



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

# Etude « COV MENEXTBOIS »

## Caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par les menuiseries extérieures en bois

Christophe YRIEIX  
Laboratoire de chimie-écotoxicologie

05/02/2014

Référence du rapport : 402/12/1125R version 2

Avec le soutien de :

CODIFAB

**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](http://www.fcba.fr)

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

## REMERCIEMENTS

*Cette étude a été réalisée à la demande de l'Union des Fabricants de Menuiseries Extérieures (UFME) 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).*

### **Remerciements aux membres du comité de pilotage :**

Frédéric Anquetil - Bel'm

Emilie Bouchez - Bel'm

Gilles Lemonnier - Lapeyre

Gilles Marmoret - CAPEB

Ludivine Menez - UFME

Adrien Parquier - FFB

Rodolphe Thelu - FCBA

Frédéric Wielezynski - FCBA

### **Remerciements aux fabricants de menuiseries extérieures qui ont fourni des éprouvettes d'essai et des produits à l'échelle 1 :**

BEL'M, Ets Jacques BIGNON SAS, JH INDUSTRIES, LAPEYRE, MENUISERIES ELVA, PASQUET MENUISERIES, SEDEC MENUISERIE

## RESUME

L'étude "COV Menextbois" a permis de caractériser les émissions en polluants volatils de menuiseries extérieures en bois (fenêtres, portes d'entrée). Le but était de positionner la gamme complète de menuiseries extérieures en bois fabriquées 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.

A partir des résultats de cette étude, un classement "générique", c'est à dire commun à toutes les menuiseries extérieures en bois fabriquées en France, a été proposé uniquement pour les fenêtres. En effet, les essais réalisés selon la série de normes ISO 16000 sur des fenêtres représentatives de la production française et avec l'application de finitions et de produits de préservation en phase aqueuse ont abouti à un classement A+ selon l'arrêté d'étiquetage (arrêté du 19 avril 2011).

D'autre part, l'étude a permis de conclure sur la très faible émissivité des vitrages, des joints de calfeutrement et d'étanchéité entre l'ouvrant et le vitrage. Les principaux paramètres influençant l'émission des fenêtres restent la nature des adjuvants (produits de préservation et de finition), et dans une moindre mesure l'essence de bois (résineux).

*Mots clés : bois, porte, fenêtre, ISO 16000, étiquetage, formaldéhyde, COV*

## ABSTRACT

The study "COV Menextbois" was carried out to characterize emissions of volatile pollutants from wooden outdoor joineries (windows, front doors). The aim was to classify the complete range of wooden outdoor joineries manufactured in France according to the French labeling of construction and decoration products with their volatile pollutant emissions (Order of April 19<sup>th</sup>, 2011).

A "generic" classification common to all the wooden outside joineries manufactured in France was only proposed for windows. Emission tests after 28 days according to EN ISO 16000-9 have been carried out on windows representative of the French market, and coated and treated with aqueous formulations. Results have been compared with the French labeling of construction and decoration products with their volatile pollutant emissions and an emission class A+ have been systematically obtained.

On the other hand, the study concluded on the very low emission of glass and sealing tapes. The main emission parameters are the nature of additives (wood preservatives and coatings), and to a lesser extent, the wood species (soft wood).

*Keywords : wood, door, window, ISO 16000, labeling, formaldehyde, VOC*

# SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>PLAN EXPERIMENTAL .....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>SYNTHESE DE LA REVUE DOCUMENTAIRE .....</b>	<b>8</b>
	3.1 Description des différentes configurations de portes d'entrée et de fenêtres .....	8
	3.2 Recensement des paramètres d'influence .....	10
	3.3 Réflexion sur le côté pratique d'utiliser une éprouvette d'essai .....	14
	3.4 Plan expérimental d'essais sur éléments séparés .....	15
	3.5 Plan expérimental d'essais sur éléments montés .....	15
<b>4.</b>	<b>DESCRIPTION DES ESSAIS .....</b>	<b>18</b>
	4.1 Principe général .....	18
	4.2 Description des éléments d'essai .....	18
	4.3 Description des essais .....	26
	4.4 Déroulement de l'essai .....	32
<b>5.</b>	<b>RESULTATS .....</b>	<b>33</b>
	5.1 Expression de résultats .....	33
	5.2 Essais sur éléments séparés .....	35
	5.3 Essais sur éléments montés de fenêtres .....	36
	5.4 Essais sur éléments montés de portes .....	39
<b>6.</b>	<b>DISCUSSION .....</b>	<b>43</b>
	6.1 Composés identifiés .....	43
	6.2 Paramètres d'influence .....	44
	6.3 Equivalence entre le produit à l'échelle 1 et l'éprouvette d'essai .....	52
	6.4 Comparaison avec l'étiquetage obligatoire (arrêté du 19 avril 2011).....	54
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONS DE L'ETUDE .....</b>	<b>57</b>
<b>8.</b>	<b>ANNEXE : GUIDE SIMPLIFIE DE L'ETIQUETAGE A USAGE DES PROFESSIONNELS .....</b>	<b>60</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>64</b>

## 1. INTRODUCTION

Ce rapport synthétise les résultats des essais d'émission en polluants volatils de différentes menuiseries extérieures en bois (fenêtres, portes d'entrée) obtenus dans le cadre de l'étude « COV Menextbois ».

Cette étude fait suite à une demande de l'Union des Fabricants de Menuiseries Extérieures (UFME) 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<sup>1</sup>). En effet, au 1<sup>er</sup> septembre 2013, le niveau d'émission des portes et des fenêtres devra être indiqué par une classe allant de A+ (très faibles émissions) à C (fortes émissions).

L'arrêté d'application du 19 avril 2011 définit la série de normes ISO 16000 par défaut pour la mesure des émissions de COV et de formaldéhyde<sup>2</sup>. Cette mesure se concentre 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)
- Styène (numéro CAS 100-42-5)
- Composés organiques volatils totaux (COVT)

Actuellement, il existe un réel manque de données pour positionner les menuiseries extérieures en bois selon cette nouvelle exigence réglementaire. En effet, peu d'études ont été menées pour mesurer leurs émissions selon la série de normes ISO 16000. Ce constat a conduit à lancer l'étude « COV Menextbois » en 2012 afin de fournir aux fabricants français un premier ordre de grandeur sur les émissions de COV et de formaldéhyde de leurs produits. Elle s'est fixée les objectifs suivants :

- Hiérarchiser les paramètres pouvant influencer les émissions de formaldéhyde et de COV par les fenêtres et les portes d'entrée en bois
- Situer la gamme complète de fenêtres et de portes d'entrée en bois fabriquées en France vis-à-vis de l'arrêté du 19 avril 2011 et orienter les industriels vers des classes d'émission « génériques »

Par contre, l'annexe I de l'arrêté du 19 avril 2011 spécifie la norme EN ISO 16000-11 (2006) comme méthode d'échantillonnage et de préparation des éprouvettes d'essai. Pourtant, cette méthode d'essai ne précise aucun protocole particulier pour les portes et les fenêtres. Pour y répondre, le ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie a édité en mars 2012 un document proposant une procédure générale pour la préparation des éprouvettes de portes et de fenêtres<sup>3</sup>.

Trois possibilités s'offrent aux laboratoires pour la réalisation d'essais d'émission de polluants volatils par les portes et fenêtres :

- Option 1 : Essai sur la porte ou la fenêtre à l'échelle 1
- Option 2 : Essai sur une éprouvette d'essai représentative de la porte ou de la fenêtre
- Option 3 : Essai sur les différents composants d'une fenêtre

La première possibilité présentée dans ce protocole (essai à l'échelle 1) s'applique à tous types de portes et de fenêtres. La seconde possibilité (préparation d'une éprouvette représentative) est illustrée pour les portes et les fenêtres en bois. Sauf problèmes spécifiques, cette approche s'applique également aux autres types de portes et de fenêtres (PVC, aluminium, métal). Enfin, la troisième possibilité présentée (essai sur les composants) est plutôt recommandée aux fenêtres en PVC et en aluminium.

Afin de vérifier la faisabilité de ce protocole (communément appelé « protocole DHUP ») pour mesurer les émissions en polluants volatils des menuiseries extérieures en bois, le dernier objectif de cette étude a donc consisté à comparer les résultats d'essais d'émission obtenus selon la série de normes ISO 16000 à partir d'éprouvettes d'essai et de produits à l'échelle 1.

## 2. PLAN EXPERIMENTAL

La contribution des menuiseries extérieures en bois à la qualité de l'air intérieur a été évaluée en 4 phases.

La première phase de l'étude a consisté à réaliser une revue documentaire devant aboutir à la définition d'un plan expérimental d'essais à réaliser selon la série de normes ISO 16000. Son objectif était de :

- Décrire les principales configurations de fenêtres et de portes d'entrée en bois
- Recenser les paramètres pouvant influencer les émissions de COV et/ou de formaldéhyde : essences de bois (feuillu, résineux, bois exotique), type de colle (bois massif / lamellé collé abouté), produits appliqués (traitement si essence non durable, finition, produit hydrofuge), joints de calfeutrement, ...

L'idée a consisté à privilégier une approche majorante (réaliser un essai sur une configuration pouvant entraîner les émissions les plus significatives en COV et en formaldéhyde) mais aussi à tester des produits représentatifs du marché français des menuiseries extérieures en bois.

Dans cette optique, FCBA s'est rapproché de l'UFME afin de réaliser une enquête auprès de ses adhérents pour déterminer les principales essences de bois, les assemblages, les produits appliqués (finition, préservation) et les modes d'application couramment utilisés par les fabricants de menuiseries extérieures.

En parallèle, les publications scientifiques faisant état de données d'émission sur les menuiseries extérieures en bois ont été recherchées au niveau français et européen.

Enfin, une réflexion sur le côté pratique d'utiliser une éprouvette d'essai (fabrication, colmatage, essai en chambre d'essai d'émission) a été menée en concertation avec les fabricants de fenêtres en bois.

En cas de données manquantes sur les émissions de certains matériaux rentrant dans la fabrication des menuiseries extérieures, des essais exploratoires selon la série de normes ISO 16000 ont aussi été envisagés sur éléments séparés (phase 2). Le principe a été de mesurer les émissions de formaldéhyde et de COVT sur une courte période (après 3 jours de conditionnement des matériaux en chambre d'essai d'émission).

A partir des résultats obtenus, un plan expérimental sur éléments montés (éprouvettes d'essai, produits à l'échelle 1) a été défini afin de répondre aux approches retenues lors de la phase 1 (approches majorante et représentative). Ces essais définitifs suivent fidèlement les spécifications du protocole DHUP pour la préparation des éprouvettes d'essai et de l'arrêté du 19 avril 2011 (mesure après 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission des substances définies dans la liste d'étiquetage) :

- Essais sur éprouvettes : 6 essais sur fenêtres et 8 essais sur portes d'entrée
- Essais sur produits à l'échelle 1 : 5 essais sur fenêtres et 2 essais sur portes d'entrée

Certains résultats d'essais sur des fenêtres à l'échelle 1 sont tirés d'une étude préalable réalisée par l'UFME sur des menuiseries sélectionnées pour leur représentativité du marché français. Les autres essais sur les produits à l'échelle 1 ont été sous-traités à des laboratoires possédant des chambres d'essai d'émission de dimension suffisante (volume de la chambre supérieur à 3 m<sup>3</sup>). Ces laboratoires sous-traitants sont accrédités EN ISO/CEI 17025 pour la série de norme 16000 (parties 3, 6 et 9).

A la fin de l'étude, une phase de valorisation des résultats a été engagée auprès des fabricants de menuiseries extérieures afin de leur proposer des classes d'émission génériques à revendiquer selon l'arrêté du 19 avril 2011, et pour les orienter vers des règles d'extension (communications au sein de la commission professionnelle Menuiseries du FCBA, par l'intermédiaire de l'UFME). Ces points font aussi l'objet d'une annexe spécifique à ce rapport, se voulant un guide pratique à l'usage des industriels.

Les conclusions de l'étude pourront aussi être communiquées auprès du ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie et de plusieurs groupes de normalisation (Commission française F02H, commissions européennes CEN TC 33 et CEN TC 351). De la sorte, le principe du protocole DHUP pour la préparation des éprouvettes d'essai sera discuté et des améliorations pourront être proposées (rédaction d'une nouvelle version).

Chaque phase clé de l'étude a été discutée lors d'un comité de pilotage comprenant l'UFME, la CAPEB, la FFB, des industriels des menuiseries extérieures en bois et des experts de FCBA.

### 3. SYNTHÈSE DE LA REVUE DOCUMENTAIRE

#### 3.1 Description des différentes configurations de portes d'entrée et de fenêtres

Les principaux éléments constitutifs des portes d'entrée et des fenêtres en bois sont repris dans le tableau 1. Certains points sont tirés d'une enquête réalisée par l'UFME auprès de ses adhérents (constituant plus de 60% de la production française).

Élément	Fenêtre	Porte	Compléments
<b>Essence de bois</b>	Moabi, Pin (sylvestre, maritime), Limba / Fraké, Méranti, Chêne, Mélèze, Tauari, Sapelli, Movingui, Bossé, Mengkulang / Palapi, Hêtre	Moabi, Pin, Chêne, Movingui, Kotibé, Méranti, Tauari, Framiré, Douglas, Eucalyptus	<i>Essences les plus utilisées :</i> Fenêtres : Moabi, Pin, Limba / Fraké, Meranti Portes : Movingui, Pin, Chêne
<b>Matériau</b>	Massif, lamellé collé abouté (LCA)	Porte contemporaine : panneau, vitrage  Porte menuisée : - cadre : massif, LCA - parement : panneau, vitrage	Panneau : panneau de particules, MDF, contreplaqué Colle LCA : PU, vinylique, Vitrage : feuilleté, trempé
<b>Préservation / Ignifugation</b>	Classe d'emploi 3	Classe d'emploi 3 Ignifugation (rare)	<i>Exemples d'essences à traiter :</i> Pin, Tauari Produits industriels uniquement en phase aqueuse (44 % menuiseries bois traitées)
<b>Finition</b>	4 types de finition : - à finir transparent (lasure, égaliseur de teinte) - à finir opaque (pré-peinture) - finition complète transparente (vernis) - finition complète opaque (peinture, laque)		Produits uniquement en phase aqueuse (résultats enquête UFME) A finir : 1 à 2 couches Finition complète : 2 à 4 couches
<b>Assemblage</b>	Mécanique  Colle Mastic colle		Mousse imprégnée PU, mousse, EPDM Vinylique (48%), UF (39%) PU, silicone
<b>Joints de frappe</b>	EPDM (éthylène-propylène-diène monomère)		-
<b>Garnitures d'assemblage</b>	Mousse, EPDM		-
<b>Calfeutrement vitrage</b>	Mousse, EPDM, mastic		Mastic : silicone (majorité), acrylique, PU, polysulfure, butylène
<b>Remplissage</b>	Vitrage	Isolant	Isolant : mousse PU, PSE, liège Colles : MUF, UF, vinylique, PU, EPI

Tableau 1 : Principaux éléments constitutifs des portes d'entrée et des fenêtres en bois



Les résultats de l'enquête menée en 2012 par l'UFME auprès de ses adhérents sur les principaux éléments constituant les menuiseries extérieures en bois sont repris sur la figure 1.

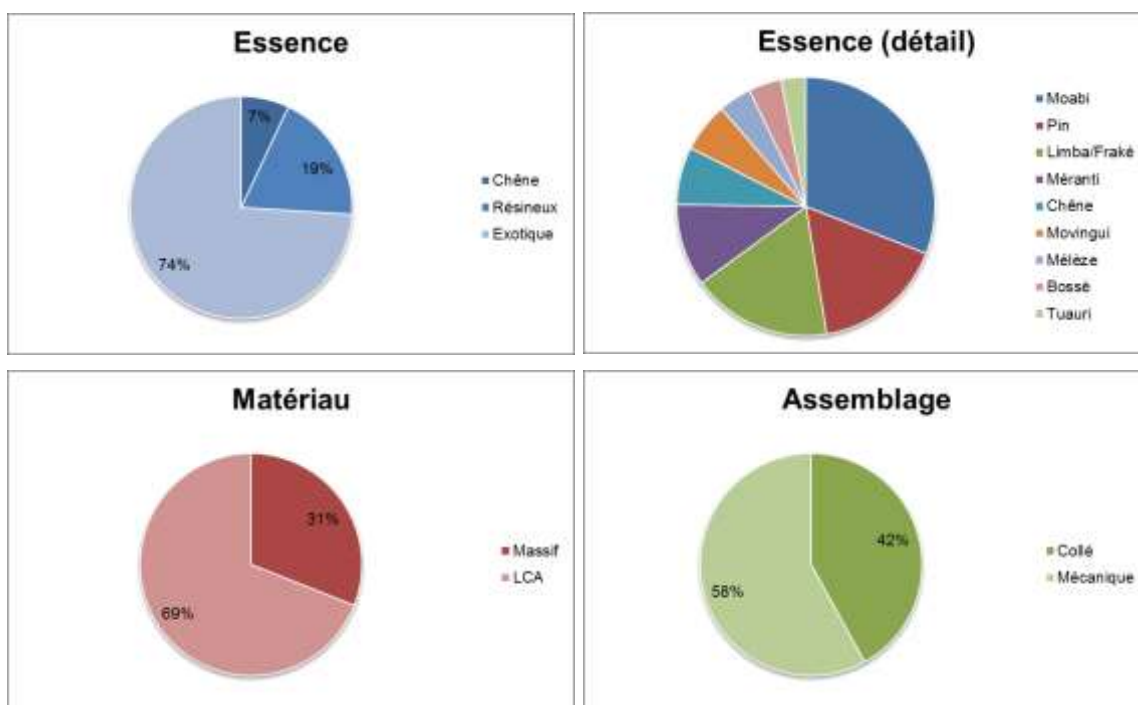


Figure 1 : Principaux résultats de l'enquête réalisée par l'UFME (2012)

A notre connaissance, il existe très peu d'études présentant des essais d'émission selon la série de normes ISO 16000 sur des menuiseries extérieures en bois. Une étude réalisée par le WKI a montré des résultats d'essais sur des fenêtres à l'échelle 1 et des éprouvettes de portes (chambre d'essai de 24 m<sup>3</sup>)<sup>4</sup>.

Des fenêtres en pin et en méranti avec finition complète opaque (laque) ont montré après 3 jours des émissions de solvant (butyl glycol, éthyl diglycol, texanol, dipropylène glycol butyl éther) et de composés polysiloxanes. Après 28 jours, les niveaux d'émission en COVT sont largement inférieurs à 200 µg/m<sup>3</sup> (figure 2).

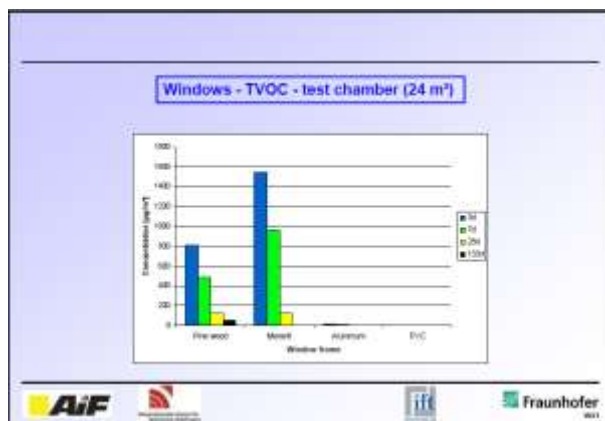


Figure 2 : Concentrations en COVT mesurées en chambre d'essai d'émission de 24 m<sup>3</sup> sur des fenêtres en pin et en méranti (d'après [4])

Un essai sur une éprouvette d'essai de porte intérieure découpée au niveau de la serrurerie a aussi été réalisé. Différents types de décor ont été testés en chambre de 1 m<sup>3</sup> (papier décor, laques UV). Les résultats sont présentés sur la figure 3. Les résultats montrent des niveaux d'émission en COVT ne dépassant pas 20 µg/m<sup>3</sup>. Par contre, la concentration en formaldéhyde varie entre 60 et 110 µg/m<sup>3</sup>.

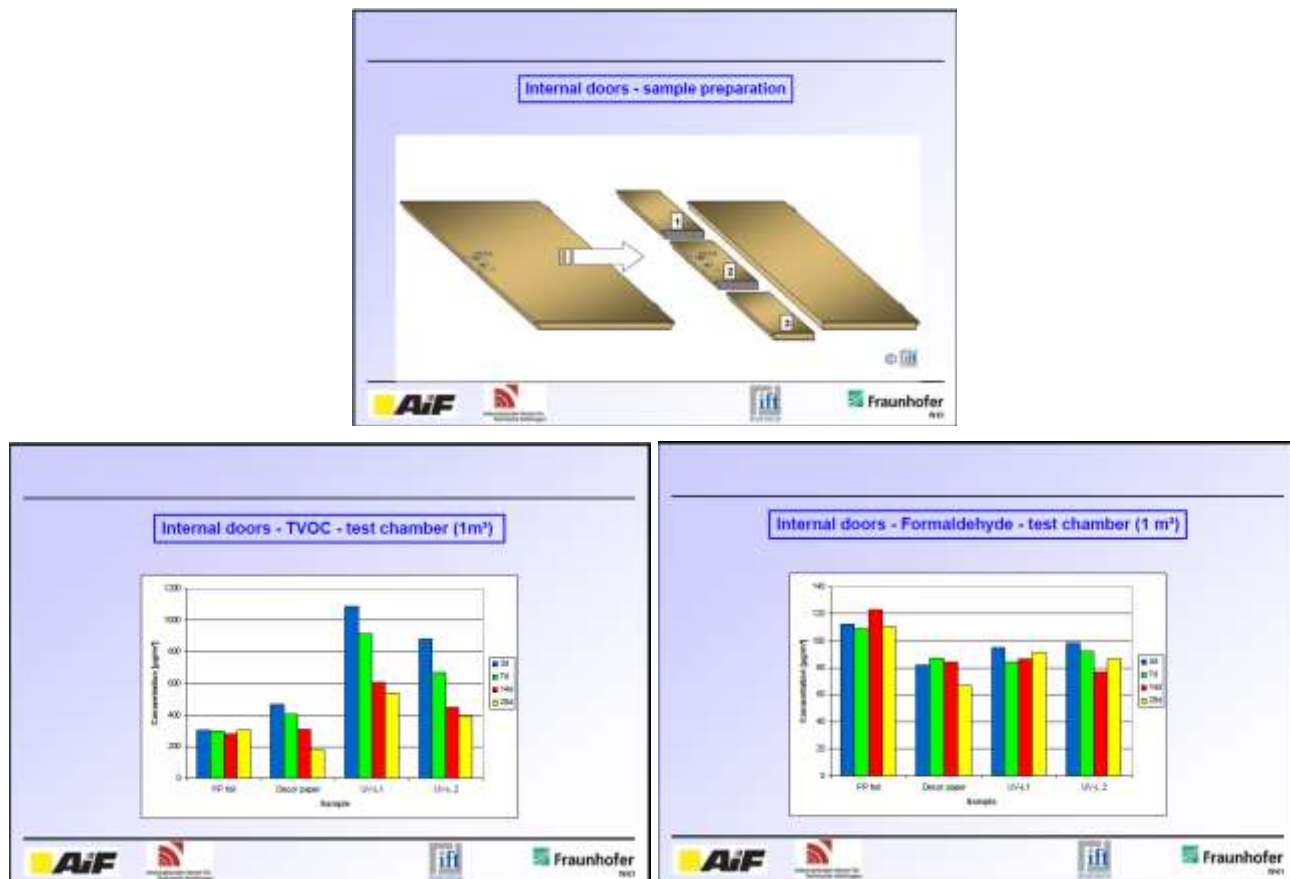


Figure 3 : Préparation d'éprouvettes de portes intérieures et concentrations mesurées en chambre d'essai d'émission de 1 m<sup>3</sup> (d'après [4])

Une base de données réalisée par le LEPTIAB (Pandora) a compilé les facteurs d'émission en substances volatiles liées aux sources de pollution de l'air intérieur, dont certains produits de construction<sup>5</sup>. Deux fenêtres en pin y sont référencées (sans finition, avec peinture). Des composés naturels du bois ont été retrouvés (alpha-pinène, 3-carène, hexanal) mais des solvants liés aux produits de préservation et de finition ont été identifiés : éthylbenzène, propylbenzène, toluène, triméthylbenzène, styrène.

### 3.2 Recensement des paramètres d'influence

L'objectif est de recenser, pour chaque élément constitutif, les paramètres pouvant influencer les émissions de COV et de formaldéhyde, et de proposer des orientations à intégrer au plan expérimental.

### 3.2.1 Essences de bois

Les essences feuillues émettent globalement moins de COV que les essences résineuses<sup>6,7,8,9,10</sup>. Ce constat est vrai pour les essences métropolitaines mais demande confirmation pour les essences exotiques (pas de données d'émission disponibles dans la littérature).

Les essences résineuses émettent majoritairement des composés dits « extractibles » : ce sont les terpènes, et plus particulièrement les monoterpènes. L'alpha-pinène reste le composé majoritaire, en particulier dans le pin. Dans une moindre mesure, d'autres terpènes sont régulièrement identifiés : bêta-pinène, 3-carène, limonène, alpha-terpinéol.

Les essences feuillues sont caractérisées par des émissions de 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). Les composés majoritaires sont l'hexanal et l'acide acétique. Ils sont aussi retrouvés dans les essences résineuses. En particulier, l'hydrolyse partielle des hémicelluloses peut conduire aussi à la formation d'une très faible quantité de formaldéhyde.

---

**Proposition 1 : réaliser un essai majorant sur une essence résineuse (de préférence le pin) et en parallèle, tester les essences les plus représentatives du marché (majoritairement des essences exotiques).**

---

### 3.2.2 Matériau

Les bois reconstitués sont de plus en plus utilisés pour la fabrication des fenêtres (ouvrants et dormants en lamellé collé abouté LCA) et des portes (parement en panneau à base de bois et cadre en LCA). Les carrelats sont majoritairement collés avec des résines vinyliques et polyuréthanes. Les panneaux sont plutôt fabriqués à base de résines aminoplastes (UF, MUF).

Quand elles sont correctement réticulées, les résines vinyliques et polyuréthanes sont connues pour ne pas apporter de forte charge en COV, et de ne pas émettre de formaldéhyde. Par contre, les colles aminoplastes (UF, MUF) contiennent du formaldéhyde qui peut être émis en continu et de façon quasi stationnaire au cours du temps (phénomène d'hydrolyse partielle selon les conditions thermohygrométriques ambiantes).

---

**Proposition 2 : privilégier les essais sur les bois reconstitués et les panneaux collés avec des résines aminoplastes.**

---

### 3.2.3 Préservation / Ignifugation

Certaines essences de bois non durables en classe d'emploi 3 (tauari, pin) nécessitent un traitement de préservation (insecticide et fongicide). Ces produits de traitement sont très majoritairement des formulations en phase aqueuse, même si des produits en phase organique peuvent encore être employés (principalement sur chantier). Ces traitements ne présentent aucun effet filmogène reconnu (produit pénétrant sur plusieurs millimètres dans le bois grâce au solvant).

Les émulsions sont majoritairement composées d'eau (> 90 %) mais des co-solvants organiques servant à la dilution des biocides et des résines fixatrices sont toujours présents. Les co-solvants sont principalement des éthers de propylène glycol, comme le 1-méthoxy-2-propanol (numéro CAS 107-98-2).

Quelquefois, la menuiserie en bois peut être ignifugée (cas des portes pour des usages spécifiques). Des préparations en phase aqueuse à base de sels de polyphosphate sont généralement appliquées. Ces molécules ne sont pas classées comme des COV.

---

**Proposition 3 : réaliser un essai sur une essence non durable (porte et fenêtre) traitée en classe d'emploi 3. Pas d'obligation de tester les traitements ignifuges.**

---

### 3.2.4 Finition

Les peintures et les vernis sont très majoritairement des formulations à base d'eau (mélange d'eau et de solvants). Le liant, constituant principal, est une macromolécule non volatile d'origine naturelle (huile siccatrice, gomme, résine naturelle) ou synthétique (dérivés du caoutchouc, de la cellulose, produits vinyliques, acryliques, polyesters, polyépoxydes, ...).

Les autres constituants majoritaires sont les pigments, les agents épaississants et les co-solvants (ou agents de coalescence). Les pigments sont des solides pulvérulents minéraux ou organiques. Les agents épaississants sont des polymères (esters cellulosiques, des polyacrylates, des polyuréthanes ou des gels de silice).

Les principaux COV qui peuvent être identifiés sont liés aux agents de coalescence. Pour les peintures hydrodiluable, leur addition a pour but d'abaisser la température de formation du film. Pour les peintures hydrosolubles, ils jouent le rôle de co-solvant pour faciliter la solubilisation du liant dans l'eau et pour abaisser la tension superficielle de la peinture lors de son application.

Parmi les principaux agents de coalescence et co-solvants dans les peintures en phase aqueuse, on peut citer : esters (texanol ou monoisobutyrate de 2,2,4-triméthyl-pentane-1,3-diol), alcools (n-butanol, iso-butanol), diols (hexylène glycol, propylène glycol), éthers de glycol (dérivés de l'éthylène glycol et du propylène glycol), amides (N-méthyl-2-pyrrolidone).

Selon leur composition et le grammage appliqué, les peintures et les vernis peuvent former des couches plus ou moins filmogènes à la surface des matériaux. Par contre, il n'existe pas de classement « générique » de l'effet barrière de ces finitions aux émissions de substances volatiles selon la famille de liants.

Une étude sur des bois finis avec une laque nitrocellulosique, acrylique et polyuréthane a montré des émissions de COV après 48 heures variant de 30 à 1500 µg/m<sup>3</sup> selon le type de bois et de finition<sup>11</sup>. Le composé majoritaire de la laque acrylique (phase aqueuse) est le 1-méthoxy-2-propanol. La laque polyuréthane (phase solvant) émet principalement des esters (acétate de 1-méthoxy-2-propyle) et des composés aromatiques (xylènes, éthylbenzène). Enfin, le vernis nitrocellulosique (phase solvant) émet des composés aromatiques et de l'acétate de n-butyle. Ce dernier n'est probablement pas contenu dans la finition mais doit résulter d'une réaction entre l'acide acétique des essences feuillues et les composants de la laque.

Les lasures ne revendiquent pas cet effet filmogène (finition hydrofuge et microporeuse). Comme pour les peintures et les vernis, elles se composent d'un liant (résines acryliques, alkydes, alkyde-uréthanes) et d'un solvant (eau, white-spirit). Elles peuvent être formulées avec des biocides pour protéger le bois contre les insectes et les champignons. Elles s'appliquent aussi bien en sous-couche qu'en finition et peuvent amener une charge non négligeable de COV lorsqu'elles sont en phase organique.

---

**Proposition 4 : tester les 2 bornes extrêmes des familles de finition définies dans le tableau 1 afin d'identifier l'effet barrière potentiel aux autres COV de la menuiserie (composés naturels du bois, colles) : à finir transparent (lasure), finition complète opaque (peinture). L'influence de la teinte (nature des pigments) n'est pas retenue.**

---

### 3.2.5 Assemblage

L'assemblage des menuiseries extérieures peut être réalisé, soit mécaniquement (mousse PU), soit par collage (colle vinylique, mastic colle PU ou silicone).

Les données d'émission sur des parquets contrecollés et des panneaux à base de bois revêtus (stratifié, placage bois) montrent que les colles vinyliques sont très peu émissives en COV après réticulation et peuvent former un effet barrière significatif. Les colles PU se caractérisent aussi par de faibles niveaux d'émission en COV mais leur effet barrière est moins prononcé. Ce sont les colles aminoplastes (UF, MUF) qui sont connues pour être les moins filmogènes.

---

**Proposition 5 : tester préférentiellement des assemblages par collage.**

---

### 3.2.6 Mastics

Une seule donnée d'émission a été retrouvée dans la bibliographie<sup>12</sup>. Elle vient d'une fiche de déclaration environnementale et sanitaire pour un mastic acrylique. Ce produit a fait l'objet de mesures quantitatives de COV Totaux (concentration de 124 µg/m<sup>3</sup> à 28 jours). D'après la FDES, les essais sont conformes au protocole Afsset 2009.

---

**Proposition 6 : tester un mastic à base de silicone (potentiellement émissif en COV) et un autre représentatif de la fabrication des menuiseries extérieures.**

---

### 3.2.7 Joints de frappe / garnitures d'assemblage

Aucune donnée d'émission n'a été trouvée dans la bibliographie.

---

**Proposition 7 : tester des produits représentatifs du marché français et utilisés dans la fabrication des menuiseries extérieures.**

---

### 3.2.8 Remplissage

La porte d'entrée peut être isolée avec un panneau de polystyrène expansé (PSE) ou de mousse PU. Des données sont disponibles pour ces 2 familles d'isolants, même si elles sont souvent pour un usage mural. Les émissions de COV et de formaldéhyde sont très peu élevées. Par contre, le PSE peut se caractériser par des émissions de styrène, monomère de base, et de pentane classé dans les COTV (composé organique très volatil).

Très peu de données sont disponibles sur les émissions en COV du liège naturel expansé. Une étude datant de 1998 a mis en évidence des émissions significatives en furfural sur les parquets en liège<sup>13</sup>. Ce composé semble provenir, comme pour le bois massif, des réactions de thermodégradation du matériau lors du procédé de fabrication.

Plusieurs types de collage entre le parement et l'isolant peuvent être réalisés : MUF, UF, vinylique, EPI, PU. Les mêmes constats sur les colles peuvent être faits que pour la partie assemblage.

Le verre « non traité » est dispensé d'étiquetage<sup>14</sup>. D'après les fabricants, les verres (feuilletés, trempés, émaillés, sérigraphiés, laqués) ne sont pas émissifs. Mais il n'existe pas de données bibliographiques le confirmant.

---

**Proposition 8 : essai sur isolants non prioritaire. Intégrer les différents scénarii de remplissage dans les essais sur éléments finis.**

---



### 3.3 Réflexion sur le côté pratique d'utiliser une éprouvette d'essai

#### 3.3.1 Fenêtres

Une série de 3 éprouvettes d'essai a été demandée aux fabricants de fenêtres qui avaient participé à l'étude préliminaire de l'UFME. Leur préparation sur mesure a suivi au plus près le process industriel.

Aucun obstacle majeur n'a été relevé dans la fabrication d'une éprouvette d'essai de 550 x 190 mm (tel que défini dans le protocole DHUP – figure 4). En particulier, la fourniture du vitrage n'a pas été un facteur bloquant et les vitriers ont fourni à chaque fois les dimensions requises (dépendant principalement de la dimension de l'ouvrant et du dormant).

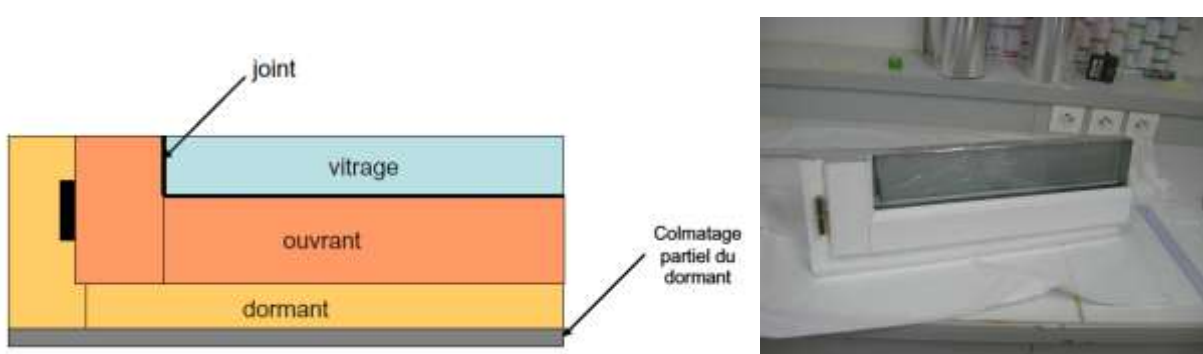


Figure 4 : Schéma de principe pour fabriquer une éprouvette d'essai à partir d'une fenêtre en bois et exemple d'éprouvette d'essai

#### 3.3.2 Portes d'entrée

Les éprouvettes d'essai de portes ne demandent pas de fabrication particulière. En effet, elles sont directement découpées dans les produits à l'échelle 1. Seul leur emplacement doit être défini afin que l'éprouvette d'essai soit représentative de la porte à l'échelle 1 (respecter les proportions de cadre, de parement et d'âme).

Ce principe s'applique sans difficulté pour les portes sans vitrage. Pour les portes vitrées, la fabrication a suivi la même démarche que les fenêtres. Le rapprochement du fabricant de portes auprès du vitrier a démontré la faisabilité et la simplicité d'intégrer à l'éprouvette d'essai un vitrage à la dimension de l'éprouvette d'essai et de reproduire son assemblage (joints d'étanchéité) (figure 5).

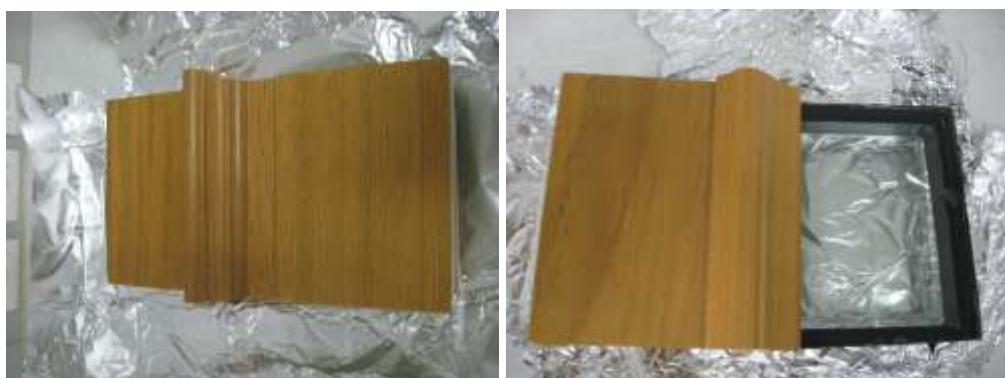


Figure 5 : Exemple d'éprouvette d'essai obtenue à partir d'une porte pleine (gauche) et vitrée (droite)

### 3.4 Plan expérimental d'essais sur éléments séparés

Les essais sur éléments séparés ont été réalisés selon la série de normes ISO 16000 :

- Conditionnement en chambre d'essai d'émission selon la norme EN ISO 16000-9
- Prélèvement d'air après 3 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission
- Mesure des COV Totaux et du formaldéhyde comme traceurs

Selon les propositions liées au recensement des paramètres d'influence (chapitre 3.2), un manque de données sur les joints de calfeutrement (dont les mastics) et les garnitures de frappe a été mis en évidence. Le plan expérimental suivant a donc été défini :

- 2 essais sur un mastic de type silicone
- 1 essai sur un joint en caoutchouc de type EPDM
- 1 essai sur un joint en caoutchouc TPE

L'idée a été de retenir des éléments représentatifs des joints et mastics rentrant dans la composition des menuiseries extérieures en bois. Pour cela, des contacts ont été pris auprès de 2 spécialistes de l'étanchéité à l'air des menuiseries.

### 3.5 Plan expérimental d'essais sur éléments montés

L'étude a été réalisée selon la série de normes ISO 16000 (parties 3, 6 et 9), tel que défini dans l'arrêté du 19 avril 2011 et dans le protocole « DHUP ». Les éprouvettes d'essai ou les menuiseries à l'échelle 1 ont été conditionnées pendant 28 jours en chambre d'essai d'émission selon la norme EN ISO 16000-9. Les prélèvements d'air ont été réalisés après 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission et les substances volatiles de la liste d'étiquetage (arrêté du 19 avril 2011) ont été recherchées.

Au départ, un pré-conditionnement de 2 semaines à  $23 \pm 2$  °C (humidité non contrôlée) était prévu. Cette étape n'a pas été retenue, sachant que cette stabilisation n'est pas décrite dans les textes normatifs (EN ISO 16000-11) ou réglementaires (arrêté du 19 avril 2011). Par contre, la DHUP précise qu'il convient d'adopter une démarche maximaliste concernant l'échantillonnage, et de retenir le produit le plus émissif sur une gamme donnée (seulement si tous les produits de la gamme ne sont pas testés individuellement).

Dans ces conditions, la fabrication et le temps de « maturation » (stockage à l'air libre en usine de l'éprouvette d'essai ou du produit à l'échelle 1) ont été définis par chaque fabricant pour représenter le délai le plus court entre la fin de la fabrication et l'emballage de la menuiserie pour expédition. Par contre, il a été conseillé de retenir les principes suivants pour la fabrication des menuiseries :

- Choisir des éléments séparés (traverses finies et/ou traitées, joints de calfeutrement et d'étanchéité) d'un même lot pour la fabrication de l'éprouvette d'essai et du produit à l'échelle 1
- Prélever des éléments séparés ayant été réceptionnées de façon récente afin de limiter les émissions de composés volatils au sein de l'usine

Selon ces principes, un plan expérimental sur éléments montés de menuiseries extérieures en bois a été élaboré et proposé aux industriels. Les principes généraux sont repris dans le tableau 2 pour les fenêtres et le tableau 3 pour les portes d'entrée.

Les systèmes de calfeutrement et d'étanchéité n'ont pas été retenus comme des paramètres d'influence prioritaires selon les résultats du plan expérimental obtenus *a posteriori* sur éléments séparés. D'autre part, le type de carrelot (LCA / bois massif) n'a pas été intégré au plan d'expérience car les carrelots en lamellés collés sont presque exclusivement collés vinylique.

De la même façon, les assemblages étant principalement mécaniques (cas des fenêtres) ou avec des colles faiblement émissives (collage vinylique), les menuiseries extérieures ont été fabriquées selon les procédés habituellement appliqués chez l'industriel.

Paramètre d'influence	Essai maximaliste		Essai représentatif			
	1	2	3	4	5	2
<b>Fabricant</b>	Pin	Pin	Pin	Moabi	Chêne	Limba
<b>Essence</b>	SP	HD	HD	HD	non	HD
<b>Préservation</b>	Lasure	Peinture	Lasure	Lasure	Lasure (éprouvette) Peinture (échelle 1)	Peinture
<b>Finition (phase aqueuse)</b>	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6
<b>Epreuve</b>	Essai 1'	Essai 2'	Essai 3' (essai UFME)	Essai 4' (essai UFME)	Essai 5' (essai UFME)	-
<b>Echelle 1</b>						

(SP : solvant pétrolier ; HD : hydrodispersable)

*Tableau 2 : Plan expérimental d'essai sur éléments montés de fenêtres*

L'essai maximaliste sur éléments montés de fenêtres (Essai 1) a consisté à retenir une fenêtre en pin traitée avec un produit de préservation en solvant pétrolier, même si ce type de procédé n'est que très rarement rencontré au niveau industriel (chaîne en activité chez un seul industriel et en cours d'abandon). Cet essai se veut donc avant tout majorant (« cas extrême ») et n'est en aucun cas représentatif des procédés industriels en vigueur actuellement chez les fabricants de fenêtres en bois.

Les autres essais sont plus représentatifs des fenêtres en bois fabriquées en France (Fabricants 2 à 5). Des fenêtres en pin avec un traitement en phase aqueuse ont été testées, en faisant varier la nature de la finition, soit une lasure (Essai 2), soit une peinture (Essai 3).

Les autres essences les plus rencontrées ont ensuite été testées : moabi (Essai 4), chêne (Essai 5), limba (Essai 6). Seuls le moabi et le limba ont nécessité un traitement de préservation préventif en classe d'emploi 3. Les finitions retenues sont celles les plus utilisées par chaque fabricant impliqué dans la fourniture des menuiseries à l'échelle 1 ou des éprouvettes d'essai.



Paramètre d'influence	Essai maximaliste		Essai représentatif					
<b>Fabricant</b>	6	6	6	7	7	7	7	7
<b>Type de porte</b>	Contemporaine	Contemporaine	Contemporaine	Contemporaine	Menuisée	Menuisée	Menuisée	Menuisée
<b>Essence</b>	Pin	Eucalyptus	Chêne	Chêne	Chêne	Chêne	Movingui	Movingui
<b>Cadre</b>	LCA	LCA	LCA	LCA	LCA	LCA	LCA	LCA
<b>Parement</b>	Contreplaqué	Contreplaqué	Contreplaqué	Contreplaqué	Panneau de particules	Panneau de particules	Panneau de particules	Panneau de particules
<b>Préservation</b>	HD	HD	HD	Non	Non	Non	Non	Non
<b>Finition</b>	Lasure	Lasure	Peinture	Peinture	Lasure	Lasure	Lasure	Peinture
<b>Vitrage</b>	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
<b>Isolant</b>	PU	PU	PU	PSE	PU	Non	PU	PU
<b>Eprouvette</b>	Essai 7	Essai 8	Essai 9	Essai 10	Essai 11	Essai 12	Essai 13	Essai 14
<b>Echelle 1</b>	-	Essai 8'	-	-	-	-	Essai 13'	-

(LCA : lamellé collé abouté ; HD : hydrodispersable ; PSE : polystyrène ; PU : polyuréthane)

*Tableau 3 : Plan expérimental d'essai sur éléments montés de portes*

L'essai maximaliste sur élément monté de portes a consisté à tester une menuiserie en pin traitée avec un produit hydrodispersable (Essai 7). Comme pour les fenêtres, les produits en solvant pétrolier sont maintenant bannis des procédés industriels. Les autres essais sont représentatifs des conceptions de portes habituellement fabriquées en France, en terme d'essence de bois et de finition. L'idée a été de tester des portes contemporaines et menuisées.

Les parements et les isolants varient énormément selon les fabricants et la destination des portes (porte palière, porte de pavillon individuel, porte coupe feu, ...). L'influence de ces éléments n'a donc pas pu être étudiée. La nature des parements et des remplissages a seulement résulté de la gamme retenue chez le fabricant selon le type d'essence et de finition appliquée.

En particulier, la nature de l'isolant (PU, PSE) n'a pas été considérée comme un paramètre d'influence car ce type de remplissage est un élément faiblement émissif et pour certains, déjà classés A+ selon d'autres usages dans la construction.

D'autre part, les parements en panneau à base de bois (panneau de particules, contreplaqué) sont connus pour conférer un effet barrière significatif aux éléments situés en dessous, surtout lorsqu'il est revêtu d'un placage bois peu poreux, lui-même recouvert d'une finition opaque.

De la même façon, la nature du cadre n'est pas défini comme un paramètre d'influence car cet élément, lorsqu'il est en LCA, est principalement collé en vinylique. Dans ce contexte, il a semblé plus pertinent de faire varier la nature des finitions appliquées sur le cadre et le placage recouvrant le parement en panneau à base de bois (lasure, peinture).

Le but a été d'étudier la part liée aux émissions propres aux solvants de finition et la capacité des finitions à limiter les émissions de substances volatiles du cadre (émissions de COV) et du parement (émissions de formaldéhyde). Dans ce but, des finitions pouvant contenir des substances volatiles listées dans l'arrêté d'étiquetage ont été privilégiées parmi celles utilisées par les fabricants impliqués dans la fourniture des échantillons de portes.

Enfin, l'influence du vitrage a été étudiée sur un type de porte (porte menuisée en chêne avec une finition lasurée – Essais 11 et 12). Le parement a été en partie remplacé par le vitrage. Le but a été de diminuer la surface du parement de moitié afin de vérifier une diminution des émissions de substances volatiles, en particulier du formaldéhyde, et de confirmer la non émissivité des vitrages et de leurs assemblages.

## 4. DESCRIPTION DES ESSAIS

### 4.1 Principe général

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

- **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 **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 carbonylés de faible poids moléculaire par HPLC/UV selon les conditions de la norme **ISO 16000-3**

Les paramètres tirés de l'arrêté du 19 avril 2011 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)
- Styrène (numéro CAS 100-42-5)
- COVT

### 4.2 Description des éléments d'essai

La référence et le suivi de chaque d'échantillon sont repris dans les tableaux 4 à 6.

#### 4.2.1 Eléments séparés

Les échantillons ont été reçus dans leur emballage commercial (cartouche de mastic) ou dans un film plastique épais (linéaires de joint). Avant leur préparation pour essai, ils ont été stockés à température ambiante tel que décrit dans la norme **EN ISO 16000-11**.

Référence FCBA	Echantillon	Date de réception	Date de début d'essai	
			Préparation éprouvette	Mise en chambre
12/1125R/3	Cartouche de mastic blanc pour fenêtres Silicone élastomère mono-composant, réticulation neutre, système alcoxy	10/10/2012	19/10/2012	19/10/2012
12/1125R/4	Cartouche de mastic blanc pour vitrage Silicone élastomère mono-composant, réticulation neutre, système alcoxy	10/10/2012	16/10/2012	16/10/2012
12/1125R/5	Linéaire de joint de vitrage à sec EPDM (1 mètre) Profilé caoutchouc cellulaire EPDM extrudé à cellules fermées avec adhésif hot melt à base de caoutchouc synthétique thermoplastique	11/10/2012	18/10/2012	18/10/2012
12/1125R/6	4 linéaires de joint sur ouvrant Joint tri-matières tubulaire en caoutchouc TPE	11/10/2012	16/10/2012	16/10/2012

*Tableau 4 : Suivi général des échantillons d'éléments séparés*



*Figure 6 : Echantillons d'éléments séparés*

#### 4.2.2 Eléments montés

Les éprouvettes d'essai ont été reçues dans un emballage hermétique à l'air et aux UV (papier aluminium recouvert d'un film plastique épais). Les produits à l'échelle 1 ont été envoyés et stockés au laboratoire dans l'emballage commercial habituellement fourni par le fabricant de menuiseries en bois.

Avant leur préparation pour essai, les échantillons ont été stockés dans leur emballage à température ambiante tel que décrit dans la norme **EN ISO 16000-11**.

- Eléments montés de fenêtres

Echantillon	Référence	Date de réception	Date de début d'essai	
			Préparation	Mise en chambre
Fenêtre en pin LCA (SP) Assemblage : mécanique ; produit de préservation : solvant pétrolier ; finition : lasure incolore ; liaison ouvrant / vitrage : mastic				
Eprouvette d'essai : 0,55 x 0,19 m	12/1125R/17-2 (Essai 1)	30/05/2013	11/06/2013	11/06/2013
Echelle 1 : 0,95 x 0,9 m	12/1125R/17-1 (Essai 1')	25/04/2013	21/05/2013	21/05/2013
Fenêtre en pin LCA (HD) Assemblage : mécanique ; produit de préservation : hydrodispersable ; finition : peinture opaque blanche ; liaison ouvrant / vitrage : mastic				
Eprouvette d'essai : 0,55 x 0,19 m	12/1125R/8-2 (Essai 2)	28/11/2012	13/12/2012	13/12/2012
Echelle 1 : 1,48 x 1,45 m	12/1125R/8-1 (Essai 2')	02/11/2012	06/11/2012	06/11/2012
Fenêtre en pin massif Assemblage : colle vinylique ; produit de préservation : hydrodispersable ; finition : lasure chêne clair ; liaison ouvrant / vitrage : mastic				
Eprouvette d'essai : 0,55 x 0,19 m	12/1125R/2 (Essai 3)	28/06/2012	26/07/2012	26/07/2012
Echelle 1 : 0,95 x 0,90 m	Essai UFME (Essai 3')	03/07/2012	16/07/2012	(*)
Fenêtre en moabi massif Assemblage : colle vinylique ; produit de préservation : hydrodispersable ; finition : lasure incolore ; liaison ouvrant / vitrage : mastic				
Eprouvette d'essai : 0,55 x 0,19 m	12/1125R/1 (Essai 4)	27/06/2012	26/07/2012	26/07/2012
Echelle 1 : 0,95 x 0,90 m	Essai UFME (Essai 4')	30/11/2011	30/01/2012	(*)
Fenêtre en chêne LCA Assemblage : mécanique (dormant) / Urée-Formol (ouvrant) ; finition : lasure chêne clair (éprouvette d'essai) / pré-peinture blanc opaque (fenêtre) ; liaison ouvrant / vitrage : mastic				
Eprouvette d'essai : 0,55 x 0,19 m	12/1125R/7 (Essai 5)	10/10/2012	19/10/2012	19/10/2012
Echelle 1 : 0,95 x 0,90 m	Essai UFME (Essai 5')	07/02/2012	09/02/2012	(*)
Fenêtre en limba massif Assemblage : mécanique ; produit de préservation : hydrodispersable ; finition : peinture opaque blanche ; liaison ouvrant / vitrage : mastic				
Eprouvette d'essai : 0,55 x 0,19 m	12/1125R/16 (Essai 6)	15/03/2013	20/03/2013	20/03/2013

(LCA : lamellé collé abouté ; SP : solvant pétrolier ; HD : hydrodispersable)

*Tableau 5 : Suivi général des échantillons d'éléments montés de fenêtres*

**Note (\*) :**

L'emballage a été ouvert et l'échantillon a été laissé pendant 25 jours dans une pièce à température et humidité ambiante. Les côtés et le dessous de l'échantillon ont ensuite été recouverts de papier aluminium et le spécimen d'échantillon ainsi préparé a été placé en chambre d'essai d'émission pendant 3 jours.

Cet essai s'apparente plutôt à un essai de 3 jours dans les conditions exigées par la norme EN ISO 16000-9. Les résultats ont tout de même été comparés aux résultats sur éprouvettes d'essai pour lesquelles le conditionnement en chambre de test a réellement duré 28 jours.



*Figure 7 : Echantillons 12/1125R/1 (gauche) et 12/1125R/2 (droite)*



*Figure 8 : Echantillons 12/1125R/7 (gauche) et 12/1125R/8-2 (droite)*





*Figure 9 : Echantillons 12/1125R/16 (gauche) et 12/1125R/17-2 (droite)*



*Figure 10 : Echantillons 12/1125R/17-1 (haut) et 12/1125R/8-1 (bas)*

- Eléments montés de portes

Echantillon	Référence	Date de réception	Date de début d'essai	
			Préparation	Mise en chambre
Porte contemporaine en pin LCA Assemblage : colle EPI ; produit de préservation : hydrodispersable ; finition : lasure en phase aqueuse ; remplissage : PU ; parement : contreplaqué ; huisserie / cadre : LCA collage EPI				
Eprouvette d'essai : 0,19 x 0,31 m + linéaire d' huisserie : 0,19 m	12/1125R/20 (Essai 7)	21/06/2013	26/06/2013	26/06/2013
Porte contemporaine en eucalyptus LCA (lasure) Assemblage : colle EPI ; produit de préservation : hydrodispersable ; finition : lasure en phase aqueuse ; remplissage : PU ; parement : contreplaqué ; huisserie / cadre : LCA collage EPI				
Eprouvette d'essai : 0,19 x 0,31 m + linéaire d' huisserie : 0,19 m	12/1125R/18-2 (Essai 8)	21/06/2013	26/06/2013	26/06/2013
Porte : 2,15 x 0,90 m	12/1125R/18-1 (Essai 8')	13/03/2013	19/04/2013	19/04/2013
Porte contemporaine en eucalyptus LCA (peinture) Assemblage : colle EPI ; produit de préservation : hydrodispersable ; finition : peinture en phase aqueuse ; remplissage : PU ; parement : contreplaqué ; huisserie / cadre : LCA collage EPI				
Eprouvette d'essai : 0,19 x 0,31 m + linéaire d' huisserie : 0,19 m	12/1125R/19 (Essai 9)	21/06/2013	26/06/2013	26/06/2013
Porte contemporaine en chêne LCA (peinture) Assemblage : colle PU ; finition : peinture en phase aqueuse ; remplissage : PSE ; parement : contreplaqué ; huisserie / cadre : LCA en Douglas collage PU ; placage : chêne collage PU				
Eprouvette d'essai : 0,18 x 0,51 m	12/1125R/11 (Essai 10)	15/03/2013	20/03/2013	20/03/2013
Porte menuisée en chêne LCA sans vitrage (lasure) Assemblage : colle PU ; finition : lasure en phase aqueuse ; remplissage : PU ; parement : panneau de particules ; huisserie / cadre : LCA en douglas collage PU ; placage chêne collage PU				
Eprouvette d'essai : 0,15 x 0,28 m	12/1125R/15 (Essai 11)	15/03/2013	20/03/2013	20/03/2013
Porte menuisée en chêne LCA avec vitrage (lasure) Assemblage : colle PU ; finition : lasure en phase aqueuse ; remplissage : vitre ; parement : panneau de particules ; huisserie / cadre : LCA en douglas collage PU ; placage chêne collage PU				
Eprouvette d'essai : 0,15 x 0,25 m	12/1125R/14 (Essai 12)	15/03/2013	20/03/2013	20/03/2013
Porte menuisée en movingui LCA (lasure) Assemblage : colle PU ; finition : lasure en phase aqueuse ; remplissage : PU ; parement : panneau de particules ; huisserie / cadre : LCA en douglas collage PU ; placage movingui collage PU				
Eprouvette d'essai : 0,15 x 0,31 m + linéaire d' huisserie : 0,15 m	12/1125R/12-2 (Essai 13)	15/03/2013	20/03/2013	20/03/2013
Porte : 2,15 x 0,90 m	12/1125R/12-1 (Essai 13')	10/04/2013	22/05/2013	22/05/2013
Porte menuisée en movingui LCA (peinture) Assemblage : colle PU ; finition : peinture en phase aqueuse ; remplissage : PU ; parement : panneau de particules ; huisserie / cadre : LCA en douglas collage PU ; placage movingui collage PU				
Eprouvette d'essai : 0,15 x 0,31 m + linéaire d' huisserie : 0,15 m	12/1125R/13 (Essai 14)	15/03/2013	20/03/2013	20/03/2013

(EPI : Emulsion Polymer Isocyanates ; LCA : lamellé collé abouté ; HD : hydrodispersable ; PSE : polystyrène ; PU : polyuréthane)

**Tableau 6 : Suivi général des échantillons d'éléments montés de portes**



*Figure 11 : Echantillon 12/1125R/20 (épreuve de vantail + linéaire d'hubisserie)*



*Figure 12 : Echantillon 12/1125R/18-2 (épreuve de vantail + linéaire d'hubisserie)*



*Figure 13 : Echantillon 12/1125R/19 (épreuve de vantail + linéaire d'hubisserie)*





Figure 14 : Echantillon 12/1125R/11 (épreuve de vantail)



Figure 15 : Echantillons 12/1125R/15 et 12/1125R/14 (épreuves de vantail)



Figure 16 : Echantillons 12/1125R/12 et 12/1125R/13 (épreuve de vantail + linéaire d'hubriserie)

## 4.3 Description des essais

### 4.3.1 Principe de l'essai

La norme 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 ( $23 \pm 2$  °C), d'humidité relative ( $50 \pm 5$  %) 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 débit d'air spécifique par unité de surface dans la chambre de test (en mètres cubes par mètre carré et par heure ou  $\text{m}^3/(\text{m}^2.\text{h})$ ).

### 4.3.2 Préparation des éprouvettes d'essai

- Éléments séparés

Les échantillons liquides (mastic) ont été homogénéisés. Le mélange a été appliqué sur une plaque de verre dans un cadre afin d'obtenir une couche uniforme de 3 mm d'épaisseur et une largeur de 10 mm. L'échantillon a été transféré immédiatement dans la chambre de test.

Le joint EPDM a été coupé et collé sur une plaque de verre, puis transféré immédiatement dans la chambre de test. Les 4 linéaires en caoutchouc TPE ont été placés sur une plaque de verre, après avoir recouvert leur dos de ruban adhésif aluminium.

Trois essais ont suivi le scénario « très petites surfaces » défini dans l'arrêté du 19 avril 2011 (tableau 7).

Paramètre d'essai		Unités
Surface éprouvette d'essai (S)	0,000833	$\text{m}^2$
Volume chambre d'essai (V)	0,119	$\text{m}^3$
Taux de renouvellement d'air (n)	0,5	$\text{h}^{-1}$
Taux de charge essai ( $L = S/V$ )	0,007	$\text{m}^2/\text{m}^3$
Débit d'air spécifique ( $q_{\text{essai}} = n/L$ )	70	$\text{m}^3/(\text{m}^2.\text{h})$

Tableau 7 : Paramètres d'essai en chambre d'émission pour les essais sur les échantillons 12/1125R/3, 12/1125R/4 et 12/1125R/5

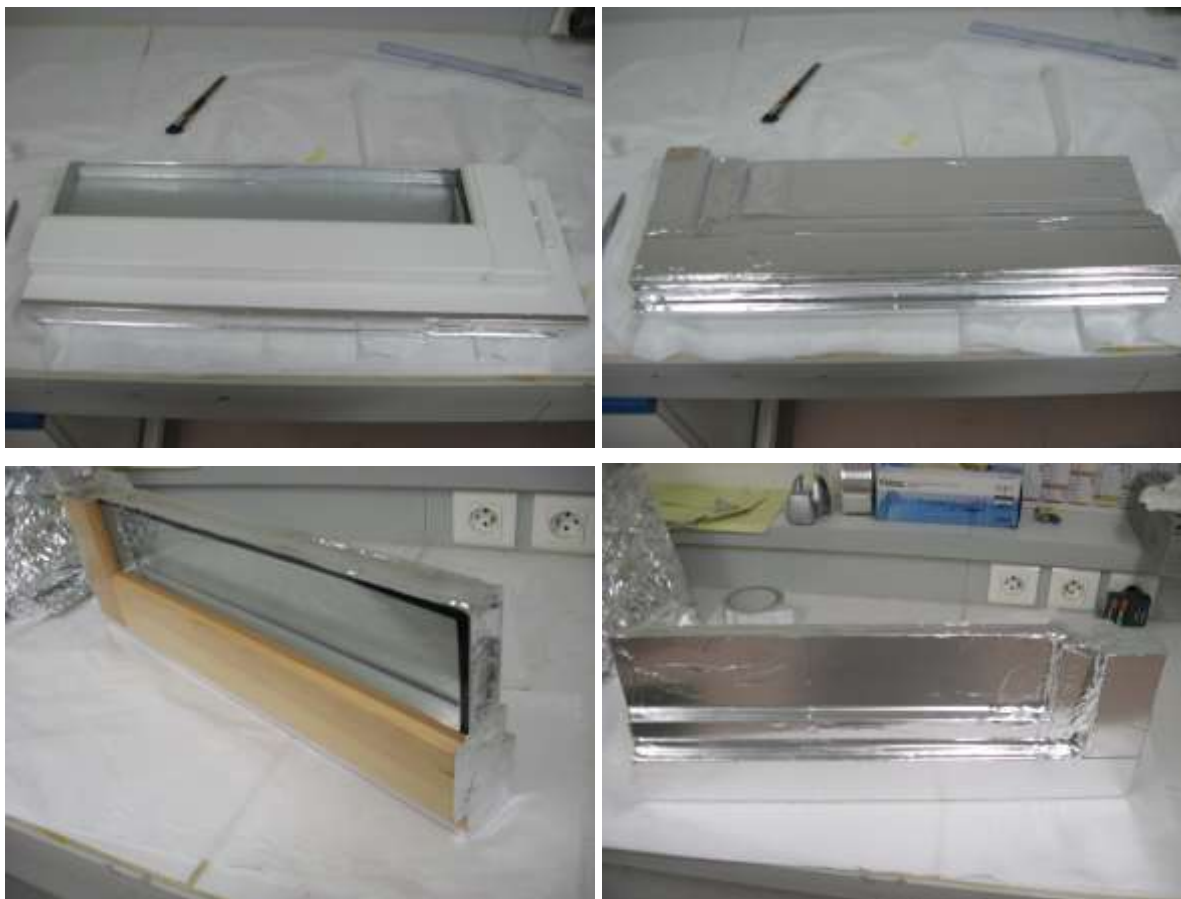
Les paramètres d'essai en chambre de test pour le joint en caoutchouc TPE sont décrits dans le tableau 8.

Paramètre d'essai		Unités
Surface éprouvette d'essai (S)	0,06	m <sup>2</sup>
Volume chambre d'essai (V)	0,119	m <sup>3</sup>
Taux de renouvellement d'air (n)	0,5	h <sup>-1</sup>
Taux de charge essai (L = S/V)	0,007	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Débit d'air spécifique (q <sub>essai</sub> = n/L)	8,3	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)

*Tableau 8 : Paramètres d'essai en chambre d'émission pour les essais sur l'échantillon 12/1125R/6*

- Eléments montés de fenêtres

Les fenêtres et les éprouvettes d'essai ont été préparées à partir des échantillons reçus au laboratoire. Les 4 côtés et la face côté extérieur ont été colmatés à l'aide d'un ruban adhésif aluminium ou d'une feuille d'aluminium. Seule la face intérieure est donc mise au contact de l'air de la chambre d'essai d'émission (figures 17 et 18).



*Figure 17 : Exemples d'éprouvettes d'essai colmatées avec du ruban adhésif aluminium (haut : 12/1125R/8 ; bas : 12/1125R/17-2)*



Figure 18 : Exemple de fenêtre colmatée avec du film aluminium (12/1125R/17-1)

Les paramètres d'essai en chambre de test sont décrits dans les tableaux 9 à 13.

Paramètre d'essai		Unités
Dimension éprouvette d'essai	0,55 x 0,19	m
Surface de l'éprouvette (surface « ouvrant + dormant » selon protocole « DHUP ») (S)	0,075	m <sup>2</sup>
Volume chambre d'essai (V)	0,0509	m <sup>3</sup>
Taux de renouvellement d'air (n)	1,25	h <sup>-1</sup>
Taux de charge essai (L = S/V)	1,47	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Débit d'air spécifique (q <sub>essai</sub> = n/L)	0,85	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)

Tableau 9 : Paramètres d'essai en chambre d'émission pour l'échantillon 12/1125R/1

Paramètre d'essai		Unités
Dimension éprouvette d'essai	0,55 x 0,19	m
Surface de l'éprouvette (surface « ouvrant + dormant » selon protocole « DHUP ») (S)	0,075	m <sup>2</sup>
Volume chambre d'essai (V)	0,0509	m <sup>3</sup>
Taux de renouvellement d'air (n)	1,21	h <sup>-1</sup>
Taux de charge essai (L = S/V)	1,47	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Débit d'air spécifique (q <sub>essai</sub> = n/L)	0,82	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)

Tableau 10 : Paramètres d'essai en chambre d'émission pour l'échantillon 12/1125R/2

Paramètre d'essai		Unités
Dimension éprouvette d'essai	0,55 x 0,19	m
Surface de l'éprouvette (surface « ouvrant + dormant » selon protocole « DHUP ») (S)	0,075	m <sup>2</sup>
Volume chambre d'essai (V)	0,119	m <sup>3</sup>
Taux de renouvellement d'air (n)	0,5	h <sup>-1</sup>
Taux de charge essai (L = S/V)	0,63	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Débit d'air spécifique (q <sub>essai</sub> = n/L)	0,79	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)

Tableau 11 : Paramètres d'essai en chambre d'émission pour les échantillons 12/1125R/7, 12/1125R/8-2, 12/1125R/16 et 12/1125R/17-2

Paramètre d'essai		Unités
Dimension éprouvette d'essai	1,48 x 1,45	m
Surface de l'éprouvette (S)	2,15	m <sup>2</sup>
Volume chambre d'essai (V)	25	m <sup>3</sup>
Taux de renouvellement d'air (n)	0,5	h <sup>-1</sup>
Taux de charge essai (L = S/V)	0,09	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Débit d'air spécifique (q <sub>essai</sub> = n/L)	5,6	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)

Tableau 12 : Paramètres d'essai en chambre d'émission pour l'échantillon 12/1125R/8-1

Paramètre d'essai		Unités
Dimension éprouvette d'essai	0,95 x 0,90	m
Surface de l'éprouvette (S)	0,86	m <sup>2</sup>
Volume chambre d'essai (V)	25	m <sup>3</sup>
Taux de renouvellement d'air (n)	0,5	h <sup>-1</sup>
Taux de charge essai (L = S/V)	0,86	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Débit d'air spécifique (q <sub>essai</sub> = n/L)	0,58	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)

Tableau 13 : Paramètres d'essai en chambre d'émission pour l'échantillon 12/1125R/17-1

Selon la taille de la chambre d'essai d'émission, les conditions expérimentales ne reflètent pas toujours le scénario d'exposition défini dans l'arrêté du 19 avril 2011 (débit d'air spécifique de 7 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.h)). Par contre, et comme prévu dans le protocole de préparation des éprouvettes d'essai de portes et de fenêtres proposé par la DHUP, un autre scénario a été appliqué respectant les conditions expérimentales suivantes :

- 0,25 h<sup>-1</sup> ≤ taux de renouvellement d'air ≤ 1,5 h<sup>-1</sup>
- taux de charge ≤ 2 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

- Eléments montés de portes

La taille de l'éprouvette d'essai a été choisie selon la dimension nominale de la porte et selon les principes du protocole de préparation des éprouvettes d'essai de portes et de fenêtres proposé par la DHUP (figures 19 et 20). Pour certains essais, un linéaire d'hubriserie de la longueur de l'éprouvette d'essai a été rajouté à l'éprouvette de vantail.

Seule la face au contact de l'air intérieur est mise au contact de l'air de la chambre d'essai d'émission. Les chants et la contre-face des portes et des éprouvettes d'essais ont donc été colmatés à l'aide d'un ruban adhésif aluminium ou d'un film aluminium (figures 21 et 22).

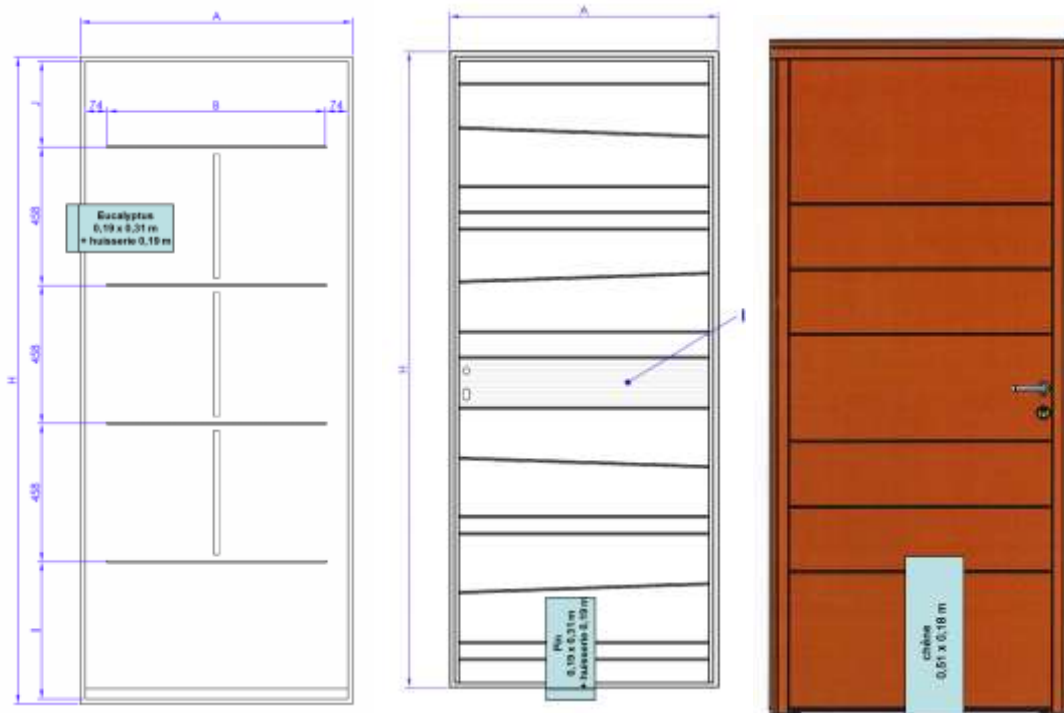


Figure 19 : Découpe de l'éprouvette d'essai dans les portes contemporaines



Figure 20 : Découpe de l'éprouvette d'essai dans les portes menuisées





Figure 21 : Exemples d'éprouvettes d'essai colmatées



Figure 22 : Exemples de portes colmatées (haut : 12/1125R/12-1 ; bas : 12/1125R/18-1)

Les paramètres d'essai en chambre de test sont décrits dans les tableaux 14 et 15.

Paramètre d'essai	12/1125R/...								Unités
	20	18-2	19	11	15	14	12-2	13	
Dimension éprouvette d'essai	0,345 x 0,19	0,345 x 0,19	0,345 x 0,19	0,51 x 0,18	0,28 x 0,15	0,25 x 0,15	0,15 x 0,31	0,16 x 0,31	m
Surface de l'éprouvette (S)	0,065	0,065	0,065	0,092	0,042	0,038	0,047	0,050	m <sup>2</sup>
Volume chambre d'essai (V)	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	m <sup>3</sup>
Taux de renouvellement d'air (n)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	h <sup>-1</sup>
Taux de charge essai (L = S/V)	0,55	0,55	0,55	0,77	0,35	0,32	0,4	0,42	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Débit d'air spécifique (q <sub>essai</sub> = n/L)	0,91	0,91	0,91	0,65	1,43	1,56	1,25	1,19	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)

Tableau 14 : Paramètres d'essai en chambre d'émission (éprouvettes d'essai)

Paramètre d'essai		Unités
Dimension éprouvette d'essai	2,15 x 0,90	m
Surface de l'éprouvette (S)	1,94	m <sup>2</sup>
Volume chambre d'essai (V)	25	m <sup>3</sup>
Taux de renouvellement d'air (n)	0,5	h <sup>-1</sup>
Taux de charge essai (L = S/V)	0,08	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Débit d'air spécifique (q <sub>essai</sub> = n/L)	10	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h)

Tableau 15 : Paramètres d'essai en chambre d'émission (portes)

Selon la taille de la chambre d'essai d'émission, les conditions expérimentales ne reflètent pas toujours le scénario d'exposition défini dans l'arrêté du 19 avril 2011 (débit d'air spécifique de 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.h)). Par contre, et comme prévu dans le protocole de préparation des éprouvettes d'essai de portes et de fenêtres proposé par la DHUP, un autre scénario a été envisagé respectant les conditions expérimentales suivantes :

- 0,25 h<sup>-1</sup> ≤ taux de renouvellement d'air ≤ 1,5 h<sup>-1</sup>
- taux de charge ≤ 2 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

## 4.4 Déroulement de l'essai

### 4.4.1 Lancement de l'essai

Les éprouvettes d'essai et les menuiseries à l'échelle 1 ont été conditionnées à 23 ± 2°C et 50 ± 5% d'humidité relative dans des chambres en verre (50,9 litres) ou acier inoxydable (119 litres, 1 et 25 m<sup>3</sup>). Leur introduction dans la chambre correspond au début (T<sub>0</sub>) de l'essai d'émission.

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



#### 4.4.2 Prélèvement de l'air de la chambre

L'air de la chambre d'essai d'émission a été prélevé selon 2 scénarios :

- Prélèvement après 3 jours de conditionnement pour les essais sur éléments séparés
- Prélèvement après 28 jours de conditionnement pour les essais sur éléments montés

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

- sur adsorbant Tenax TA selon les conditions de la norme 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 ISO 16000-3 pour la mesure du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde

#### 4.4.3 Méthodes de mesure

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

Après élution des cartouches de gel de silice imprégné de DNPH par l'acétonitrile, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde sont analysés par chromatographie liquide haute performance (HPLC) avec détection UV.

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.

Les substances volatiles de la liste d'étiquetage (arrêté du 19 avril 2011) sont quantifiées individuellement par utilisation de leur propre facteur de réponse.

## 5. RESULTATS

### 5.1 Expression de résultats

Les tableaux 18 à 35 reprennent les facteurs d'émission spécifiques (SER) et les concentrations d'exposition ( $C_{exp}$ ) en substances volatiles mesurés après 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission.

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

$$C_{exp} = SER / q_e \text{ avec } q_e : \text{débit d'air spécifique dans la pièce modèle}$$

Les débits d'air spécifiques ont été calculés à partir de différents scénarios :

- Eléments séparés : scénario « joints d'étanchéité vitrage »
- Eléments montés de fenêtres : scénario « fenêtre » défini dans le protocole DHUP
- Eléments montés de portes : scénario « porte » défini dans le protocole DHUP

### 5.1.1 Scénario « joints d'étanchéité vitrage »

Les concentrations d'exposition ont été extrapolées à partir des facteurs d'émission spécifiques et de la fenêtre « type » défini dans le protocole DHUP. La surface totale de joint comprenant les joints d'étanchéité des vitrages (ouvrants) a été calculée en partant de l'hypothèse d'une épaisseur émissive de joint de 2 mm (tableau 16).

Paramètre	Fenêtre « type »
Longueur (m)	1,48
Largeur (m)	1,45
Epaisseur du joint (m)	0,002
Longueur ouvrant (m)	7,34
Surface émissive joint (m <sup>2</sup> )	0,015
Volume (m <sup>3</sup> )	30
Taux de charge (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	0,005
Taux de renouvellement d'air (h <sup>-1</sup> )	0,5
Débit d'air spécifique q <sub>e</sub> (m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h))	1022

Tableau 16 : Calcul du débit d'air spécifique pour un scénario « joints d'étanchéité vitrage »

### 5.1.2 Scénario « fenêtre »

Pour les essais sur modèle réduit (éprouvettes), le débit d'air spécifique a été calculé par comparaison à une fenêtre « type » (dimension 1,48 m x 1,45 m, de type accotherm) placée dans la pièce de référence définie dans l'arrêté du 19 avril 2011. Seule les surfaces émissives d'ouvrant et de dormant sont prises en compte (tableau 17).

Paramètre	Pièce de référence	Fenêtre « type »	Eprouvette d'essai	
Hauteur (m)	-	1,48	0,19	0,19
Largeur (m)	-	1,45	0,55	0,55
Surface émissive totale (m <sup>2</sup> )	2	2,15	0,105	0,105
Surface émissive ouvrant + dormant (m <sup>2</sup> )	-	1,05	0,075	0,075
Volume (m <sup>3</sup> )	30	30	0,0509	0,119
Taux de charge (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	0,07	0,035	1,47	0,63
Taux de renouvellement d'air (h <sup>-1</sup> )	0,5	0,5	1,25	0,5
Débit d'air spécifique q <sub>e</sub> (m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .h))	7	14,3	0,85	0,79

Tableau 17 : Calcul du débit d'air spécifique pour les conditions expérimentales d'un essai d'émission sur éprouvette (chambres de 50,9 et de 119 litres)

Pour les essais sur fenêtres à l'échelle 1 (en chambre de 1 m<sup>3</sup> et de 25 m<sup>3</sup>), le scénario défini dans l'arrêté du 19 avril 2011 a été suivi (débit d'air spécifique de 7 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.h)). La surface émissive de toute la fenêtre (2 m<sup>2</sup>), tel que défini dans la pièce de référence, est alors prise en compte.

### 5.1.3 Scénario « porte »

Pour les essais sur modèle réduit (éprouvettes) et sur portes à l'échelle 1, le scénario défini dans l'arrêté du 19 avril 2011 a été suivi (débit d'air spécifique de  $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ). La surface émissive de toute la porte ( $1,6 \text{ m}^2$ ), tel que défini dans la pièce de référence, est alors prise en compte.

## 5.2 Essais sur éléments séparés

### 5.2.1 Echantillon 12/1125R/3 (Mastic silicone N°1)

Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	< 200	< 0,2
COVT	-	12000	11,7

Tableau 18 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition après 3 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/3

### 5.2.2 Echantillon 12/1125R/4 (Mastic silicone N°2)

Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	220	D < 0,2
COVT	-	2400	2,3

Tableau 19 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition après 3 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/4

### 5.2.3 Echantillon 12/1125R/5 (Joint EPDM)

Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	< 200	< 0,2
COVT	-	< 300	< 0,3

Tableau 20 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition après 3 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/5

### 5.2.4 Echantillon 12/1125R/6 (Joint en caoutchouc TPE)

Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	< 20	< 0,02
COVT	-	31	0,03

Tableau 21 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition après 3 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/6

### 5.3 Essais sur éléments montés de fenêtres

#### 5.3.1 Echantillon 12/1125R/17 (fenêtre en pin LCA - SP)

Essai	1			1'
Echantillon	Eprouvette d'essai			Fenêtre
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	7,2	0,5	< 3
acétaldéhyde	75-07-0	35,6	2,5	3,1
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1	< 1
xylène	1330-20-7	ND	< 1	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1	< 1
COVT	-	20540	1436	2500

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 12/1125R/17

#### 5.3.2 Echantillon 12/1125R/8 (fenêtre en pin LCA - HD)

Essai	2			2'
Echantillon	Eprouvette d'essai			Fenêtre
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	2,5	0,2	0,8
acétaldéhyde	75-07-0	7,4	0,5	1,4
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1	< 1
xylène	1330-20-7	ND	< 1	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1	< 1
COVT	-	474	33	48

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 12/1125R/8

### 5.3.3 Echantillon 12/1125R/2 (fenêtre en pin massif)

Essai	3			3'
Echantillon	Eprouvette d'essai			Fenêtre
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	2,1	0,1	< 3
acétaldéhyde	75-07-0	115	8,0	5,8
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1	< 2
toluène	108-88-3	ND	< 1	< 2
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1	< 2
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1	< 2
xylène	1330-20-7	ND	< 1	< 2
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1	< 2
styrène	100-42-5	ND	< 1	< 2
2-butoxyéthanol	111-76-2	116	8,1	9,6
COVT	-	5072	355	400

Tableau 24 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/2

### 5.3.4 Echantillon 12/1125R/1 (fenêtre en moabi massif)

Essai	4			4'
Echantillon	Eprouvette d'essai			Fenêtre
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	1,5	0,1	< 2
acétaldéhyde	75-07-0	10,7	0,7	< 2
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1	< 2
toluène	108-88-3	ND	< 1	< 2
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1	< 2
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1	< 2
xylène	1330-20-7	4,2	D < 1	< 2
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1	< 2
styrène	100-42-5	ND	< 1	< 2
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1	< 2
COVT	-	676	47	280

Tableau 25 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/1

### 5.3.5 Echantillon 12/1125R/7 (fenêtre en chêne LCA)

Essai	5			5'
Echantillon	Eprouvette d'essai			Fenêtre
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	10,3	0,7	< 2
acétaldéhyde	75-07-0	< 3	< 1	< 2
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1	< 2
toluène	108-88-3	ND	< 1	< 2
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1	< 2
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1	< 2
xylène	1330-20-7	ND	< 1	< 2
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1	< 2
styrène	100-42-5	ND	< 1	< 2
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1	< 2
COVT	-	869	61	180

Tableau 26 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/7

### 5.3.6 Echantillon 12/1125R/16 (fenêtre en limba massif)

Essai	6		
Echantillon	Eprouvette d'essai		
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	2,9	0,2
acétaldéhyde	75-07-0	5,5	0,4
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	7,9	D < 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
xylène	1330-20-7	2,8	D < 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	356	25

Tableau 27 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/16

## 5.4 Essais sur éléments montés de portes

### 5.4.1 Echantillon 12/1125R/20 (porte contemporaine en pin LCA - lasure)

Essai	7		
Echantillon	Eprouvette d'essai		
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	78	7,8
acétaldéhyde	75-07-0	7,4	0,7
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
xylène	1330-20-7	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	44	4,4
COVT	-	590	59

Tableau 28 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/20

### 5.4.2 Echantillon 12/1125R/18 (porte contemporaine en eucalyptus LCA- lasure)

Essai	8			8'
Echantillon	Eprouvette d'essai			Fenêtre
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	11	1,1	10
acétaldéhyde	75-07-0	3,4	0,3	1,5
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1	< 1
éthylbenzène	100-41-4	ND	< 1	< 1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1	< 1
xylène	1330-20-7	ND	< 1	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	15	1,5	< 1
COVT	-	350	35	18

Tableau 29 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/18

5.4.3 Echantillon 12/1125R/19 (porte contemporaine en eucalyptus LCA - peinture)

Essai	9		
Echantillon	Eprouvette d'essai		
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	4,9	0,5
acétaldéhyde	75-07-0	4,7	0,5
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
xylène	1330-20-7	ND	< 1
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	5,5	D < 1
COVT	-	540	54

Tableau 30 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/19

5.4.4 Echantillon 12/1125R/11 (porte contemporaine en chêne LCA - peinture)

Essai	10		
Echantillon	Eprouvette d'essai		
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	16	1,6
acétaldéhyde	75-07-0	8,4	0,8
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	160	16
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
xylène	1330-20-7	630	63
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	15	1,5
COVT	-	1800	180

Tableau 31 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/11



5.4.5 Echantillon 12/1125R/15 (porte menuisée en chêne LCA sans vitrage - lasure)

Essai	11		
	Echantillon	Eprouvette d'essai	
	Composé	N° CAS	SER
formaldéhyde	50-00-0	13	1,3
acétaldéhyde	75-07-0	31	3,1
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	21	2,1
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1
xylène	1330-20-7	110	11
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	590	59

Tableau 32 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/15

5.4.6 Echantillon 12/1125R/14 (porte menuisée en chêne LCA avec vitrage - lasure)

Essai	12		
	Echantillon	Eprouvette d'essai	
	Composé	N° CAS	SER
formaldéhyde	50-00-0	< 5	< 1
acétaldéhyde	75-07-0	22	2,2
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
xylène	1330-20-7	22	2,2
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	270	27

Tableau 33 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/14

#### 5.4.7 Echantillon 12/1125R/12 (porte menuisée en movingui LCA - lasure)

Essai	13			13'
Echantillon	Eprouvette d'essai			Fenêtre
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	8,8	0,9	2,2
acétaldéhyde	75-07-0	12	1,2	2,3
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1	< 1
éthylbenzène	100-41-4	26	2,6	7,6
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	ND	< 1	< 1
xylène	1330-20-7	140	14	34
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1	< 1
COVT	-	1100	110	192

Tableau 34 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/12

#### 5.4.8 Echantillon 12/1125R/13 (porte menuisée en movingui LCA - peinture)

Essai	14		
Echantillon	Eprouvette d'essai		
Composé	N° CAS	SER	C <sub>exp</sub>
formaldéhyde	50-00-0	12	1,2
acétaldéhyde	75-07-0	8,1	0,8
tétrachloroéthylène	127-18-4	ND	< 1
toluène	108-88-3	ND	< 1
éthylbenzène	100-41-4	36	3,6
1,2,4-triméthylbenzène	95-63-6	7,7	D < 1
xylène	1330-20-7	180	18
1,4-dichlorobenzène	106-46-7	ND	< 1
styrène	100-42-5	ND	< 1
2-butoxyéthanol	111-76-2	ND	< 1
COVT	-	1800	180

Tableau 35 : Facteurs d'émission spécifiques et concentrations d'exposition des substances volatiles recherchées après 28 jours en chambre d'essai d'émission sur l'échantillon 12/1125R/13

#### Légende des tableaux 18 à 35 :

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

C<sub>exp</sub> : concentration d'exposition en microgrammes de composé volatil par mètre cube d'air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

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

D : détecté

## 6. DISCUSSION

Les résultats de l'étude « COV Menextbois » ont été discutés selon les objectifs suivants :

- Hiérarchiser les paramètres d'influence (éléments constituant les menuiseries extérieures en bois) sur les émissions de COV et de formaldéhyde et en déduire des règles d'extension
- Vérifier la pertinence du protocole de préparation des éprouvettes de portes et de fenêtres de la DHUP
- Evaluer la contribution des menuiseries extérieures en bois à la pollution de l'air intérieur par comparaison des résultats (concentrations d'exposition) avec l'arrêté d'étiquetage du 19 avril 2011 et en déduire des classes d'émission « génériques »

### 6.1 Composés identifiés

Quel que soit le type de menuiserie en bois, 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 quantification expérimentale de  $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ) : tétrachloroéthylène, 1,4-dichlorobenzène, styrène.

Le toluène a seulement été détecté dans les émissions de l'éprouvette d'essai de fenêtre en limba massif (12/1125R/16) mais à l'état de traces (concentration d'exposition inférieure à  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  après 28 jours de conditionnement en chambre de test).

D'autres substances volatiles ont été plus systématiquement quantifiées mais les niveaux d'émission mesurés après 28 jours de conditionnement en chambre de test restent faibles, en comparaison avec les valeurs de référence de l'arrêté du 19 avril 2011 (tableau 36).

Substance volatile	Réurrence	$C_{\text{exp}}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Classe A+ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Ethylbenzène	5/21	< 1 - 16	750
2-butoxyéthanol	6/21	< 2 - 9,6	1000
Xylène	7/21	< 1 - 63	200
Formaldéhyde	16/21	0,1 - 10	10
Acétaldéhyde	18/21	0,3 - 8,0	200

Tableau 36 : Concentrations d'exposition ( $C_{\text{exp}}$ ) mesurées pour les substances volatiles listées dans l'arrêté d'étiquetage

Pour la plupart, ces substances volatiles sont liées aux solvants des produits de finition (2-butoxyéthanol, xylène, éthylbenzène). Les résultats montrent que les procédés de fabrication des menuiseries en bois sont aboutis et que les solvants se sont presque totalement évaporés après 28 jours de conditionnement en chambre de test.

L'acétaldéhyde a été détecté dans presque tous les échantillons mais à des niveaux de concentration très faibles (concentrations d'exposition comprises entre 0,3 et à  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  après 28 jours de conditionnement en chambre de test). Cet aldéhyde peut provenir des colles mais il est parfois cité comme composé naturel du bois.

Seul le xylène a montré des niveaux plus significatifs mais les résultats sont majoritairement issus d'un même fabricant (N°7). Cet aromatique peut être lié à des solvants pétroliers partiellement désaromatisés mais aussi rentrer dans la composition des colles et des finitions.

Selon ce premier constat, seuls les COVT et le formaldéhyde (de par la limite fixée pour la classe d'émission A+) risquent d'influencer l'interprétation des résultats parmi les substances volatiles à rechercher selon l'arrêté du 19 avril 2011.

La mesure des COVT englobe tous les composés volatils émis et mesurés selon les conditions de la norme 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 ISO 16000-3, comme le formaldéhyde et l'acétaldéhyde. Il reflète aussi bien les émissions de COV provenant des adjuvants (produits de préservation, finitions, colles, ...) que tous les composés naturels du bois susceptibles d'être émis.

Le formaldéhyde a surtout été identifié dans les essais sur les portes. Pour les fenêtres, le niveau d'émission est toujours resté très faible (concentration d'exposition ne dépassant pas  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  après 28 jours de conditionnement en chambre de test des éprouvettes d'essai). Par la suite, seul le paramètre COVT sera donc discuté pour les fenêtres.

## 6.2 Paramètres d'influence

### 6.2.1 Rappel

La revue documentaire a abouti à une liste de paramètres d'influence jugés comme prioritaires et à faire varier dans les essais en chambre de test :

- Essence de bois : résineux / feuillus, sachant que l'essence décrite comme la plus émissive est le pin
- Produits de préservation : solvant pétrolier / hydrodispersable, sachant que les industriels n'emploient plus que des produits en phase aqueuse
- Produits de finition : lasure / peinture, sachant que ce sont toujours des produits en phase aqueuse et que les peintures sont plus filmogènes que les lasures

D'autres paramètres n'ont pas été considérés comme prioritaires par rapport à différents constats scientifiques et techniques :

- Les matériaux composant les menuiseries sont en bois massif ou en lamellé collé abouté (LCA), avec un collage très majoritairement vinylique, et donc faiblement émissif
- Les isolants régulièrement rencontrés dans la fabrication des portes sont faiblement émissifs (PSE, PU) et le parement situé en surface a tendance à créer un effet barrière significatif à ses émissions potentielles (panneau à base de bois recouvert d'un placage bois fini)
- Les parements en panneaux à base de bois peuvent émettre du formaldéhyde mais les niveaux d'émission de ces matériaux sont trop spécifiques de chaque processus de fabrication (type de panneau, fournisseur, nature du placage et de la finition appliquée). Ce paramètre est donc très difficile à faire varier dans un plan d'expérience simplifié

Enfin, d'autres paramètres jugés moins prioritaires ont tout de même été intégrés au plan d'expérience afin d'obtenir des données expérimentales pouvant confirmer l'hypothèse de non émissivité :

- Essais préalables sur des matériaux d'étanchéité des menuiseries bois (mastics et joints), même si certains sont déjà classés A+ pour d'autres usages
- Comparaison d'une porte pleine et d'une porte vitrée afin de vérifier que les verres non traités ne sont pas émissifs

### 6.2.2 Emissions des mastics et des joints en caoutchouc

Les résultats des essais ont montré que les mastics et les joints (EPDM, caoutchouc TPE) ne contribuent pas au niveau d'émission de formaldéhyde d'une menuiserie extérieure en bois. En effet, le niveau d'émission se situe en dessous de la limite de quantification de la méthode (SER de 200  $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ) après 3 jours de conditionnement en chambre de test. Seul le mastic N°2 en émet mais à un niveau légèrement au dessus de la limite de quantification (SER de 220  $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ).

Les facteurs d'émission en COVT sont plus significatifs pour les mastics à base de silicone (SER entre 2400 et 12000  $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ) après 3 jours de conditionnement en chambre de test). Par contre, les joints EPDM et en caoutchouc TPE sont très faiblement émissifs (SER inférieur de 300  $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ) après 3 jours de conditionnement en chambre de test).

Lorsque les résultats sont exprimés en concentration d'exposition selon le scénario défini au chapitre 5.1.1 (scénario « joints d'étanchéité vitrage »), les niveaux d'émission deviennent négligeables :

- Concentration d'exposition inférieure à 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le formaldéhyde
- Concentration d'exposition comprise entre 0,03 et 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les COVT

Il convient de noter que ces données sont obtenues après 3 jours de conditionnement en chambre de test. L'émission des substances volatiles, en particulier les siloxanes pour les mastics, va donc se caractériser par une cinétique d'émission décroissante, et donc une concentration plus faible à 28 jours.

Dans ces conditions, les émissions mesurées après 3 jours en chambre de test ont confirmé la contribution négligeable des mastics et des joints servant à l'étanchéité et le calfeutrement des menuiseries extérieures en bois. Ces éléments ne sont donc pas à considérer comme des paramètres d'influence, dans l'hypothèse d'essais réalisés sur des produits représentatifs du marché français.

### 6.2.3 Influence de l'essence de bois

Le premier paramètre d'influence étudié est la nature de l'essence. Les résultats en COVT ont été comparés pour un même type de finition (lasure) mais sans tenir compte de l'influence de la nature des matériaux (bois massif / LCA, type de colle) :

- Eprouvettes de fenêtre lasurée (Figure 23 haut) : comparaison entre les éprouvettes en pin massif, moabi massif, chêne LCA et limba massif
- Eprouvettes de portes lasurée (Figure 23 bas) : comparaison entre les éprouvettes en movingui, chêne, eucalyptus et pin

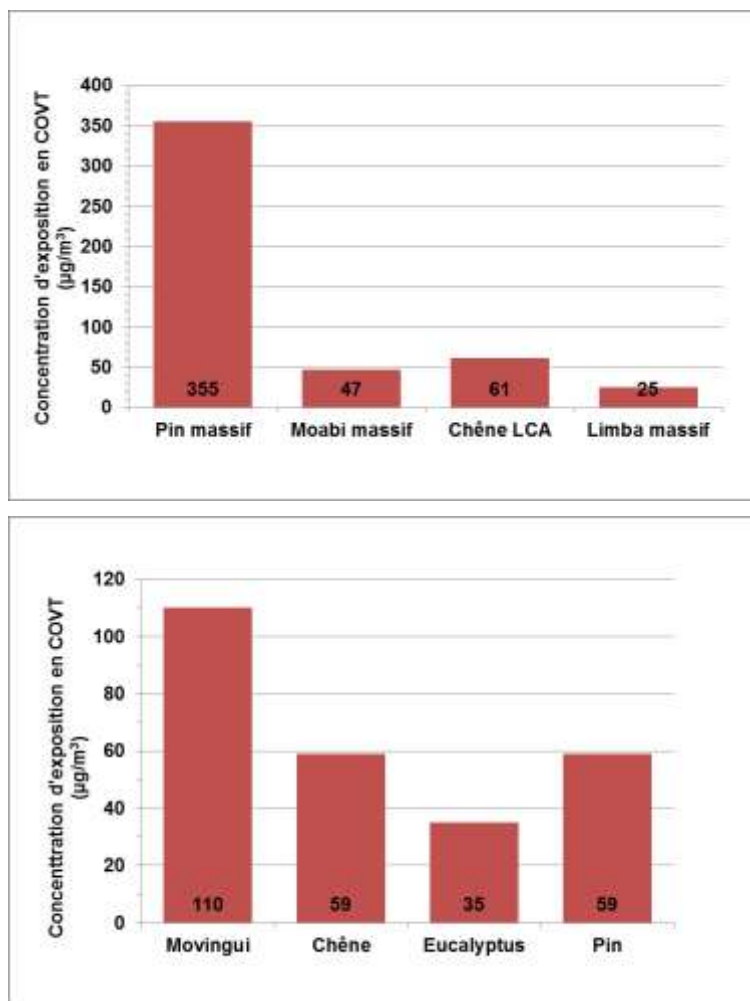


Figure 23 : Concentrations d'exposition en COVT après 28 jours de conditionnement en chambre de test – influence de l'essence de bois  
(haut : éprouvettes de fenêtre lasurée ; bas : éprouvettes de porte lasurée)

L'éprouvette de fenêtre en pin massif a montré l'émission la plus significative. En effet la concentration d'exposition en COVT atteint  $355 \mu\text{g}/\text{m}^3$  après 28 jours de conditionnement en chambre de test, quand les niveaux d'émission des autres essences ne dépassent pas  $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ces premiers résultats confirment donc que les essences résineuses, en l'occurrence le pin, sont plus émissives que les essences feuillues, qu'elles soient métropolitaines (chêne) ou exotiques (moabi, limba). Cette conclusion part de l'hypothèse que les lasures n'ont contribué que faiblement à la charge en COV et qu'elles ont toutes un effet filmogène relativement similaire.

Ces résultats ne sont pas confirmés pour les essais sur les portes. En effet, les éprouvettes en pin, en chêne et en eucalyptus ont montré des niveaux d'émission du même ordre de grandeur (concentration d'exposition en COVT entre  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$  après 28 jours de conditionnement en chambre de test). De son côté, l'éprouvette en movingui a indiqué un résultat d'un facteur 2 par rapport aux autres essences (concentration d'exposition en COVT de  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  après 28 jours de conditionnement en chambre de test).



Ces résultats sont plus difficilement interprétables car l'éprouvette de movingui a montré des émissions de solvants liées aux colles et aux finitions (dont le xylène) pouvant indiquer un part non négligeable de ce type de composé dans le calcul des COVT.

La surface émissive prépondérante sur une porte est en réalité liée à un placage bois appliqué sur un panneau à base de bois et ce dernier n'est que très rarement fabriqué à partir de l'essence servant au placage. D'autre part, les carrelets servant à la fabrication du cadre peuvent être des essences différentes du placage et faiblement émissives, même si ce sont des essences résineuses (douglas par exemple pour les éprouvettes fabriquées chez le fabricant N°7). Dans ces conditions, l'émission d'une porte en bois est surtout le fait du panneau et du cadre, surtout quand le placage bois est poreux (cas des essences dites imprégnables).

Des études réalisées pour les fabricants de panneaux à base de bois (panneaux de particules, MDF, contreplaqués) ont montré que les niveaux d'émission en COV n'étaient pas dépendantes du type de colle mais pouvaient varier selon le type de panneau<sup>15,16,17</sup>.

La charge en COVT des panneaux de particules et des panneaux MDF est avant tout le résultat des émissions de COV naturels du bois. Des 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.

De leur côté, les niveaux d'émission en COVT des panneaux de contreplaqués ont montré des écarts significatifs selon le type d'essence. En effet, les facteurs d'émission en COVT de contreplaqués 100 % pin maritime sont nettement supérieurs à ceux des autres contreplaqués (SER compris entre 200 et 313  $\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$  pour des contreplaqués 100 % pin maritime, SER de 28  $\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$  pour un contreplaqué tout okoumé et SER de 8,5  $\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$  pour un contreplaqué mixte okoumé/peuplier).

Un effet barrière aux COV naturels du bois a aussi été mis en évidence pour les panneaux de particules 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% (finsih 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 ont été proposées (tableau 37).

Type de revêtement	Facteur de réduction
Stratifié, PPSM 65 $\text{g}/\text{m}^2$ , placage bois faible porosité	$\geq 90\%$
PPSM 125 $\text{g}/\text{m}^2$	$< 90\%$
Finish foil (non verni)	$< 80\%$
Placage bois forte porosité	$< 70\%$

*Tableau 37 : Facteurs de réduction de l'émission de formaldéhyde en fonction du type de revêtement (d'après [17])*

A ce niveau de l'étude, seuls les résultats sur des échantillons avec des proportions significatives de bois massif (cas des fenêtres) peuvent donc servir à la définition des règles d'extension. Pour les portes, il convient de relativiser mais les résultats restent faibles pour supposer que l'essence n'est pas un facteur discriminant.

#### 6.2.4 Influence du type de produit de préservation

L'influence du produit de préservation a été étudiée sur les résultats obtenus à partir des éprouvettes de fenêtres en pin. L'émission de l'éprouvette en pin traité avec un produit en solvant pétrolier est nettement supérieure à celle des éprouvettes traitées avec un produit hydrodispersable (figure 24).

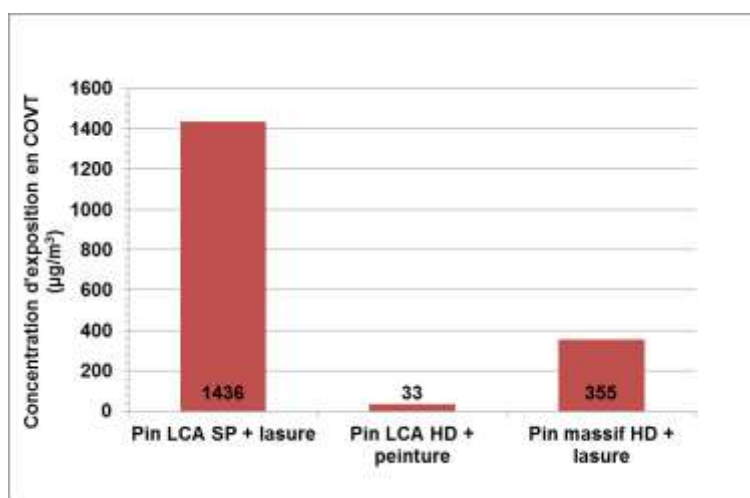


Figure 24 : Concentrations d'exposition en COVT après 28 jours de conditionnement en chambre de test selon le type de produit de préservation - résultats sur éprouvettes de fenêtre (SP : solvant pétrolier ; HD : hydrodispersable)

Ces résultats indiquent que le solvant pétrolier ne s'est pas complètement évaporé après 28 jours d'essai en chambre de test. Cette hypothèse est confirmée par l'identification des substances composant les COVT qui ont montré la part prépondérante d'hydrocarbures aliphatiques et non de composés naturels du bois.

Aucune donnée bibliographique n'a permis d'expliquer ce fort niveau d'émission. Par contre, plusieurs hypothèses peuvent être avancées. Elles sont liées au procédé de fabrication et à la nature de la finition appliquée :

- Effet barrière physique de la lasure appliquée sur les carrelets en pin plus significatif que prévu
- Séchage des carrelets en pin insuffisant avant l'application de la finition (lasure) pouvant entraîner une diminution significative de la cinétique d'émission des solvants pétroliers (phénomène « d'encapsulation »)

Il convient de noter qu'un seul essai a été réalisé avec un traitement en solvant pétrolier. Le nombre d'essais est trop faible pour aboutir à une réponse « générique ». Cependant, comme les produits en solvant pétrolier ne sont plus utilisés dans les procédés industriels des fabricants de menuiseries en bois, aucune investigation complémentaire n'est envisagée.

### 6.2.5 Influence du type de finition

L'influence de la finition a été étudiée pour les éprouvettes de fenêtres en pin et deux sortes d'éprouvettes de portes (movingui, eucalyptus). Des finitions transparentes (lasure) et opaques (peinture) ont été appliquées dans des configurations différentes selon le type de menuiserie :

- Les éprouvettes de portes en movingui et en eucalyptus proviennent d'un même lot de fabrication et les résultats sont directement comparables (figure 25 haut)
- Par contre, les éprouvettes de fenêtres en pin sont issues de fabricants différents (origine et nature des carrelats, même produit de préservation mais procédé de fabrication propre à chaque fabricant) et les résultats sont donc plus difficilement comparables (figure 25 bas)

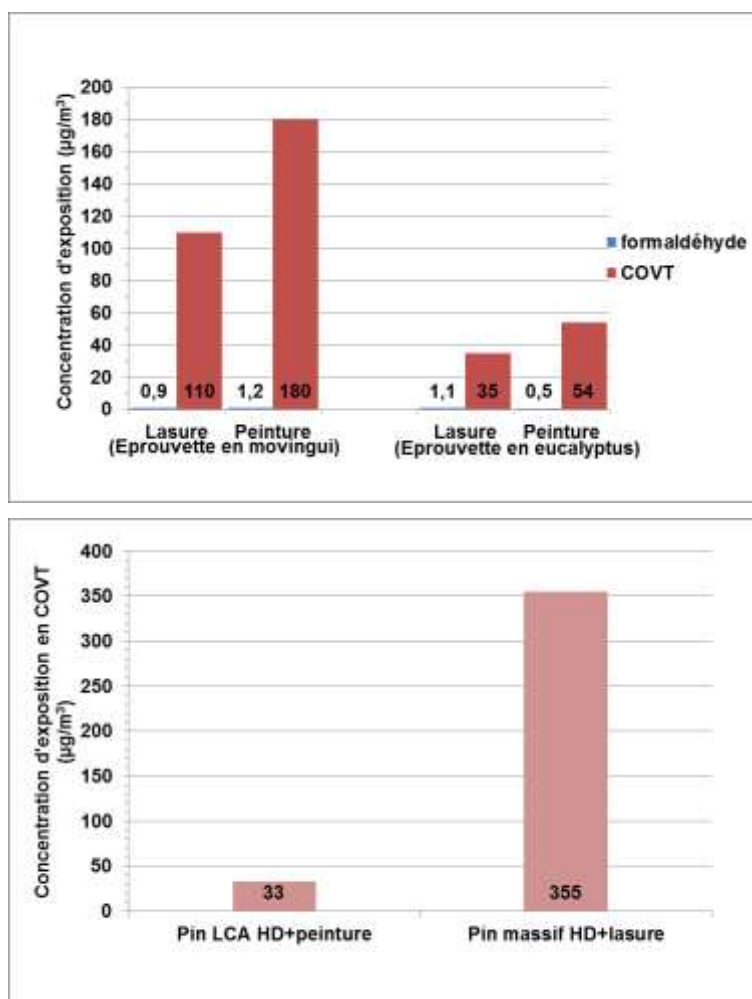


Figure 25 : Concentrations d'exposition en COVT et en formaldéhyde après 28 jours de conditionnement en chambre de test selon le type de finition (haut : éprouvettes de porte ; bas : éprouvettes de fenêtre)

Les essais sur les portes indiquent que les concentrations en formaldéhyde sont proches des limites de quantification de la méthode d'analyse (concentrations d'exposition variant entre 0,5 et 1,2 µg/m<sup>3</sup> après 28 jours de conditionnement des éprouvettes de portes en chambre de test). Ce résultat ne permet donc pas de conclure sur un effet barrière plus ou moins important à cette substance volatile selon le type de finition.

De son côté, le niveau d'émission en COVT est à chaque fois supérieur pour les éprouvettes de portes peintes (de l'ordre d'un facteur 2). Comme une part significative de la charge en COVT peut être le résultat des solvants de finition, l'effet barrière de la finition ne peut pas être mis en évidence.

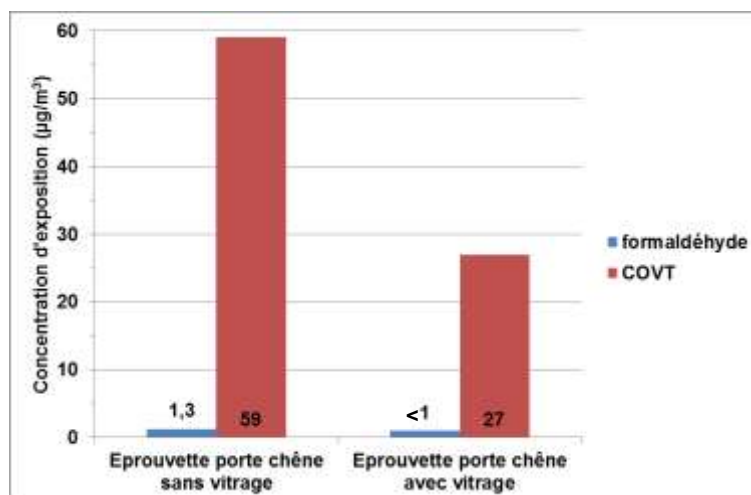
Par contre, les résultats sur éprouvettes de fenêtres en pin sont plus cohérents avec les données bibliographiques. En partant de l'hypothèse que la part de COVT est surtout liée aux composés naturels du bois (essence résineuse), la peinture semble indiquer un effet barrière plus significatif. Toutefois, ce résultat reste à relativiser par la comparaison de deux éprouvettes d'origine totalement différente.

Dans ce contexte, et même si l'étude sur l'influence de la finition ne fournit pas de résultats suffisamment caractéristiques, il reste conseillé de privilégier les essais sur des menuiseries lasurées plutôt que peintes, et de ne prévoir d'essais complémentaires que si les informations techniques fournies par le fabricant de finition indiquent une forte quantité de substances volatiles listées dans l'arrêté d'étiquetage. Ce dernier point reste à envisager comme un facteur de sécurité pour vérifier que les substances volatiles listées dans l'arrêté d'étiquetage se sont bien évaporées après 28 jours de conditionnement de la menuiserie en bois en chambre de test.

#### 6.2.6 Influence du vitrage

L'influence du vitrage a seulement été étudiée pour les portes. En effet, une éprouvette de porte en chêne lasurée a été fabriquée, en remplaçant le remplissage en mousse PU par une vitre jointée avec un mastic à base de silicone.

Les concentrations d'exposition en formaldéhyde et en COVT après 28 jours de conditionnement de l'éprouvette en chambre de test sont présentées sur la figure 26.



*Figure 26 : Concentrations d'exposition en formaldéhyde et en COVT après 28 jours de conditionnement en chambre de test - résultats sur éprouvettes de portes avec et sans vitrage*

Comme pour l'étude sur le rôle de la finition, les concentrations en formaldéhyde sont beaucoup trop faibles pour conclure sur l'influence du vitrage (concentration d'exposition de 1,3 µg/m<sup>3</sup> pour l'éprouvette sans vitrage et inférieure à 1 µg/m<sup>3</sup> pour l'éprouvette avec vitrage).

Par contre, le niveau d'émission en COVT montre une concentration d'exposition 2 fois supérieure pour l'éprouvette de portes avec vitrage (concentration d'exposition de 59 µg/m<sup>3</sup> pour l'éprouvette sans vitrage et de 27 µg/m<sup>3</sup> pour l'éprouvette avec vitrage).

Le vitrage remplace tout le panneau intérieur de la porte menuisée, soit environ 50% de la surface totale de l'éprouvette (voir figure 15). Le facteur de réduction de l'émission en COVT mis en évidence lors de cet essai comparatif semble donc indiquer que le vitrage n'apporte pas de substances volatiles supplémentaires.

Ce résultat confirme donc que le vitrage ne doit pas être considéré comme un paramètre d'influence sur le niveau d'émission en COVT et en formaldéhyde des menuiseries extérieures en bois.

### 6.2.7 Synthèse

Les résultats de l'étude des paramètres d'influence sur les émissions de formaldéhyde et de COVT des menuiseries extérieures en bois sont résumés dans le tableau 38.

Elément	Fenêtre	Porte	Commentaires
Joint de calfeutrement	0	0	-
Liaison ouvrant / vitrage	0	0	Privilégier les mastics à base de silicone
Vitrage	0	0	Privilégier les portes pleines
Assemblage	0	0	Privilégier les assemblages par collage
Essence de bois	++	+	Privilégier les essais sur résineux (pin), sinon essence imprégnable non durable en classe d'emploi 3
Matériau	0	0	Privilégier les carrelats LCA
Produits de préservation	+++ (SP) + (HD)	0	-
Produits de finition (phase aqueuse)	++	+++ (effet barrière)	Privilégier les lasures
Remplissage	0	0	Privilégier les portes pleines
Parement / revêtement	Non Applicable	++ (formaldéhyde)	Privilégier les parements les plus émissifs en formaldéhyde et les placages bois le plus poreux

*Tableau 38 : Synthèse des paramètres d'influence selon le type de menuiserie en bois*

#### Légende :

- 0 : pas d'influence (non discriminant)
- + : peu d'influence
- ++ : paramètre d'influence (discriminant)
- +++ : paramètre d'influence (très discriminant)

### 6.3 Equivalence entre le produit à l'échelle 1 et l'éprouvette d'essai

La pertinence d'utiliser un modèle réduit a été étudiée sur 7 essais de comparaison entre le produit à l'échelle 1 et l'éprouvette d'essai (5 essais sur fenêtres et 2 essais sur portes). Les résultats sont présentés sur la figure 27.

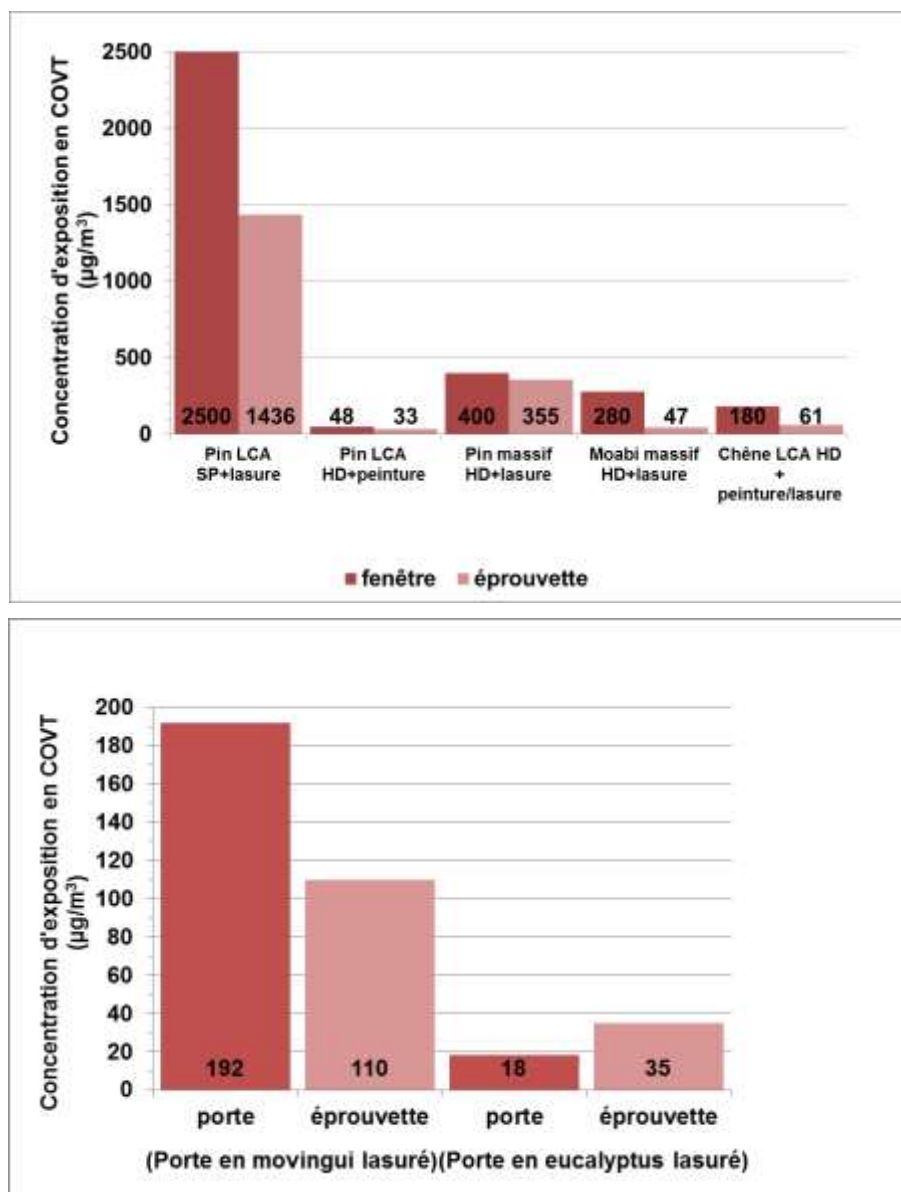


Figure 27 : Concentrations d'exposition en COVT après 28 jours de conditionnement en chambre de test (haut : fenêtres ; bas : portes)

Les résultats montrent des concentrations d'exposition en COVT, soit similaires entre la menuiserie à l'échelle 1 et l'éprouvette d'essai (fenêtre en pin LCA HD+peinture, fenêtre en pin massif HD+lasure, porte en eucalyptus lasuré), soit sous-évaluant les résultats avec l'éprouvette d'essai (fenêtre en pin LCA SP+lasure, fenêtre en moabi massif HD+lasure, porte en movingui lasuré)



L'essai de comparaison sur la fenêtre en chêne LCA est difficilement interprétable car des produits de finition différents ont été appliqués : peinture sur la menuiserie à l'échelle 1 et lasure sur l'éprouvette d'essai.

Globalement, les niveaux d'émission en COVT sont du même ordre de grandeur pour les menuiseries traitées et finies avec des produits en phase aqueuse. Ce constat est avant tout lié aux facteurs d'incertitude pouvant influencer sur les niveaux d'émission en COVT :

- Inhomogénéité du bois (origine géographique des bois, différenciation aubier / cœur pouvant faire varier les niveaux d'imprégnabilité du bois)
- Procédé de fabrication (différence dans la fabrication d'une fenêtre sur une ligne de production industrielle et une éprouvette d'essai au sein d'un atelier)
- Echantillonnage des éléments constituant les menuiseries à l'échelle 1 et les éprouvettes d'essai (variabilité intra et inter-lots, nature et durée du stockage avant essai)
- Difficulté de colmater les produits à l'échelle 1 (portes de 2,15 x 0,9 m ; fenêtres de 1,48 x 1,45 m) afin de rendre non émissifs la face extérieure et les bords
- Méthode d'essai (série de normes ISO 16000) pouvant présenter des incertitudes de mesure analytiques de l'ordre de 45%

En particulier, les écarts mis en évidence sur les fenêtres peuvent aussi s'expliquer par le fait que la dimension de l'éprouvette d'essai définie dans le protocole DHUP est calculée à partir d'une fenêtre de dimension nominale de 1,48 x 1,45 m. Pour des raisons pratiques (disponibilité des chambres d'essai d'émission de grand volume) ou des essais réalisés avant la parution du protocole DHUP (essais UFME), les fenêtres testées ont présenté une dimension intermédiaire de 0,95 x 0,90 m. Seule la fenêtre en pin LCA avec une finition opaque (Essai 2) répond strictement au protocole DHUP. Les autres essais (essais 1, 3, 4 et 5) ont montré une surface de bois différente. Enfin, trois fenêtres (essais 3', 4' et 5') ne sont restées en réalité que 3 jours en chambre de test (après 25 jours de pré-conditionnement dans une pièce à température et humidité ambiantes avec les 2 faces émissives).

Les résultats en formaldéhyde indiquent que les concentrations d'exposition sont pour la plupart proches des limites de quantification. C'est le cas des fenêtres et de la porte en movingui. Par contre, la porte en eucalyptus montre un écart très significatif (tableau 39).

Type de menuiserie en bois	Produit à l'échelle 1	Eprouvette d'essai
Fenêtre en pin LCA (SP+lasure)	< 3	0,5
Fenêtre en pin LCA (HD+peinture)	0,8	0,2
Fenêtre en pin massif (HD+lasure)	< 3	0,1
Fenêtre en moabi massif (HD+lasure)	< 2	0,1
Porte en movingui (lasure)	2,2	0,9
Porte en eucalyptus (lasure)	10	1,1

*Tableau 39 : Concentrations d'exposition en formaldéhyde après 28 jours de conditionnement en chambre de test*

Globalement, les niveaux d'émission en formaldéhyde mesurés sur éprouvettes de fenêtres n'entraînent donc pas de risque réel d'interprétation. Par contre, l'essai réalisé sur une éprouvette de porte risque de sous évaluer le résultat d'un facteur 10 si la porte avait été testée sous forme d'éprouvette.

Cependant, seules deux séries d'essais ont été réalisées et n'ont permis de tester qu'un nombre réduit de parements (contreplaqué, panneau de particules) et de finitions (lasure, laque). Dans ces conditions, des essais complémentaires sont nécessaires sur les portes d'entrée en bois avant de conclure à l'équivalence ou non entre la menuiserie à l'échelle 1 et l'éprouvette d'essai.

Actuellement, le principe du protocole DHUP (fabrication d'un modèle réduit pouvant être testé dans une chambre d'essai d'émission de petit volume) peut être seulement validé sur les fenêtres en bois avec des produits en phase aqueuse (préservation, finition).

Par contre, l'étude des paramètres d'influence (chapitre 6.2.7) a permis de conclure sur la très faible émissivité des vitrages, des joints de calfeutrement et d'étanchéité entre l'ouvrant et le vitrage. Dans ces conditions, une évolution du protocole DHUP pourrait être envisagée afin de rapprocher les essais avec ceux réalisés pour les fenêtres en PVC ou en aluminium (option 3 : essais sur composants) :

- Simplification du protocole en ne testant que les carrelés traités et/ou finis
- Sans vitrage, ni joint, avec la possibilité de les assembler pour tester des collages potentiellement émissifs

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

### 6.4.1 Préambule

Il n'a pas été tenu compte de l'incertitude de la mesure du formaldéhyde et des COVT selon la série de normes ISO 16000 dans la comparaison des concentrations d'exposition à l'arrêté du 19 avril 2011. Cependant, il convient de noter que les laboratoires accrédités pour ce type de normes présentent en moyenne des incertitudes de mesure autour de 45%.

Les données statistiques d'une étude inter-laboratoires réalisée en 2008 par FCBA pour mesurer les émissions de COV et de formaldéhyde d'un panneau de particules selon la série de normes ISO 16000 confirment ces données d'incertitude<sup>18</sup>. Après 28 jours d'essai en chambre d'émission, les résultats selon la norme ISO 16000-3 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<sup>3</sup>. Il conviendrait de multiplier par 2 cet écart type relatif pour obtenir l'incertitude de mesure élargie.

De la même façon, l'étude a montré que l'inhomogénéité des échantillons liée aux composés naturels des bois reste une variable très aléatoire dépendant de l'essence de bois et du procédé de fabrication du produit (coefficient de variation de reproductibilité entre les 6 laboratoires participants de 32% pour une concentration moyenne en COVT de 120 µg/m<sup>3</sup>). De la même façon, l'incertitude de mesure élargie atteindrait donc 64% selon la norme ISO 16000-6.

### 6.4.2 Principe général

Les résultats d'émission en substances volatiles 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 40).

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, et 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 (voir chapitres 5.1.2 et 5.1.3) et exprimé en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .







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

#### 6.4.3 Classes d'émission résultantes

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 menuiseries extérieures en bois : formaldéhyde, COVT.

Les concentrations d'exposition en formaldéhyde et en COVT calculées à partir d'un scénario « fenêtre » positionnent les échantillons très en dessous de la limite de la classe A+, à condition d'utiliser uniquement des produits de traitement et de finition en phase aqueuse (tableau 41).

Type de fenêtre	Référence	Formaldéhyde	COVT	Autres substances volatiles	Classe d'émission résultante
Pin LCA traitement SP, lasure	Essai 1/1'	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	Echelle 1 : C Epreuve : A	A+	
Pin LCA traitement HD, peinture	Essai 2/2'	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	A+	
Pin massif traitement HD, lasure	Essai 3/3'	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	A+	
Moabi massif traitement HD, lasure	Essai 4/4'	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	A+	
Chêne LCA pas de traitement lasure (échelle 1) / peinture (épreuve)	Essai 5/5'	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	A+	
Limba massif traitement HD, peinture	Essai 6	A+	A+	A+	

(LCA : lamellé collé abouté ; SP : solvant pétrolier ; HD : hydrodispersable)

Tableau 41 : Classe d'émission résultante selon le type de menuiserie extérieure en bois pour un scénario « fenêtre »

En effet, la concentration d'exposition en formaldéhyde ne dépasse jamais  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et celle en COVT reste toujours comprise entre 52 et  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il n'y a donc pas de risque de changement de classe si l'essai est réalisé sur la menuiserie à l'échelle 1 (fenêtre) ou sur modèle réduit (éprouvette), tout en intégrant une incertitude de mesure élargie de 45 %.








Par contre, les classes d'émission divergent selon le type d'échantillon pour l'essai sur la menuiserie traitée avec un produit en solvant pétrolier (classe A pour l'éprouvette d'essai et classe C pour la menuiserie à l'échelle 1). Ce constat est le résultat d'un seul essai et les incertitudes liées à l'échantillonnage et à la mesure sont trop aléatoires pour conclure sur une classe d'émission générique.

Comme les procédés de traitement industriels en classe d'emploi 3 utilisent maintenant des produits en phase aqueuse (hydrodispersables), aucune investigation complémentaire sur les menuiseries traitées avec un produit en solvant pétrolier n'est à envisager. Par contre, en cas d'emploi d'un produit de traitement en solvant pétrolier, il conviendrait de réaliser obligatoirement l'essai sur la menuiserie à l'échelle 1.

Actuellement, la seule classe d'émission générique qui peut être proposée pour des fenêtres en bois est donc la suivante :

**Classe A+ quel que soit le type d'essence de bois mais si et seulement si le carrelat a été traité et fini avec un produit en phase aqueuse**

De son côté, le niveau d'émission en COVT mesuré sur les échantillons de portes d'entrée en bois entraînerait un classement A+ selon le scénario « porte » (tableau 42). En effet, les concentrations d'exposition en COVT varient entre 18 et  $192 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Type de fenêtre	Référence	Formaldéhyde	COVT	Autres substances volatiles	Classe d'émission résultante
Pin LCA traitement HD, peinture, parement CP	Essai 7	A+	A+	A+	
Eucalyptus LCA traitement HD, lasure, parement CP	Essai 8/8'	Echelle 1 : A Epreuve : A+	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	A+	
Eucalyptus LCA traitement HD, peinture, parement CP	Essai 9	A+	A+	A+	
Chêne LCA pas de traitement, peinture, parement CP	Essai 10	A+	A+	A+	
Chêne LCA pas de traitement, lasure, parement PP	Essai 11/12	Sans vitrage : A+ Avec vitrage : A+	Sans vitrage : A+ Avec vitrage : A+	A+	
Movingui LCA pas de traitement, lasure, parement PP	Essai 13/13'	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	A+	
Movingui LCA pas de traitement, peinture, parement PP	Essai 13/13'	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	Echelle 1 : A+ Epreuve : A+	A+	

(LCA : lamellé collé abouté ; SP : solvant pétrolier ; HD : hydrodispersable ; CP : contreplaqué ; PP : panneau de particules)

**Tableau 42 : Classe d'émission résultante selon le type de menuiserie extérieure en bois pour un scénario « porte »**

Par contre, les concentrations d'exposition en formaldéhyde entraînent un résultat différent pour un essai (essai 8/8' : fenêtre en eucalyptus avec une finition lasurée). L'éprouvette d'essai est classée A+ selon le scénario d'exposition « porte » tandis la menuiserie à l'échelle 1 passe en A.

Si tous les résultats étaient interprétés avec un facteur d'incertitude de 45%, deux essais pourraient montrer un changement de classe :

- Eprouvette de porte en pin LCA avec une finition lasurée (essai 7) :  $7,8 \pm 3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit une concentration à cheval sur les classes A+ et A
- Porte en eucalyptus LCA avec une finition lasurée (essai 8) :  $10 \pm 4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit une concentration à cheval sur les classes A+ et A

Seulement deux essais de comparaison entre menuiserie à l'échelle 1 et éprouvette ont été réalisés au cours de cette étude. D'autre part, les résultats sont totalement tributaires du niveau d'émission en formaldéhyde du parement et de l'effet barrière potentiel lié au revêtement (placage) et à la finition.

Le niveau A pourrait tout de même être retenu comme classe d'émission pour les portes d'entrée en bois, qu'elles soient menuisées ou contemporaines. En effet, les essais sur menuiserie à l'échelle 1 doivent être privilégiés dans l'attente d'essais complémentaires, afin de ne pas risquer de sous évaluer la classe d'émission.

Par contre, 9 essais sur 10 réalisés au cours de cette étude montrent que cette classe serait très majorante pour certains fabricants de menuiseries extérieures en bois. Selon ces premiers résultats, aucune classe d'émission générique ne peut donc être pour le moment envisagée.

## 7. CONCLUSIONS DE L'ETUDE

L'étude « COV Menextbois » a permis de caractériser les émissions en polluants volatils de menuiseries extérieures en bois (fenêtres, portes d'entrée). Le but était de positionner la gamme complète de menuiseries extérieures en bois fabriquées 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 ».

Les résultats ont aussi permis de hiérarchiser les paramètres pouvant influencer les émissions de formaldéhyde et de COV par les fenêtres et les portes d'entrée en bois et de valider le principe du protocole DHUP (fabrication d'un modèle réduit pouvant être testé dans une chambre d'essai d'émission de petit volume).

La représentativité de fenêtres et de portes d'entrée en bois retenues pour cette étude a été préalablement discutée avec l'Union des Fabricants de Menuiseries Extérieures (UFME). Le principe a consisté à privilégier des références commerciales caractéristiques de la production française. Les essais ont été réalisés en chambre d'essai d'émission selon la série de normes ISO 16000 (parties 3, 6 et 9).

Parmi les substances volatiles listées dans l'arrêté du 19 avril 2011, plusieurs d'entre elles (acétaldéhyde, xylène, 2-butoxyéthanol, éthylbenzène) ont été détectées dans les émissions des menuiseries extérieures en bois mais les concentrations d'exposition restent toujours en dessous des limites de la classe d'émission A+. Seuls les résultats en formaldéhyde et en COVT ont réellement influencé le classement.



A partir des résultats de cette étude, un classement « générique », c'est à dire commun à toutes les menuiseries extérieures en bois fabriquées en France, a été proposé pour les fenêtres. Il repose sur la représentativité des produits et des unités de production retenues lors de cette étude.

En effet, les essais réalisés selon la série de normes ISO 16000 sur des fenêtres représentatives de la production française et avec l'application de finitions et de produits de préservation en phase aqueuse ont abouti à un classement A+ selon l'arrêté d'étiquetage (arrêté du 19 avril 2011).

D'autre part, l'étude des paramètres d'influence a permis de conclure sur la très faible émissivité des vitrages, des joints de calfeutrement et d'étanchéité entre l'ouvrant et le vitrage. Les principaux paramètres d'influence restent la nature des adjuvants (produits de préservation et de finition), et dans une moindre mesure l'essence de bois.

Dans ces conditions, une évolution du protocole DHUP peut être envisagée et proposée afin de rapprocher les essais avec ceux réalisés pour les fenêtres en PVC ou en aluminium (option 3 : essais sur composants) :

- Simplification du protocole en ne testant que les carrelets traités et/ou finis
- Sans vitrage, ni joint, avec la possibilité de les assembler pour tester des collages potentiellement émissifs

La même démarche a été envisagée sur des portes d'entrée en bois menuisées et contemporaines mais les résultats n'ont pas permis de conclure sur une classe d'émission générique. En effet, un essai a montré un écart significatif entre l'éprouvette d'essai et la menuiserie à l'échelle 1, entraînant un changement de classe d'émission (A+ à A).

Ce résultat a aussi mis en évidence l'influence des facteurs d'incertitude lorsque le protocole DHUP est appliqué (influence du procédé de fabrication, du stockage avant essai, variabilité inter et/ou intra-lots, incertitude analytique). D'autre part, seules deux séries d'essais ont été réalisées et n'ont permis de tester qu'un nombre réduit de parements (contreplaqué, panneau de particules) et de finitions (lasure, laque).

Ces différents constats incitent à réaliser des essais complémentaires sur les portes d'entrée afin de mieux cerner les paramètres influençant les émissions de formaldéhyde et de COV. Une étude complémentaire est donc envisagée (« COV Menextbois 2 »). L'objectif sera d'aboutir à des classes génériques directement applicables par les industriels et à la validation du protocole DHUP (essai sur une éprouvette d'essai).

En particulier, il est prévu de réaliser des essais sur les 4 types de portes déjà testées dans le cadre de l'étude « COV Menextbois » afin de vérifier la variabilité inter-lots (2 périodes de fabrication). D'autre part, chaque porte sera fabriquée en double (en suivant un processus de fabrication strictement identique) :

- La 1<sup>ère</sup> porte sera testée dans son entier
- La 2<sup>nde</sup> porte sera découpée en 3 éprouvettes d'essai représentatives pour être testées par un même laboratoire (fidélité intermédiaire) ou par différents laboratoires (reproductibilité) accrédités EN ISO/CEI 17025

Par contre, les résultats de l'étude « COV Menextbois » fournissent d'assez d'informations pratiques pour aider les fabricants de menuiseries extérieures en bois à optimiser leurs campagnes d'essai selon la série de normes ISO 16000 et ainsi mieux répondre à l'arrêté 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 (arrêté du 19 avril 2011).



Un guide simplifié de l'étiquetage obligatoire des fenêtres et portes d'entrée en bois à l'usage des professionnels a donc été rédigé et proposé en annexe. Il résume les paramètres d'influence sur les émissions de formaldéhyde et de COVT des menuiseries extérieures en bois, les classes d'émission pouvant être revendiquées dans l'attente d'essais de confirmation, et les règles d'extension pouvant être réalisées sur la gamme de produits à partir des essais réalisés selon la série de normes ISO 16000.

## 8. ANNEXE : GUIDE SIMPLIFIE DE L'ETIQUETAGE A USAGE DES PROFESSIONNELS

### Aide à l'étiquetage des menuiseries extérieures en bois selon l'arrêté du 19 avril 2011

Les résultats d'essais réalisés selon la série de normes ISO 16000 (parties 3, 6 et 9) sur des produits représentatifs de la production française ont permis de fournir des informations sur les niveaux d'émission en COV et en formaldéhyde des menuiseries extérieures en bois (Etude Codifab « COV Menextbois »<sup>1</sup>).

Cette étude a permis de tirer des principes généraux pour aider les fabricants de fenêtres et de portes d'entrée en bois à répondre efficacement à l'étiquetage obligatoire demandé dans le cadre de l'arrêté du 19 avril 2011. Ces principes concernent les points suivants :

- La définition des paramètres d'influence à prioriser pour mesurer les émissions de formaldéhyde et de COVT des menuiseries extérieures en bois
- Le choix de classes d'émission pouvant déjà être revendiquées selon le type de menuiserie dans l'attente d'essais de confirmation par le fabricant de menuiseries extérieures en bois
- La définition de règles d'extension pouvant être réalisées sur une gamme de produits à partir des résultats d'essais réalisés selon la série de normes ISO 16000 (parties 3, 6 et 9) sur des échantillons majorants ou représentatifs

#### 1) Paramètres d'influence

Pour répondre à l'arrêté du 19 avril 2011, il convient d'adopter une démarche maximaliste concernant l'échantillonnage, et de retenir le produit le plus émissif sur une gamme donnée (si tous les produits de la gamme ne sont pas testés individuellement).

La fabrication et le temps de « maturation » (stockage à l'air libre en usine de l'éprouvette d'essai ou du produit à l'échelle 1) doivent donc être définis par chaque fabricant pour représenter le délai le plus court entre la fin de la fabrication et l'emballage de la menuiserie pour expédition au laboratoire d'essai. Les matériaux rentrant dans la fabrication des menuiseries doivent être prélevés dans le stock de façon récente afin de limiter les émissions de composés volatils au sein de l'usine.

Les paramètres d'influence jugés comme prioritaires et à faire varier dans les essais en chambre de test sont :

- Essence de bois : l'essence décrite comme la plus émissive est le pin
- Produit de préservation, même si un seul type de traitement est généralement utilisé par l'industriel (nature du produit, procédé de traitement)
- Produit de finition (finition transparente ou opaque, extrait sec, grammage)

Il est conseillé de privilégier les essais sur des finitions transparentes (lasure) plutôt qu'opaques (peinture), et de ne prévoir d'essais complémentaires que si les informations techniques fournies par le fabricant de la finition indiquent une forte quantité de substances volatiles listées dans l'arrêté d'étiquetage. Ce dernier point reste à envisager comme un facteur de sécurité pour vérifier que les substances volatiles listées dans l'arrêté d'étiquetage se sont bien évaporées après 28 jours de conditionnement de la menuiserie en bois en chambre de test.

Pour les portes, il est préconisé de faire varier la nature des finitions appliquées sur le revêtement recouvrant le parement en panneau à base de bois. Le but est d'étudier la part liée aux émissions propres au solvant de finition et la capacité de la finition à limiter les émissions de substances volatiles du cadre (émissions de COV) et du parement (émissions de formaldéhyde). Pour cela, des informations sur les niveaux d'émission des parements bruts ou revêtus (placage + finition) doivent être recueillis auprès des fournisseurs.

<sup>1</sup> Yrieix C., Etude « COV Menextbois », Caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par les menuiseries extérieures en bois, Codifab, 05/02/2014, rapport 402/12/1125R v2, 64 pp

D'autres paramètres ne seront pas à considérer comme prioritaires selon les hypothèses suivantes (à confirmer avec les fournisseurs) :

- Les matériaux composant les menuiseries sont en bois massif ou en lamellé collé abouté (LCA) avec un collage très faiblement émissif
- Les isolants régulièrement rencontrés dans la fabrication des portes sont faiblement émissifs (PSE, PU) et le parement situé en surface a tendance à créer un effet barrière significatif à ses émissions potentielles (panneau à base de bois recouvert d'un placage bois fini)
- Les parements en panneaux à base de bois peuvent émettre du formaldéhyde mais les niveaux d'émission de ces matériaux sont trop spécifiques de chaque procédé de fabrication (type de panneau, fournisseur, nature du placage et de la finition appliquée). Ce paramètre est donc très difficile à définir en amont sans essais « d'orientation »
- Les matériaux d'étanchéité des menuiseries bois (mastics, joints) ne contribuent que très faiblement à l'émission complète de la menuiserie extérieure en bois
- Les verres non traités ne sont pas émissifs

Pour chaque matériau rentrant dans la fabrication des fenêtres et des portes d'entrée en bois, les paramètres pouvant influencer les émissions de COV et de formaldéhyde sont repris dans le tableau I :

Élément	Fenêtre	Porte d'entrée	Commentaires
<b>Joint de calfeutrement</b>	0	0	-
<b>Liaison ouvrant / vitrage</b>	0	0	Privilégier les mastics à base de silicone
<b>Vitrage</b>	0	0	Privilégier les portes pleines
<b>Assemblage</b>	0	0	Privilégier les assemblages par collage
<b>Essence de bois</b>	++	+	Privilégier les essai sur résineux (pin), sinon essence imprégnable non durable en classe d'emploi 3
<b>Matériau</b>	0	0	Privilégier les carrelats LCA
<b>Produits de préservation</b>	+++ (SP) + (HD)	0	A ne pas faire varier (souvent un seul type de traitement)
<b>Produits de finition (phase aqueuse)</b>	++	+++ (effet barrière)	Privilégier les lasures
<b>Remplissage</b>	0	0	Privilégier les portes pleines
<b>Parement / revêtement</b>	Non Applicable	++ (formaldéhyde)	Privilégier les parements les plus émissifs en formaldéhyde et les placages bois les plus poreux

*Tableau I : Synthèse des paramètres d'influence selon le type de menuiserie en bois*

**Légende :**

- 0 : pas d'influence (non discriminant)
- + : peu d'influence
- ++ : paramètre d'influence (discriminant)
- +++ : paramètre d'influence (très discriminant)

## 2) Définition de classes d'émission génériques

- Fenêtres en bois

Actuellement, la seule classe d'émission générique qui peut être proposée s'applique aux fenêtres en bois traitées et finies avec des produits en phase aqueuse (tableau II) :

Menuiserie en bois	Classe d'émission pour un scénario « fenêtre »	Commentaires
Fenêtre		S'applique uniquement aux fenêtres en bois traitées et finies avec des produits en phase aqueuse

Tableau II : Proposition d'une classe d'émission générique pour les fenêtres en bois

Cette classe d'émission générique ne s'applique pas pour des fenêtres en bois traitées et/ou finies avec un produit en solvant pétrolier. Pour définir la classe d'émission, il conviendra de réaliser obligatoirement l'essai sur la fenêtre en bois à l'échelle 1.

- Portes d'entrée en bois

Les résultats sur les portes d'entrée en bois sont totalement tributaires du niveau d'émission en formaldéhyde du parement et de l'effet barrière potentiel lié au revêtement (placage) et à la finition. Aucune classe d'émission ne peut donc être proposée.

Par contre, le niveau A pourrait tout de même être retenu comme classe d'émission majorante pour les portes d'entrée en bois, qu'elles soient menuisées ou contemporaines (tableau III). Sans connaissance précise des paramètres influençant la composition des portes, les essais sur menuiseries à l'échelle 1 doivent être privilégiés.

Menuiserie en bois	Classe d'émission pour un scénario « porte »	Commentaires
Porte d'entrée		S'applique uniquement aux portes en bois traitées et finies avec des produits en phase aqueuse

Tableau III : Proposition d'une classe d'émission majorante pour les portes d'entrée en bois

Ces différentes classes d'émission sont proposées dans le but d'aider les industriels à répondre sur du court terme aux échéances liées au décret d'étiquetage n°2011-321 du 23 mars 2011. Toutefois, il est fortement conseillé à chaque fabricant, de confirmer ces classes par des essais, soit maximalistes, soit représentatifs de la gamme de menuiseries extérieures en bois mise sur le marché.

Pour le moment, le protocole DHUP préconise de réaliser les essais sur menuiseries en bois selon les options 1 (essai sur la porte ou la fenêtre à l'échelle 1) et 2 (essai sur une éprouvette d'essai représentative de la porte ou la fenêtre)<sup>2</sup>. Une évolution du protocole DHUP peut être envisagée afin de rapprocher les essais sur fenêtres en bois avec ceux réalisés pour les fenêtres en PVC ou en aluminium (option 3 : essais sur composants) :

- Simplification du protocole en ne testant que les carrelés traités et/ou finis, sans vitrage, ni joint, avec la possibilité de les assembler pour tester des collages potentiellement émissifs

<sup>2</sup> MEDDE, Étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils selon le décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 et l'arrêté du 19 avril 2011, Protocole de préparation des éprouvettes d'essai de portes et de fenêtres, 03/2012, [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN\\_protocole\\_portes\\_et\\_fenêtres.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_protocole_portes_et_fenêtres.pdf)

Pour les portes d'entrée, il convient de continuer à réaliser les essais selon l'option 1 ou l'option 2 définies dans le protocole DHUP.

Enfin, la réduction de l'éprouvette d'essai au profilé, comme préconisé pour les fenêtres en bois, ne s'applique pas aux portes fenêtres pour lesquelles le soubassement en panneau à base de bois est le paramètre le plus influent. Pour ce type d'essai, il convient de se rapprocher d'un essai de type « porte ».

### 3) Règles d'extension

Les règles d'extension à la gamme complète de menuiseries extérieures en bois à partir un essai type selon la série de normes ISO 16000 (parties 3, 6 et 9) sur des échantillons majorants ou représentatifs (tel que défini au chapitre 1 : paramètres d'influence) sont décrites dans le tableau IV :

Paramètre	Essai de référence	Règle d'extension
Essence	Résineux (pin) ou essence imprégnable (HD classe 3)	Autres essences traitées ou non (HD)
Epaisseur des traverses (fenêtres)	Epaisseur maximale	Même épaisseur ou inférieure
Assemblage	Non pris en compte mais privilégier l'assemblage collé si existant	
Joint calfeutrement, liaison vitrage	Non pris en compte car influence non significative	
Produit de finition	Attente résultats Etude Codifab « Effet barrière finition menuiserie » mais pour le moment, privilégier les essais sur lasure (extrait sec, grammage)	
Parement (portes)	Panneau le plus émissif en formaldéhyde	Autres parements moins émissifs
Revêtement (portes)	Forte porosité	Placages de plus faible porosité, stratifié, ...
Remplissage (portes)	Non pris en compte mais privilégier le classement le plus défavorable	
Vitrage (portes)	Sans vitrage	Avec vitrage (si non traité)

*Tableau IV : Proposition de règles d'extension à partir d'essais réalisés selon la série de normes ISO 16000 sur des menuiseries extérieures en bois*

L'arrêté d'étiquetage spécifie la série de normes ISO 16000 pour définir la classe d'émission, avec par défaut un conditionnement du produit pendant 28 jours. Dans l'hypothèse d'une durée raccourcie de l'essai (prélèvements d'air avant 28 jours), les règles d'extension s'appliquent aussi aux résultats obtenus mais la classe d'émission ne pourra être effective que si la classe d'émission obtenue est A+.

## 9. BIBLIOGRAPHIE

---

- 1 Décret no 2011-321 du 23 mars 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
- 2 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
- 3 MEDDE, Étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils selon le décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 et l'arrêté du 19 avril 2011, Protocole de préparation des éprouvettes d'essai de portes et de fenêtres, 03/2012, [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN\\_protocole\\_portes\\_et\\_fenetres.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_protocole_portes_et_fenetres.pdf)
- 4 Uhde E., Wensing M., Bliemetsrieder B., Indoor air related evaluation of windows and doors, EPF symposium, Emissions of regulated dangerous substances from Building products, 16-17 mars 2010
- 5 Abadie M., Blondeau P. (2011), Pandora database : a compilation of indoor air pollutant emissions, HVAC and R research, 17(4), 602-6013
- 6 Yrieix C. 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
- 7 Englund F. (1999), Emissions of volatile organic compounds from wood, Trätekt, rapport I 9901001, 29 pp
- 8 Meyer B., Boehme C. (1997), Formaldehyde emission from solid wood, Solid wood products, Forest products journal vol. 47, No 5
- 9 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
- 10 Marlet C., Lognay G. (2011), Les monoterpènes : sources et implications dans la qualité de l'air intérieur, Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 15(4), 611-622
- 11 Czajka M., Dziewanoska-Pudliszak A. (2011), Emission of volatile compounds (VOC) from lacquered surfaces, Management of Indoor Air Quality, 45-54
- 12 Fiche de données environnementales et sanitaires, Mastic acrylique Acryl S, base INIES, date de déclaration juin 2010
- 13 Horn W. (1998), VOC emissions from cork products for indoor use, Indoor air, 8(1), 39-46
- 14 MEDDE, Liste indicative entrant dans le champ d'application du décret n°2011-321 du 23 mars 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, 07/06/2013, [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN\\_Liste\\_indicative\\_etiquetage\\_sanitaire\\_070613.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_Liste_indicative_etiquetage_sanitaire_070613.pdf)
- 15 Yrieix C., Etude « UIPP ISO 16000 », Caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par des panneaux à base de bois représentatifs des productions françaises, Codifab, août 2013, rapport 402/11/2728R/1à20, 53 pp
- 16 Yrieix C., Etude « COV naturels contreplaqués », Mesure des émissions de COV naturels et de formaldéhyde par contreplaqués, Synthèse des résultats des campagnes d'essai 2011 et 2012, Codifab, janvier 2013, rapport 402/11/2719R/1à15, 35 pp
- 17 Yrieix C., Etude « Effet barrière CHOH », Influence des revêtements sur les émissions de formaldéhyde par les panneaux de particules, Codifab, avril 2013, rapport 402/11/2727R/1à12, 41 pp
- 18 Yrieix C. et al. Characterisation of VOC and formaldehyde emissions from a wood-based panel : Results from an inter-laboratory comparison, Chemosphere 79, 2010, 414-419