêtement Toppan recouvrable avec 6 mils de revêtement UV durci de marque		3FP	0,013	0,020	87	193,8	59	
	1FP : Thermofail type Ontario 10 mil		4FP	0,01	0,01	92	76,2	84	
	2FP : Thermofail type érable blanc 12 mil	5	1R8	0,16	0,25		284,7		
6	1FP : face supérieure en bouleau et dos en vinyle, pas testé dos à dos		1FP	0,02	0,02	88	15,2	95	
	2FP : vinyle d'un côté, testé dos à dos avec les faces en vinyles exposées		2FP	0,09	0,09	100	21,3	92	
7	1FP : Maple C ou 1 SPL	6	2R8	0,162	0,28		215,0		
	2FP : Red Oak Cor 1 rotary Red Oak		1R8	0,02	0,03		91,3		
8	1F : 2 mil vinyle Toffe type érable – deux surfaces		1FP	0,00	0,00	100	51,1	0	
	2F : 2 mil MVNA (vinyle) – deux surfaces		2FP	0,01	0,01	96	69,18	68	
9	3F : 2 mil MVNA (surface secondaire brute) – testé dos à dos	7	1R8	0,13	0,19		93,29		
	4F : 2 mil vinyle naturel type érable (surface secondaire brute) – testé dos à dos		1FP*	0,15	0,24	-19	72,16	23	
	5F : vinyle naturel type érable des deux côtés		1R8	0,43	0,56		779,4		
	6F : vinyle type érable des deux côtés (5/8 ")		2R8	0,48	0,58		1169,95		
	7F : vinyle type érable des deux côtés (1/4 ")		3R8	0,48	0,58		817,26		
	8F : vinyle blanc des deux côtés		4R8	0,47	0,57		742,11		
	1F : mélamine (blanc colombe) 130 grammes MP0065		1FP	0,09	0,11	80	342,79	56	
	2F : mélamine (blanc moyen) 75 grammes MB0021		2FP	0,03	0,04	93	247,61	75	
			3FP	0,03	0,04	94	226,71	73	
			4FP	0	0,05	100	47,57	94	
		5R8	0,437	0,53		619,73			
		6R8	0,443	0,69		692,21			
		7R8	0,459	0,67		378,04			
		8R8	0,5	0,5		636,98			
		9FP	0,043	0,07	90	245,99	80		
		4FP	0	0	100	124,75	81		
		1FP*	0,094	0,08	88	496,45	-79		
		8FP	0,021	0,04	90	456,78	35		
		4	1R8	0,078	0,11		422,99		
			1FP	0		100	41,95	90	
			3FP	0		100	82,43	81	

Tableau 25 : Autres exemples de réduction des émissions de formaldéhyde et de COVT en fonction du type de revêtement (d'après [5])

6.6 Comparaison avec l'étiquetage obligatoire des produits de construction

6.6.1 Préambule

En usage conventionnel, les panneaux de particules bruts ne sont pas au contact direct de l'air intérieur. Ce sont des produits semi-finis qui servent de matériau support rentrant dans la fabrication de produits de construction finis (panneaux de particules surfacés mélaminés, portes).

Certains panneaux de particules bruts peuvent aussi servir de dalles de plancher mais ils sont par la suite revêtus (moquette, parquet, revêtement de sol plastique, ...). D'autres panneaux (P5) peuvent rentrer dans l'ossature du bâtiment comme élément de contreventement.

En usage conventionnel, les panneaux de particules bruts ne sont donc pas directement concernés par le décret d'étiquetage n°2011-321 du 23 mars 2011. Seuls les produits finis (panneaux de particules revêtus) seront visés par l'étiquetage des produits de construction sur leurs émissions en polluants volatils. Ils peuvent être utilisés comme cloisons murales ou dalles de plafond. La comparaison des résultats à 28 jours en chambre d'essai d'émission vis-à-vis de l'arrêté du 19 avril 2011 devra donc être réalisée à partir de 2 scénarios : « Murs » et « Sol ou Plafond ».

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.

Les données statistiques d'une étude inter-laboratoires réalisée en 2010 pour mesurer les émissions de formaldéhyde par un panneau de particules selon la série de normes ISO 16000 ont été utilisées pour le calcul de l'incertitude. Les résultats ont montré une fidélité intermédiaire de 17,4% à partir des résultats de six laboratoires européens selon la série de normes ISO 16000⁷. Cet écart type relatif a été retenu comme incertitude de mesure élargie même si dans l'absolu, il conviendrait de le multiplier par 2.

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 retenir une valeur réellement représentative.

6.6.2 Principe général

Le principe des protocoles d'évaluation consiste à transformer les facteurs d'émission spécifiques mesurés dans les chambres d'essai (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 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/m²h pour le scénario « Sol ou Plafond »
- 0,5 m³/m²h pour le scénario « Murs »

Les résultats d'émission de substances volatiles mesurées dans chaque produit testé sont ensuite 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).

Paramètre	Numéro CAS	Classe d'émission			
		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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) et classes d'émission selon l'arrêté du 19 avril 2011

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

⁷ 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 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.

6.6.3 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 le formaldéhyde et les COVT risquent d'influencer le classement des différents panneaux de particules testés. L'acétaldéhyde a été systématiquement identifié mais son niveau d'émission se situe bien en dessous de la classe d'émission A+.

Pour les deux scénarios retenus (« Sol ou Plafond », « Murs »), les concentrations d'exposition ont donc seulement été calculées pour les COVT et le formaldéhyde. Les résultats sont présentés sur la Figure 21 pour les COVT, les Figures 22 (scénario « Sol ou Plafond ») et 23 (scénario « Murs ») pour le formaldéhyde.

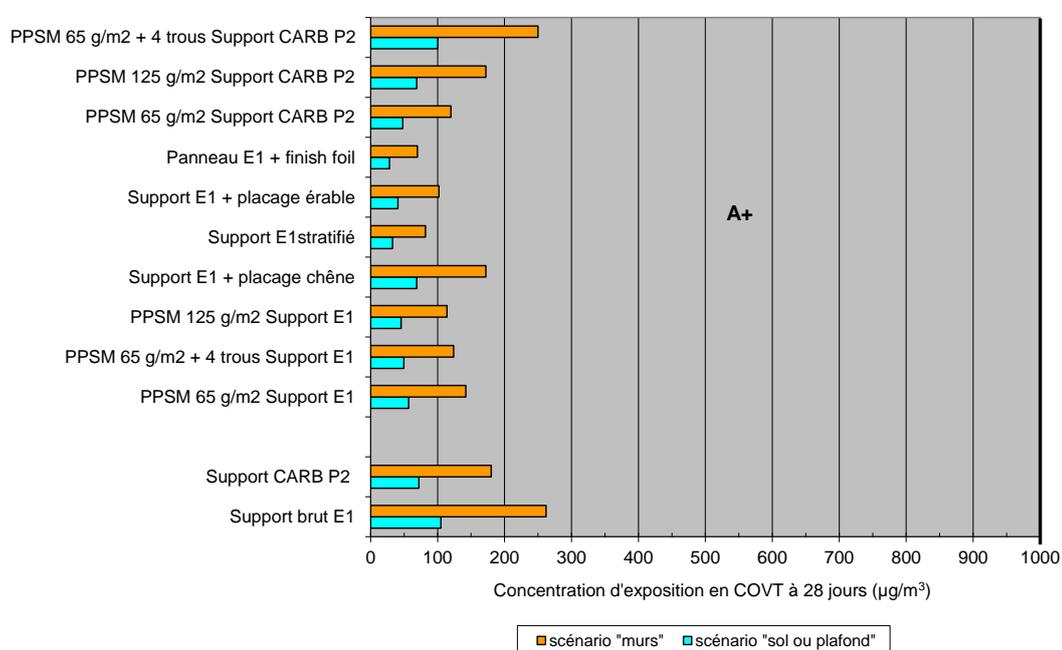


Figure 21 : Application d'un scénario « Murs » et « Sol ou Plafond » aux résultats d'essai en COVT après 28 jours en chambre d'émission

Quel que soit le scénario envisagé, les concentrations d'exposition en COVT se situent en dessous de la limite de la classe A+ (fixée à 1000 µg/m³). En effet, le panneau le plus émissif montre une concentration d'exposition de 262 µg/m³ pour un scénario « Murs » (Support brut E1).

Les concentrations d'exposition en formaldéhyde entraînent un classement différent selon le type de scénario d'exposition envisagé. Pour un scénario « Sol ou Plafond », les classements varient de A+ à B selon le type de support et de revêtement (Figure 22) :

- Classement A+ pour tous les panneaux fabriqués à partir du support CARB P2 (PPSM 125 g/m², PPSM 65 g/m² avec et sans perforations), pour le panneau stratifié et le panneau avec un placage érable fabriqués à partir du support E1
- Classement A pour les PPSM fabriqués à partir du support E1 (PPSM 65 g/m² avec et sans perforations, PPSM 125 g/m²), pour le panneau avec un finish foil non verni et le panneau avec un placage chêne fabriqués à partir du support E1

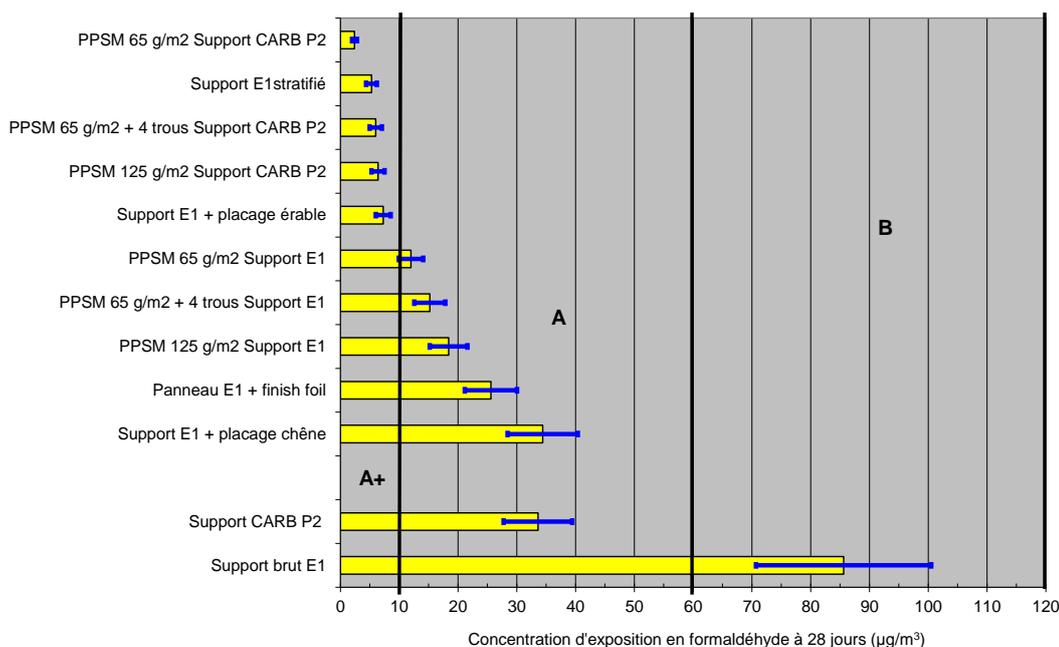


Figure 22 : Application du scénario « Sol ou Plafond » aux résultats d'essai en formaldéhyde après 28 jours en chambre d'émission

D'autre part, les 2 supports bruts sont classés respectivement, A pour le support CARB P2 et B pour le support E1. Ces résultats sont cohérents avec les classements obtenus lors de l'étude « UIPP ISO 16000 »¹.

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 revêtement	Support	Formaldéhyde	COVT	Acéaldéhyde	Autres substances volatiles	Classe d'émission résultante
Stratifié, placage érable	E1	A+	A+	A+	A+	
PPSM 65-125 g/m ²	CARB P2	A+	A+	A+	A+	
PPSM 65-125 g/m ²	E1	A	A+	A+	A+	
Finish foil non verni, placage chêne	E1	A	A+	A+	A+	

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

Quel que soit le type de grammage (de 65 à 125 g/m²), un classement A+ pourrait donc être revendiqué pour un PPSM avec un support CARB P2. Par contre, les PPSM fabriqués à partir du support E1 ne permettent pas de viser la classe A+.

Seuls deux types de panneaux revêtus (stratifié, placage érable retenu comme faiblement poreux) pourraient viser un classement A+, quel que soit le type de support (CARB P2, E1). Les autres revêtements (placage chêne, finish foil non verni) n'ont pas été testés avec un support CARB P2. Il conviendrait de vérifier que ces placages peuvent revendiquer la classe A+ avec ce type de support.

Pour cela, la concentration d'exposition en formaldéhyde a été calculée en multipliant le facteur d'émission spécifique en formaldéhyde du support CARB P2 par le facteur de réduction obtenu pour les revêtements fabriqués avec le support E1. Les résultats indiquent que la classe A+ n'est pas atteinte pour les panneaux avec un placage chêne ou un finish foil non verni (Tableau 28).

Type de revêtement	Support théorique	Concentration d'exposition en formaldéhyde	Classe d'émission résultante
Stratifié	CARB P2	2,0 µg/m ³	
Placage érable	CARB P2	3,0 µg/m ³	
Finish foil non verni	CARB P2	10 µg/m ³	
Placage chêne	CARB P2	13 µg/m ³	

Tableau 28 : Classe d'émission selon un scénario « Sol ou plafond » extrapolée du niveau d'émission du support CARB P2 et du facteur de réduction calculé pour chaque type de revêtement

Le calcul de la concentration d'exposition selon un scénario « Murs » fait globalement passer une classe à tous les produits. Seul le PPSM 65 g/m² sans perforations peut encore revendiquer la classe A+ (Figure 23). Les autres produits fabriqués à partir du support CARB P2 sont classés A. Le panneau stratifié et le panneau avec un placage érable fabriqués à partir du support E1 passent aussi en classe A.

Les PPSM fabriqués à partir du support E1 (PPSM 125 g/m², PPSM 65 g/m² avec et sans perforations) restent en classe A. Par contre, le panneau avec un finish foil non verni et avec un placage chêne fabriqués à partir du support E1, montent d'une classe (B).

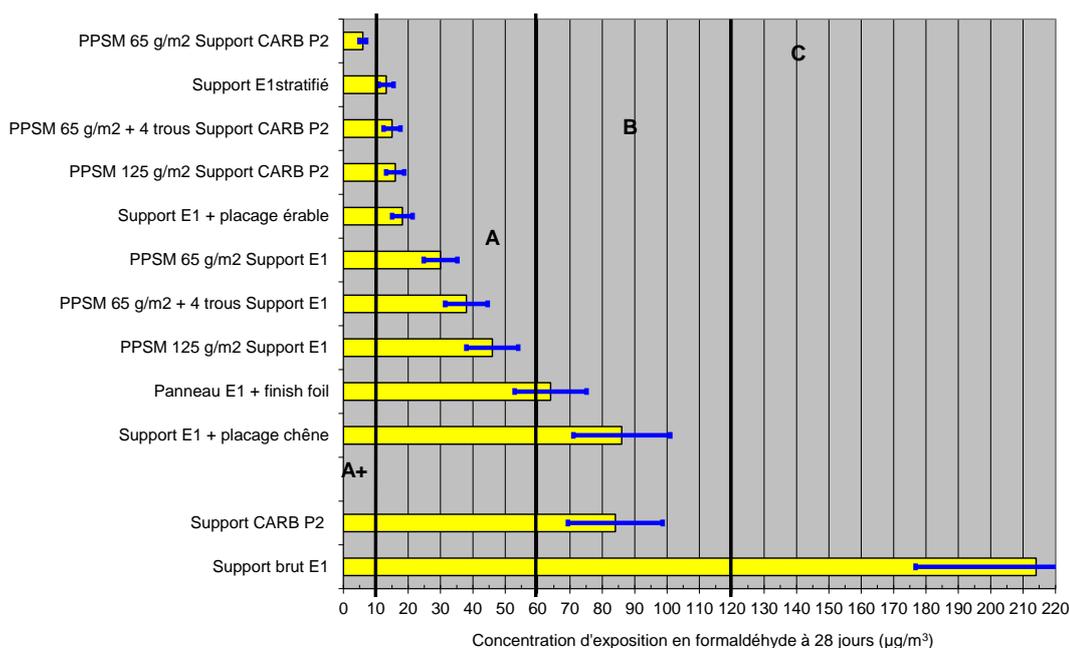


Figure 23 : Application du scénario « Murs » aux résultats d'essai en formaldéhyde après 28 jours en chambre d'émission

De leur côté, les 2 supports bruts sont classés respectivement, B pour le support CARB P2 et C pour le support E1. Comme pour le scénario d'exposition « Sol ou Plafond », ces résultats sont homogènes avec les classements obtenus lors de l'étude « UIPP ISO 16000 »¹.

Le Tableau 29 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 revêtement	Support	Formaldéhyde	COVT	Acétaldéhyde	Autres substances volatiles	Classe d'émission résultante
PPSM 65 g/m ²	CARB P2	A+	A+	A+	A+	
PPSM 65 g/m ²	E1	A	A+	A+	A+	
PPSM 125 g/m ²	CARB P2 /E1	A	A+	A+	A+	
stratifié, placage érable	E1	A	A+	A+	A+	
Finish foil non verni, placage chêne	E1	B	A+	A+	A+	

Tableau 29 : Classe d'émission résultante selon le type de panneau revêtu testé pour un scénario « Murs »

Le classement A+ peut donc toujours être revendiqué pour le PPSM 65 g/m² avec un support CARB P2. Les autres panneaux revêtus (stratifié, placage érable, PPSM 65 g/m² avec support E1, PPSM 125 g/m²) pourraient seulement viser un classement A.

Par contre, le panneau stratifié et le panneau avec un placage érable n'ont pas été testés avec un support CARB P2. L'extrapolation de la concentration d'exposition en formaldéhyde à partir du facteur d'émission spécifique en formaldéhyde du support CARB P2 et du facteur de réduction a donc été réalisée (Tableau 30).

Type de revêtement	Support théorique	Concentration d'exposition en formaldéhyde	Classe d'émission résultante
Stratifié	CARB P2	5,0 µg/m ³	
Placage érable	CARB P2	7,6 µg/m ³	
Finish foil non verni	CARB P2	25 µg/m ³	
Placage chêne	CARB P2	34 µg/m ³	

Tableau 30 : Classe d'émission selon un scénario « Murs » extrapolée du niveau d'émission du support CARB P2 et du facteur de réduction calculé pour chaque type de revêtement

A partir de ce calcul théorique, le panneau stratifié et le panneau avec un placage érable pourraient revendiquer la classe A+ avec un support CARB P2. De la même façon, les panneaux avec un finish foil et un placage chêne pourraient viser une classe A avec un support CARB P2.

Les classements présentés dans les Tableaux 27 à 30 résultent avant tout du type de support et du revêtement appliqué. Par contre, il convient de noter que certains panneaux ont été fabriqués en laboratoire (stratifié, placages bois) et certains revêtements ont été collés avec une colle de type vinylique (stratifié, placages bois, finish foil). Ces classements devront donc être confirmés pour ces types de revêtements en situation réelle (sous procédé industriel) et avec d'autres types de colles (si cela reste pertinent d'un point de vue industriel).

7. CONCLUSIONS DE L'ETUDE

Lors de cette étude, les émissions de formaldéhyde et de COV ont été caractérisées pour différents types de panneaux de particules revêtus (feuille de papier imprégnée de mélamine à deux grammages, revêtement stratifié, placage bois selon 2 porosités, finish foil non verni).

Le but était de hiérarchiser les différents revêtements selon leur facteur de réduction à l'émission de formaldéhyde et de positionner les panneaux 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). Cette étude avait aussi pour objectif de répondre aux questions croissantes du secteur de l'ameublement sur l'influence des revêtements sur l'émission de formaldéhyde.

De supports E1 et CARB P2 ont donc été prélevés sur un site industriel (Egger - Rion des Landes). A partir de ces supports, différents panneaux revêtus ont été fabriqués. Les mesures des émissions de formaldéhyde et de COV (liste l'arrêté du 19 avril 2011) ont été réalisées après 28 jours d'essai en chambre d'émission selon la série de normes ISO 16000 (parties 3, 6, 9 et 11).

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

L'acétaldéhyde a été systématiquement détecté mais les facteurs d'émission spécifiques n'ont pas dépassé $17 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. 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 et revêtus ont confirmé la prépondérance de l'hexanal (facteurs d'émission spécifiques compris entre $9,5$ et $76 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$). Par contre, le niveau d'émission en alpha-pinène (facteurs d'émission spécifiques compris entre 14 et $51 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) est resté relativement faible pour les panneaux fabriqués à partir d'une essence très majoritairement résineuse (pin maritime).

Un effet barrière aux COV naturels du bois a été mis en évidence pour les panneaux revêtus, se caractérisant par une diminution significative de l'émission en hexanal. En effet, le facteur de réduction de l'émission en COVT est compris entre 34% (placage chêne) et 73% (finish foil non verni) si les supports bruts sont comparés à leurs panneaux revêtus respectifs. Par contre, le niveau d'émission en alpha-pinène ne chute pas de façon significative et a tendance à augmenter pour certains types de revêtement.

Les résultats ont aussi montré un effet barrière très significatif des revêtements au formaldéhyde. Le facteur de réduction varie entre 60% (placage chêne) et 94% (stratifié). A partir des résultats obtenus sur chaque famille de revêtement, différentes catégories d'efficacité réduisant l'émission de formaldéhyde peuvent être proposée (Tableau 31).

Type de revêtement	Facteur de réduction
Stratifié, PPSM 65 g/m ² , placage bois faible porosité (érable)	≥ 90%
PPSM 125 g/m ²	< 90%
Finish foil (non verni)	< 80%
Placage bois forte porosité (chêne)	< 70%

Tableau 31 : Facteurs de réduction de l'émission de formaldéhyde en fonction du type de revêtement

Par contre, seuls certains revêtements fabriqués avec un support CARB P2 (feuille de papier imprégnée de mélamine, placage bois avec une essence à faible porosité, revêtement stratifié) ou à partir d'un support E1 (placage bois avec une essence à faible porosité, revêtement stratifié) permettront d'atteindre un facteur d'émission spécifique en formaldéhyde en dessous de 10 µg/m²h et donc prétendre au niveau d'émission le plus faible.

Le formaldéhyde est le seul paramètre influençant le classement les panneaux de particules revêtus, si les résultats sont comparés à 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 (« Sol ou plafond » ou « Murs ») sont présentés dans le Tableau 32.

Type de revêtement	Type de support	Scénario « Sol ou Plafond »	Scénario « Murs »
Stratifié	E1 (*)		
	P2 (**)		
Placage bois (essence faible porosité)	E1 (*)		
	P2 (**)		
Feuille de papier imprégnée de mélamine 65 g/m ²	E1 (*)		
	P2 (*)		
Feuille de papier imprégnée de mélamine 125 g/m ²	E1 (*)		
	P2 (*)		
Placage bois (essence forte porosité)	E1 (*)		
	P2 (**)		
Finish foil	E1 (*)		
	P2 (**)		

Tableau 32 : Synthèse des classes d'émission obtenues pour les différents panneaux de particules revêtus selon le scénario d'exposition (« Sol ou plafond », « Murs »)

(* résultat expérimental ; ** extrapolation à partir du facteur de réduction du revêtement)

Ce tableau de synthèse reflète les résultats expérimentaux obtenus directement sur le produit classé (*) mais aussi les extrapolations faites à partir des facteurs d'émission spécifiques des supports bruts et des facteurs de réduction liés au revêtement (**). Il conviendrait donc de vérifier ces calculs par des essais sur des échantillons réels selon la série de normes ISO 16000.

D'autre part, certains classements présentés dans le Tableau 32 résultent de panneaux fabriqués en laboratoire (stratifié, placages bois) et de revêtements avec un collage de type vinylique (stratifié, placages bois, finish foil). Ces classements doivent donc être confirmés pour ces types de revêtements sous procédé industriel et avec d'autres types de colles.

Enfin, les conclusions de cette étude sont leur résultat d'un unique essai. D'autre part, les différents produits testés ne proviennent que d'un nombre limité de sites de production. Avant de conclure définitivement sur les classes obtenues, il est donc conseillé d'envisager de nouveaux essais en diversifiant la nature et la provenance des produits (support brut, revêtement). Cette étape complémentaire permettra de confirmer les résultats de cette étude et d'obtenir une réponse « statistique » d'autant plus fiable.

Par contre, cette étude a permis de mettre en évidence que le PPSM à faible grammage (65 g/m^2) présente des facteurs d'émission spécifiques après 28 jours d'essai systématiquement plus faibles que le PPSM fort grammage 125 g/m^2 :

- A partir du support E1, facteur d'émission spécifique de $15 \mu\text{g/m}^2\text{h}$ pour le PPSM 65 g/m^2 et de $23 \mu\text{g/m}^2\text{h}$ pour le PPSM 125 g/m^2
- A partir du support CARB P2, facteur d'émission spécifique de $3 \mu\text{g/m}^2\text{h}$ pour le PPSM 65 g/m^2 et de $8 \mu\text{g/m}^2\text{h}$ pour le PPSM 125 g/m^2

Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer cet écart selon le grammage du PPSM. Elles sont liées à la composition de la feuille de papier imprégnée de mélamine et au procédé de fabrication :

- Epaisseur et porosité de la feuille de papier
- Niveau d'émission en formaldéhyde de la feuille de papier non imprégnée (influence des produits recyclés)
- Procédé de fabrication (taux d'encollage du papier, température de cuisson, durée de pressage)

Elle pourrait aussi être le fait de la cinétique de diffusion du formaldéhyde à travers la feuille de papier. En effet, la diffusion du formaldéhyde à travers une feuille de papier présentant un grammage plus élevé pourrait entraîner une cinétique plus lente, se traduisant par :

- Une élimination du formaldéhyde libre plus longue
- Une reprise en humidité plus lente du support brut dans les conditions d'essai (23°C et 50%)
- Après stabilisation du panneau, une cinétique de diffusion ralentie par l'effet barrière du revêtement

Suite à ces premiers résultats, une étude complémentaire a donc été demandée par l'UIPP (« Effet barrière CHOH 2 »). L'objectif sera d'identifier les paramètres pouvant influencer l'émission de formaldéhyde. La feuille de papier à deux grammages (65 et 125 g/m^2) sera donc caractérisée physico-chimiquement avant et après imprégnation (composition fibreuse, teneur en lignine, analyse des tailles des fibres et teneur en fin, porosité de la feuille de papier, ...).

Ensuite, de nouveaux essais seront réalisés en chambre d'essai d'émission selon la série de normes ISO 16000. Deux types de protocole ont été retenus suite aux hypothèses formulées au cours de cette étude :

- Influence du taux d'encollage et du procédé de fabrication : collage de la feuille de papier imprégnée de mélamine (deux grammages : 65 et 125 g/m²) sur un panneau de fibres dures sans formaldéhyde (traitement du bois par voie humide sous haute pression sans colle) et mesure du formaldéhyde sur 28 jours
- Suivi de la cinétique d'émission du formaldéhyde : mesure de la décroissance exponentielle en formaldéhyde du produit final (PPSM à 65 et 125 g/m²) sur une période de 12 semaines

Remerciements :

A Mr Jean-Claude Becquereau de la société Egger.

A Mme Fabienne Mesnil de la société Malvaux Industries.