

PREPARATION DES EVOLUTIONS DE LA REGLEMENTATION SUR LES SUBSTANCES DANGEREUSES

Etude sur les panneaux à base de bois et les bois structuraux
EUROPAIR 2017

Chef de projet : Christophe Yrieix

Rapport final
15/10/2018
Version 1

Siège social

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Institut technologique FCBA :
Forêt, Cellulose, Bois – Construction,
Ameublement

Avec le soutien

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

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée à la demande de fédérations professionnelles (UFFEP, UIPP, UIPC, UICB) pour aider les industriels français à positionner leurs produits (parquets, panneaux à base de bois, bois lamellés collés et lamellés croisés) selon le règlement Produits de Construction n°305/2011 en ce qui concerne les substances dangereuses réglementées.

Remerciements aux membres du comité de pilotage :

Sabine Boury (UIPC)

Marlène Mivielle (UFFEP)

Olivier Hugon-Nicolas (UIPP)

Clément Quineau (UICB)

Remerciements aux experts de FCBA :

Christiane Deval (IBC/CIAT)

Julien Brassy (IBC/CIAT)

Jean-Marie Gaillard (IBC/CIAT)

Frédéric Henry (BNBA)

Remerciements aux fabricants qui ont participé à l'étude (définition des plans expérimentaux et fourniture des échantillons).

RESUME

L'étude « EUROPAIR 2017 » a permis de fournir des premières informations sur le positionnement des produits bois vis-à-vis de la mise en place du règlement Produits de Construction n°305/2011 en ce qui concerne les substances dangereuses réglementées (exigence essentielle n°3 liée aux émissions dans l'air intérieur).

Ce travail prospectif a permis de positionner les panneaux à base de bois, les bois lamellés collés et croisés, selon le projet d'acte délégué paru en mai 2017 et de faire évoluer les pratiques du laboratoire de chimie de FCBA, suite la parution de la norme NF EN 16516.

En parallèle, différentes configurations de panneaux à base de bois, de bois lamellés collés et croisés, ont été décrites afin de hiérarchiser les paramètres pouvant faire varier leurs émissions en substances volatiles (COV, formaldéhyde). Un plan expérimental a été défini dont l'objectif est de classer, avec un nombre optimisé d'essais, toute une gamme de produits, et de réaliser un essai dit majorant (configuration retenue pour sa forte émission présumée en COV et en formaldéhyde).

Mots clés : marquage CE, produits de construction bois, air intérieur, émission, NF EN 16516, substances dangereuses réglementées

ABSTRACT

This study was performed to give first information on wood product's labelling according to new regulation on construction products (n°305/2011), in relation with regulated dangerous substances (essential requirement n°3 for product emission into indoor air).

The aim of this prospective work was to classify wood products (wood based panel, glued laminated timber, cross laminated timber) according to European delegate act project (published in May 2017) and to involve analytical activities of FCBA chemistry laboratory (transfer of NF EN 16516 Standard published in October 2017).

At the same time, different wood product configurations were described in order to rank parameters having influence on VOC and formaldehyde emissions. An experimental design was defined to classify, with an optimized number of emission tests, a whole range of products, and to carry out an emission test in worst case conditions (configuration retained for its high potential COV and formaldehyde emissions).

Keywords : EC marking, wood construction products, indoor air, emission, EN 16516, regulated dangerous substances

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	4
2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF	5
3. TRANSFERT DE LA METHODE D'ESSAI.....	10
3.1 Démarche	10
3.2 Validation du matériau de contrôle	12
3.2.1 Protocole de validation	12
3.2.2 Résultats de la validation de méthode d'analyse	14
4. DEFINITION DES PLANS EXPERIMENTAUX.....	18
4.1 Principe.....	18
4.2 Panneaux à base de bois	18
4.2.1 Revue documentaire.....	18
4.2.2 Plan expérimental	24
4.3 Bois lamellés collés et croisés.....	25
4.3.1 Revue documentaire.....	25
4.3.2 Plan expérimental	27
5. ESSAIS EXPLORATOIRES	29
5.1 Rappel	29
5.2 Méthode d'essai	30
5.2.1 Principe de l'essai	30
5.2.2 Réception des échantillons.....	30
5.2.3 Préparation des éprouvettes d'essai	31
5.2.4 Déroulement de l'essai	34
5.3 Résultats.....	37
5.3.1 Panneau OSB.....	37
5.3.2 Bois lamellé collé (BLC).....	40
5.3.3 Bois lamellé croisé (CLT).....	43
6. CONCLUSIONS.....	46
7. BIBLIOGRAPHIE.....	48
ANNEXE 1a : Agreed EU-LCI values (juillet 2018)	49
ANNEXE 1b : Substances with insufficient data (juillet 2018)	54
ANNEXE 2a : Liste des COV non cancérigènes (selon annexe G « normative » de la norme NF EN 16516)	55
ANNEXE 2b : Liste des COV cancérigènes (selon annexe H « informative » de la norme NF EN 16516)	62
ANNEXE 3 : Liste des COV retenus pour le transfert de la méthode d'essai	64
ANNEXE 4 : Etape de pré validation	66
ANNEXE 5 : Résultats détaillés de la validation de méthode d'analyse par TD/GC/MS.....	67
ANNEXE 6 : Exemples de chromatogrammes obtenus par TD/GC/MS.....	72

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de la mise en place du règlement Produits de Construction n° 305/2011 en ce qui concerne les substances dangereuses réglementées, plusieurs travaux européens sont en cours pour répondre à l'exigence essentielle n° 3 liée aux émissions dans l'air intérieur :

- ✓ D'un point de vue normatif

La norme NF EN 16516 « Produits de construction - Évaluation de l'émission de substances dangereuses - Détermination des émissions dans l'air intérieur » est parue en octobre 2017. Elle décrit une méthode d'évaluation horizontale concernant l'émission dans l'air de substances dangereuses réglementées couvertes par le règlement relatif aux produits de construction, en prenant en compte les conditions normales d'utilisation du produit. Elle doit servir de norme de référence (« état initial ») pour classer tous les produits de construction dans le cadre de l'évolution du marquage CE.

- ✓ D'un point de vue réglementaire

Sur la base des travaux de normalisation européens cités ci-dessus, un projet d'acte délégué de la Commission Européenne doit compléter le dispositif réglementaire. Il est destiné à créer un classement européen pour l'affichage des substances dangereuses (composés organiques volatils (COV), formaldéhyde, substances CMR 1A et 1B) dans le cadre du marquage CE (déclaration de performances DoP). Il a également vocation, en France, à remplacer l'actuel étiquetage national des produits de construction selon l'arrêté du 19 avril 2011.

Ce projet concerne tous les produits en contact avec l'air intérieur, en particulier les revêtements de sol et de mur, mais aussi les éléments structuraux (bois lamellés collés et lamellés croisés, panneaux à base de bois), les portes et les fenêtres.

A ce jour, de nombreuses inconnues subsistent, pour ce qui concerne les substances à mesurer, leurs concentrations limites d'intérêt (concentration limite maximale, dans l'objectif de prévenir la survenue d'effets sanitaires lors d'une exposition à long terme liée à l'émission de produits dans le cadre d'un scénario d'exposition pré défini), et le calendrier des décisions (parution de l'acte délégué).

Des communications auprès des principaux syndicats professionnels du secteur de la construction bois (UFFEP, UIPP, UIPC, UICB) ont incité à proposer en 2017 une étude co-financée par FBF et le CODIFAB dans le but de préparer les industriels et FCBA à ces évolutions (projet « EUROPAIR »). Ce travail prospectif doit positionner les produits de construction bois selon le projet d'acte délégué, dont la définition plus précise, dépend de l'état d'avancement du calendrier de travail européen. Différents objectifs ont été retenus :

- Suivre les évolutions réglementaires, de manière à apporter une information éclairée aux professionnels (revêtements de sol et de murs, panneaux à base de bois, bois lamellés collés et lamellés croisés)
- Faire évoluer les pratiques du laboratoire de chimie de FCBA, en relation avec les évolutions normatives (NF EN 16516) (tâche 1)
- Réfléchir à des plans d'expérimentaux, un par famille de produits, dont l'objectif est de classer, avec un nombre optimisé d'essais, et par famille, toute une gamme de produits (parquets, panneaux, bois lamellés collés et lamellés croisés) (tâche 2)
- Réaliser des essais exploratoires sur des produits jugés « majorants » en termes d'émissions de substances dangereuses (tâche 3)

Le présent rapport présente les conclusions du travail prospectif réalisé sur les panneaux à base de bois, les bois lamellés collés (BLC) et les bois lamellés croisés (CLT).

2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF

Le marquage CE des produits de construction suit le Règlement (UE) n°305/2011 du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 2011 établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction (JOUE, 2011). Pour les industriels, ce règlement (RPC) assure une certaine continuité avec la Directive 89/116/CEE, mais il renforce la responsabilité du fabricant vis-à-vis des informations qu'il doit communiquer (DoP).

Le RPC est conçu autour de 7 exigences essentielles servant à garantir la qualité et la sécurité des ouvrages. Tous les produits faisant l'objet d'une norme harmonisée entrent dans son champ d'application et sont soumis à un ensemble d'exigences démontrant leur aptitude à l'emploi dans un ouvrage (UFME, 2014). C'est le cas des panneaux à base de bois (EN 13986), des bois lamellés collés (EN 14080) et des bois lamellés croisés (EN 16351).

L'exigence essentielle n°3 « hygiène, santé et environnement » mentionne, entre autre, l'obligation d'informer sur les niveaux d'émission en substances dangereuses réglementées (SDR) des produits ayant un impact sur la qualité de l'air intérieur. Ces exigences sont rédigées sous forme de classes de performances par un groupe d'experts composé de représentants de chaque État membre (projet de texte d'acte délégué) et devront être prises en compte au fur et à mesure de la révision des normes harmonisées. Les classes de performance devront tenir compte des réglementations nationales déjà en vigueur en Europe :

- ✓ Réglementation française pour l'étiquetage (A+ à C) des produits de construction et de décoration (arrêté du 19 avril 2011)
- ✓ Réglementation française relative aux conditions de mise sur le marché des produits de construction et de décoration contenant des substances cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR) de catégorie 1 ou 2 (arrêté du 28 mai 2009 modifiant l'arrêté du 30 avril 2009)
- ✓ Réglementation allemande relative aux émissions de COV (AbG, anciennement AgBB)
- ✓ Réglementation belge (arrêté royal du 8 mai 2014 établissant les niveaux seuils pour les émissions dans l'environnement intérieur de produits de construction pour certains usages prévus)

Les principales caractéristiques mesurées dans ces réglementations sont (Tableau 1) :

- Composés organiques très volatils (VVOC)
- Composés organiques volatils (COV) cibles (C_i), pour lesquels une concentration limite d'intérêt (LCI) a été définie
- Teneur totale en composés organiques volatils (TVOC)
- Teneur totale en composés organiques semi-volatils (TSVOC)
- Substances CMR de catégories 1A et 1B selon le règlement CLP (Règlement (CE) n°1272/2008)
- Composés non identifiés (C_{ni}) ou ne présentant pas de concentration limite d'intérêt (LCI)

Tableau 1 : Principales caractéristiques retenues par les réglementations française, belge et allemande pour caractériser les émissions des produits de construction et de décoration

Caractéristique	France	Belgique	Allemagne
VVOC	Formaldéhyde Acétaldéhyde	Formaldéhyde Acétaldéhyde	Formaldéhyde Acétaldéhyde
COV (Ci)	Toluène Tétrachloroéthylène Xylène 1,2,4- Triméthylbenzène 1,4-Dichlorobenzène Ethylbenzène 2-Butoxyéthanol Styrène	Toluène Liste AgBB	Liste AgBB (AgBB, 2015)
TVOC	oui	oui	oui
TSVOC	non	oui	oui
Composés CMR 1A et 1B (sauf formaldéhyde)	Benzène Trichloroéthylène Phtalate de dibutyle Phtalate de bis(2- éthylhexyle)	Règlement (CE) n°1272/2008 (EC, 2008)	Règlement (CE) n°1272/2008 (EC, 2008)
C _{ni}	non	non	oui

Dans ces trois réglementations, la méthode de test préconisée suit le principe de la chambre d'essai d'émission (série de normes ISO 16000 parties 3, 6, 9 et 11). Pourtant, la commission européenne a mandaté le CEN/TC351 (« Construction products - assessment of release of dangerous substances ») pour élaborer une méthode d'évaluation normalisée horizontale permettant de caractériser les émissions de substances volatiles des produits de construction (Mandat M/366). L'objectif était de référencer les méthodes existantes, puis de développer de nouvelles normes, en essayant dans la mesure du possible de combiner les méthodes existantes.

Le CEN TC 351 WG 2 (« Emissions from construction products into indoor air ») a donc développé et validé une nouvelle norme horizontale (NF EN 16516) pour mesurer les émissions dans l'air intérieur des produits de construction. Les experts ont choisi d'appliquer les principes généraux de la série de normes ISO 16000 (parties 3, 6, 9 et 11). Par contre, ils ont aussi décidé de préciser certains paramètres métrologiques en chambre d'essai d'émission et d'analyse des COV, afin de diminuer les erreurs d'interprétations en laboratoires d'essais, et ainsi de réduire les incertitudes de mesure (Tableau 2).

Tableau 2 : Principales différences entre la norme NF EN 16516 et la série de normes ISO 16000

Etape	Paramètre	NF EN 16516	ISO 16000 (3, 6, 9 et 11)
Chambre d'essai d'émission	Température	23 ± 1 °C	23 ± 2 °C
	Humidité relative	50 ± 5 %	50 ± 5 %
	Volume	> 0,020 m ³	Non précisé
	Taux de renouvellement d'air	0,25 – 2,0 h ⁻¹	Non défini
	Echantillon	Volume ≤ 30 % du volume de la chambre	Non précisé
	Facteur de charge	50 - 200% du scénario d'usage (≤ 2 m ² /m ³)	Non défini
Quantification	COV	Spectrométrie de masse (MS)	Spectrométrie de masse (MS) ou Ionisation de flamme (FID)
	Aldéhydes très volatils	HPLC/UV	HPLC/UV

Les spécifications relatives à l'échantillonnage pourront figurer dans les normes de produits appropriées, en particulier la taille minimale de l'échantillon. Dans la mesure du possible, les produits complexes, composites et de grandes dimensions devront être évalués comme un ensemble complet. Pour des raisons pratiques, ces normes pourront prévoir des essais relatifs à :

- Un modèle à échelle réduite du produit, si ce modèle est représentatif du produit fini
- Des sections spécifiées du produit, si ces sections sont représentatives du produit entier
- Des composants significatifs du produit, si les résultats d'essai individuels des composants peuvent être combinés pour représenter le produit fini.

Si cela est spécifié dans la norme produit, une période de conditionnement pourra être appliquée aux éprouvettes d'essai avant de commencer l'essai, afin de permettre au produit d'acquiescer des propriétés représentant les conditions réelles d'utilisation. Dans ce cas, les paramètres de conditionnement devront être définis avec précision et devront se situer dans les plages spécifiées dans la norme NF EN 16516 pour les paramètres de la chambre d'essai. Un pré-conditionnement pourra être réalisé dans une chambre distincte, qui n'est pas nécessairement une autre chambre d'essai. Le transfert, dans la chambre d'essai réelle, d'une éprouvette d'essai préalablement conditionnée sera toujours considéré comme l'instant de départ de l'essai.

Les émissions à long terme devront être mesurées 28 jours après l'installation du produit dans la chambre d'essai (conditionnement à 23 ± 1°C et 50 ± 5% HR, sous un débit d'air contrôlé). Un volume d'air de la chambre d'essai d'émission est soutiré à travers des échantillonneurs pour déterminer les substances volatiles émises par le produit :

- Les aldéhydes très volatils (formaldéhyde, acétaldéhyde, propanal, butanal, acroléine) sont prélevés sur cartouches de gel de silice imprégné de 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH) et analysés par chromatographie en phase liquide avec détection UV (HPLC/UV)
- Les autres substances volatiles sont prélevées sur tube Tenax ® et analysées par thermodésorption (TD), chromatographie en phase gazeuse (GC) et spectrométrie de masse (MS)

Les résultats en chambre d'essai d'émission s'expriment en débit d'émission spécifique par unité de surface (SER_A en microgrammes de substance volatile émise par mètre carré de produit et par heure ou $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$). Il dépend du facteur de charge du produit et du taux de renouvellement d'air dans la chambre d'essai d'émission.

Les débits d'émission spécifiques (SER_A) sont ensuite transformés en concentration d'exposition (C_i) selon le scénario d'usage du produit. Dans la norme NF EN 16516, une seule pièce de référence et un seul ensemble de conditions sont définis et utilisés en tant que références conventionnelles pour tout calcul des concentrations correspondantes des substances émises dans l'air intérieur. Les dimensions de la pièce de référence sont les suivantes :

- Les murs mesurent 2,5 m de hauteur
- Le plancher et le plafond mesurent 3 m x 4 m, soit une surface de 12 m² chacun
- La pièce comporte une porte de 0,8 m (largeur) x 2 m (hauteur) (1,6 m²)
- La pièce comporte une fenêtre de 2 m²
- Les matériaux d'étanchéité et autres très petites surfaces représentent 0,2 m² ou moins

L'aire totale des parois (moins la porte et la fenêtre) est de 31,4 m². Le volume d'air total est de 30 m³. À partir de ces dimensions, les normes de produits devront spécifier l'un des facteurs de charge suivants, selon le type de produit :

- 1,0 m²/m³ pour un scénario « murs »
- 0,4 m²/m³ pour un scénario « plancher ou plafond »
- 0,05 m²/m³ pour un scénario « petites surfaces » (par exemple, porte et fenêtre)
- 0,007 m²/m³ pour un scénario « très petites surfaces » (par exemple, matériaux d'étanchéité)

Si ces surfaces et les facteurs de charge associés ne représentent pas les conditions d'utilisation prévues d'un produit spécifique, le comité technique du produit pourra spécifier la surface utilisée et le facteur de charge résultant qui s'en rapproche le plus.

Enfin, le taux de ventilation dans la pièce de référence avec de l'air frais est fixé à 0,5 renouvellement d'air par heure (15 m³/h), ce qui représente, par convention, des conditions normales d'air intérieur.

Les concentrations d'exposition (C_i) en substances volatiles sont ensuite comparées à des valeurs de référence garantissant la limitation des émissions de certains polluants dans l'air intérieur. Ces valeurs de référence peuvent représenter des classes d'émission ou des concentrations à ne pas dépasser (concentration limite d'intérêt LCI).

Une LCI est considérée comme une concentration limite qui a pour objectif de prévenir la survenue d'effets sanitaires lors d'une exposition à long terme à des émissions de produits de construction dans le cadre d'un scénario d'exposition. Elle n'a pas pour objectif d'être utilisée comme valeur de référence pour la qualité d'air intérieur en tant que telle (VGAI). Elle constitue davantage un outil permettant de situer les niveaux d'émissions de polluants volatils, par comparaison. Dans ce cas, il suffit, par convention, que le ratio C_i / LCI ne dépasse pas 1 pour éviter tout effet.

Pour le moment, 139 substances volatiles susceptibles d'être recherchées dans les produits de construction ont été retenues (EC, 2018). La liste définitive devrait être validée d'ici 2020. En juillet 2018, une concentration limite d'intérêt (EU-LCI) a déjà été fixée pour 134 d'entre elles (annexe 1a). D'après les experts, 5 substances volatiles présentent toujours des données insuffisantes pour définir une EU-LCI (annexe 1b).

Ces substances volatiles sont, pour la plupart, tirées du référentiel AgBB en matière d'émissions de COV par les produits de construction (revêtements de sols et de murs, isolants, bois traités et collés, ...). Dans ce référentiel servant de base à la réglementation allemande, 198 substances volatiles doivent déjà être systématiquement recherchées.

De son côté, la norme NF EN 16516 demande de rechercher 176 COV non cancérigènes et 40 composés CMR 1A ou 1B (annexes 2a et 2b). Dans le cadre de l'obligation d'étiquetage des produits de construction et de décoration destinés à un usage intérieur selon leurs émissions en polluants volatils (étiquetage A+ à C selon l'arrêté du 19 avril 2011), seules 10 substances volatiles (dont le formaldéhyde) et le paramètre « composés organiques volatils totaux » (COVT) étaient à mesurer en chambre d'essai d'émission selon la série de normes ISO 16000 (parties 3, 6, 9 et 11).

Dans sa dernière version de mai 2017, le projet d'acte délégué pour classer les produits de construction selon leurs émissions en substances volatiles organiques dans l'air intérieur rappelle la nécessité d'appliquer une norme harmonisée, telle que la norme NF EN 16516. D'autre part, elle retient pour le moment trois classes de performances (Tableau 3) :

- ✓ Ratio C_i / LCI pour chaque substance volatile prise individuellement et présentant une EU-LCI
- ✓ Emissions de formaldéhyde
- ✓ Emissions de substances CMR 1A et 1B listées dans l'annexe VI du règlement (EC) 1272/2008 (ne comprenant pas le formaldéhyde)

Tableau 3 : Classement européen pour l'affichage des substances dangereuses réglementées selon le règlement (EU) n°305/2011 (version de mai 2017)

Ratio C_i / EU/LCI	A1 : C_i / EU/LCI \leq 1 A2 : C_i / EU/LCI $>$ 1
Emissions de formaldéhyde	F1 : $C_i \leq 0,06$ mg/m ³ F2 : $C_i \leq 0,12$ mg/m ³ F3 : $C_i > 0,12$ mg/m ³
Emissions de substances CMR 1A et 1B	C1 : $C_i \leq 1$ µg/m ³ C2 : $C_i > 1$ µg/m ³

Lorsque toutes les substances prises individuellement présentent un ratio C_i / EU-LCI inférieur ou égal à 1, le produit de construction est classé **A1**. Si une seule de ces substances présente un ratio C_i / EU-LCI supérieur à 1, alors le produit est classé **A2**.

3. TRANSFERT DE LA METHODE D'ESSAI

3.1 Démarche

Le laboratoire de chimie de FCBA est accrédité depuis 2010 pour caractériser les émissions des produits de construction. La mise en place de cette reconnaissance est en partie liée à l'obligation d'étiquetage de certains produits de construction et de décoration destinés à un usage intérieur selon leurs émissions en polluants volatils (étiquetage A+ à C selon l'arrêté du 19 avril 2011). Dix substances volatiles (dont le formaldéhyde) et le paramètre « composés organiques volatils totaux » (COVT) sont à mesurer en chambre d'essai d'émission selon la série de normes ISO 16000 (parties 3, 6, 9 et 11).

Les experts du CEN TC 351 WG 2 en charge de la rédaction de la norme retenue pour la future réglementation européenne (NF EN 16516) ont choisi de modifier certains principes de la série de normes ISO 16000. Par ailleurs, le projet d'acte délégué de mai 2017 a retenu près de 120 substances volatiles susceptibles d'être recherchées dans les produits de construction (présentant une EU-LCI). Au final, la norme NF EN 16516 liste près de 200 substances volatiles pouvant être recherchées selon les principes décrits dans la méthode d'essai.

Dans ce contexte, l'obligation d'appliquer la norme NF EN 16516, et l'élargissement de l'analyse à plus d'une centaine de substances volatiles, a nécessité une étape de transfert au laboratoire de chimie de FCBA de la méthode d'essai, avant de réaliser des essais sur les produits de construction bois qui seront retenus en tâche 2.

93 premières substances volatiles ont été sélectionnées selon l'expertise du laboratoire de chimie de FCBA, et selon les critères suivants (annexe 3) :

- ✓ Substances listées dans la réglementation française (étiquetage)
- ✓ Substances présentes naturellement dans les produits bois (terpènes, aldéhydes, acides) ou susceptibles de provenir des adjuvants (colles, finitions, ...)
- ✓ Substances présentant une concentration limite d'intérêt basse (EU-LCI inférieure à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), nécessitant de vérifier qu'elles ne sont pas émises par les produits bois, même à de faibles niveaux de concentration (éthers de glycol, aldéhydes insaturés, ...)
- ✓ Substances CMR 1A et 1B citées réglementairement pour lesquelles la limite de quantification doit être de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (benzène, trichloroéthylène)

Les composés organiques semi-volatils (comme de le phtalate de dibutyle et le phtalate de bis(2-éthylhexyle)) et les composés organiques très volatils (comme l'acétone ou l'acétate d'éthyle) n'ont pas été intégrés au protocole de transfert de méthode car le projet d'acte délégué de mai 2017 ne les a pas retenues comme substances prioritaires.

Parmi ces 93 substances volatiles, 23 d'entre elles ont été retenues selon les critères suivants (Tableau 4) :

- Substances citées dans la norme NF EN 16516 (chapitre 8.2.2.3 « Vérification des performances du système analytique »)
- Substances déjà soumises à l'accréditation selon la série de normes ISO 16000 (parties 3, 6, 9 et 11)

Tableau 4 : Matériau de contrôle sélectionné pour la validation de méthode

No.	Substance volatile	Numéro CAS	Critère
1-1	Toluène	108-88-3	Exigence NF EN 16516 Etiquetage (Fr)
1-2	Ethylbenzène	100-41-4	Etiquetage (Fr)
1-3	o-Xylène	106-42-3	Etiquetage (Fr)
1-3	p-Xylène	95-47-6	Etiquetage (Fr)
1-4	1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	Etiquetage (Fr)
1-4	1,2,3-Triméthylbenzène	108-67-8	Exigence NF EN 16516
1-16	Styrène	100-42-5	Etiquetage (Fr)
-	Benzène	71-43-2	Arrêté CMR (Fr)
2-1	n-Hexane	100-54-3	Exigence NF EN 16516
2-6	n-Décane	124-18-5	Accréditation FCBA
2-6	n-Dodécane	112-40-3	Accréditation FCBA
2-6	n-Hexadécane	544-76-3	Exigence NF EN 16516
3-2	Alpha-pinène	80-56-8	Accréditation FCBA
5-1	Phénol	108-95-2	Exigence NF EN 16516
6-24	2-Butoxyéthanol	111-76-2	Etiquetage (Fr)
6-31	1-Méthoxy-2-propanol	107-98-2	Accréditation FCBA
7-3	Hexanal	66-25-1	Accréditation FCBA
8-3	Méthylisobutylcétone (MIBK)	108-10-1	Exigence NF EN 16516
8-5	Cyclohexanone	108-94-1	Exigence NF EN 16516
10-8	Acétate de n-butyle	123-86-4	Exigence NF EN 16516
11-1	Tétrachloroéthylène	127-18-4	Etiquetage (Fr)
11-3	1,4-Dichlorobenzène	106-46-7	Etiquetage (Fr)
-	Trichloroéthylène	79-01-6	Arrêté CMR (Fr)

Ce matériau de contrôle a été choisi pour être représentatif de la plage de volatilité et de polarité des composés cibles. En particulier, le toluène a été retenu car les composés non cibles identifiés ou non identifiés doivent être quantifiés en utilisant le facteur de réponse de cette substance (« équivalent toluène »). D'autre part, il peut servir au calcul de la teneur totale en COV.

En effet, le paramètre « composés organiques volatils totaux » (TVOC) correspond à la somme des concentrations des COV, chaque composé (cible et non cible, identifié et non identifié) éluant, sur la colonne capillaire de type 5% phényl / 95% méthylpolysiloxane, entre le n-Hexane inclus et le n-Hexadécane inclus. La norme spécifie deux types de calcul :

- TVOC_{Sum} : somme de tous les composés cibles (quantifiés au moyen d'étalons authentiques), de tous les composés non cibles identifiés, et de tous les composés non identifiés et quantifiés en utilisant le facteur de réponse TIC du toluène (référentiel AgBB)
- TVOC_{Tol} : somme de tous les composés quantifiés en utilisant le facteur de réponse du toluène, en excluant tout composé déterminé comme étant inférieur à 5 µg/m³. C'est l'option retenue dans la norme NF EN 16516

Le matériau de contrôle sera utilisé lors de la configuration initiale de la méthode. Des critères de performance analytiques ont été pré définis, puis étudiés selon les principes décrits dans la norme (spécificité, limite de quantification pré-supposée, linéarité, fidélité, justesse, exactitude). Il permettra de définir les premières incertitudes de mesure et par la suite, de contrôler en routine le système analytique à l'aide d'une carte de contrôle.

Pour les autres substances ciblées, l'étude s'est limitée à des essais de faisabilité en termes d'identification, de linéarité et de sensibilité (limite de quantification à atteindre). Les pics chromatographiques ont été identifiés à partir de leur temps de rétention et par comparaison avec les spectres, soit obtenus pour les étalons, soit issus de la bibliothèque spectrale (NIST 2014). L'identité de chaque composé a été confirmée seulement si la correspondance spectrale est supérieure ou égale à 80 % et que les temps de rétention correspondent.

Dans ce rapport sont présentés les résultats de la validation de méthode sur le matériau de contrôle.

3.2 Validation du matériau de contrôle

3.2.1 Protocole de validation

Le but de la validation est d'établir que la méthode analytique correspond à l'usage pour lequel elle est prévue et de prouver par conséquent la fiabilité des résultats obtenus dans des limites bien définies. Plusieurs paramètres de validation sont examinés afin d'assurer la fiabilité de la méthode transférée :

- Intervalle de mesure
- Linéarité et fonction de réponse
- Limite de quantification pré-supposée (LOQ)
- Justesse
- Fidélité (répétabilité et fidélité intermédiaire)
- Exactitude

Une étape de pré-validation a été réalisée pour définir les temps de rétention des substances présentes dans le matériau de contrôle. Durant cette étape, les ions de quantification (extraction d'ion à partir du courant ionique total (TIC) du spectromètre de masse) et d'identification ont été sélectionnés (Annexe 4).

Pour chaque substance volatile retenue dans le matériau de contrôle, un plan expérimental a été défini. Il a consisté à réaliser des dopages gazeux sur tube Tenax à différents niveaux de concentration, par un même opérateur, et sur deux périodes de temps. Entre chaque série de validation, des paramètres expérimentaux ont été modifiés (solutions d'étalonnage différentes, changement de la colonne chromatographique, interventions majeures sur le thermodésorbiteur), afin de recréer un usage en routine de la méthode d'essai.

✓ Intervalle de mesure

L'intervalle de mesure d'une méthode d'analyse est la région entre les niveaux inférieur et supérieur pour laquelle il est démontré que la procédure est appropriée quant à sa fidélité, sa justesse et sa linéarité en utilisant la méthode décrite.

La norme NF EN 16516 préconise que les échantillons d'air soient prélevés en double, en utilisant différents débits de pompe de sorte que deux volumes d'air différents (tels que 5 l et 1 l) soient recueillis. Elle exige aussi que l'intervalle de mesure comprenne une plage d'au moins 20, c'est-à-dire que le facteur entre la quantité la plus faible et la plus élevée déposée sur le tube Tenax doit être au moins égal à 20.

Les intervalles de mesure ont aussi été définis selon la EU-LCI de chaque substance à atteindre et les concentrations habituellement mesurées dans les produits testés par le laboratoire de chimie de FCBA (annexe 4). Selon ces différents critères, trois gammes de mesure ont été retenues (Tableau 5).

Tableau 5 : Intervalles de mesure retenus pour la validation du matériau de contrôle

Intervalle de mesure	Substance visée	Concentration pour de 1 l d'air prélevé	Concentration pour de 5 l d'air prélevé
2,5-250 ng	Composés CMR	2,5-250 µg/m ³	0,5-50 µg/m ³
5-500 ng	COV cibles	5-500 µg/m ³	1-100 µg/m ³
25-2500 ng	Phénol, 2-Butoxyéthanol	25-2500 µg/m ³	5-500 µg/m ³

✓ Linéarité

La linéarité d'une méthode analytique est sa capacité à l'intérieur d'un certain intervalle de mesure d'obtenir des résultats directement proportionnels à la quantité en analyte dans l'échantillon.

Le système d'analyse a été étalonné en quantification selon une méthode d'étalonnage multiniveaux de cinq points minimum sur une plage d'au moins 20 (Tableau 6). Les données issues de cette phase d'étalonnage ont été utilisées pour déterminer un facteur de réponse pour chaque composé recherché, calculé à partir d'un modèle de régression linéaire.

Tableau 6 : Gamme d'étalonnage pour chaque famille de substances du matériau de contrôle

Substance visée	Grandeur théorique des étalons (ng)	Etendue
Composés CMR	2,5-5-15-25-50-75-100-250	100
COV cibles	5-10-25-50-100-150-200-500	100
Phénol, 2-Butoxyéthanol	25-50-125-250-500-750-100-2500	100

La linéarité a été validée par vérification de la fonction d'étalonnage (relation linéaire entre les quantités introduites et les résultats calculés). Le coefficient de détermination (r^2) calculé doit être supérieur ou égal à 0,99. La fonction d'étalonnage a aussi été vérifiée en comparant les biais observés à un écart maximal acceptable fixés en cohérence avec l'incertitude de mesure que le laboratoire souhaite accepter dans ses prochains contrôles de gammes d'étalonnage.

✓ Limite de quantification

La limite de quantification est la plus petite quantité de l'analyte dans un échantillon pouvant être dosée dans les conditions expérimentales décrites, avec une exactitude définie.

Selon la norme NF EN 16516, la limite de quantification de toute substance volatile doit être dans la mesure du possible de 1 µg/m³. Cependant, la limite de quantification pourra être relevée à 5 µg/m³ car seules les substances présentant une concentration au-dessus de 5 µg/m³ (tel que calculé pour la pièce de référence) devront être consignées dans les rapports d'essai. Par contre, lorsque cela est requis, les substances CMR 1A et 1B devront toujours être quantifiés à des concentrations supérieures ou égales à 1 µg/m³. Les limites de quantification visées (ou pré-supposées) sont reprises dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Limites de quantification pré-supposées (LOQ) définies pour le matériau de contrôle

Substance visée	LOQ visée	Concentration pour de 5 l d'air prélevés
Composés CMR	2,5 ng	0,5 µg/m ³
COV cibles	5 ng	1 µg/m ³
Phénol, 2-Butoxyéthanol	25 ng	5 µg/m ³

✓ Justesse

La justesse exprime l'écart de l'accord entre la valeur moyenne obtenue à partir d'une série de résultats d'essais et une valeur de référence acceptée comme telle. La justesse donne une indication sur les erreurs systématiques. Elle s'exprime en termes de biais relatif (%) et de taux de recouvrement (%).

✓ Fidélité

La fidélité exprime l'écart de l'accord entre une série de mesures provenant de multiples prises d'un même échantillon homogène dans des conditions prescrites. Elle donne des informations sur l'erreur aléatoire et est évaluée à deux niveaux : la répétabilité et la fidélité intermédiaire.

La répétabilité se rapporte à des essais de la même grandeur effectués dans des conditions aussi stables que possibles et à de courts intervalles de temps, dans un même laboratoire, par un même opérateur employant le même équipement. Elle s'exprime par un coefficient de variation de répétabilité (CV_r).

La fidélité intermédiaire a trait à des essais effectués dans des conditions très variables, à des jours différents, avec des opérateurs et des équipements différents. Elle s'exprime par un coefficient de variation de fidélité intermédiaire (CV_{FI}).

✓ Exactitude

L'exactitude est l'expression de la somme de la justesse et de la fidélité. Elle s'exprime selon le profil d'exactitude à partir de la formule suivante :

$$\text{Équation 1} \quad \text{Exactitude (\%)} = \text{Biais (\%)} + k CV_{FI} (\%)$$

avec $k = 2$ pour un niveau de confiance de 95%

Cette approche garantit que seules 5% des futures mesures d'échantillons inconnus seront en dehors de ces limites.

Les critères d'acceptation de l'exactitude sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Critères de validation pour chaque substance volatile du matériau de contrôle

Critère de validation	Grandeur théorique des étalons (ng)	Critère d'acceptation
Exactitude	LOQ	70%
	Milieu de gamme	30%
	Haut de gamme	30%

Ces premiers résultats permettront vérifier la stabilité du système en reportant, sur une carte de contrôle, la réponse de tous les composés présents dans le matériau de contrôle chaque fois que celui-ci est analysé.

3.2.2 Résultats de la validation de méthode d'analyse

Après son transfert au laboratoire de chimie de FCBA, la performance de la méthode décrite dans la norme NF EN 16516 a été évaluée après dopage gazeux de tubes Tenax et analyse par TD/GC/MS à des jours différents (« série ») par le même opérateur. Les résultats obtenus pour chaque substance retenue dans le matériau de contrôle ont été traités statistiquement à l'aide du logiciel Excel 2013 (linéarité) et ENOVAL 4.0b PROD (justesse, fidélité).

Le détail des résultats de la linéarité, de la justesse et de la fidélité sont présentés en annexe 5. Pour la majorité des substances du matériau de contrôle, l'étude de la fonction d'étalonnage du type « $y = bx$ » a montré une réponse proportionnelle entre les valeurs théoriques et expérimentales dans le domaine d'étalonnage considéré. Seule la fonction retenue pour le benzène ne force pas par zéro (du type $y = bx + a$), de faibles quantités étant retrouvées dans les blancs de tube Tenax (génération d'artefacts liée à la dégradation thermique de l'adsorbant).

La fonction d'étalonnage de type linéaire n'a pas été validée pour deux hydrocarbures aliphatiques. Le n-hexane a nécessité la mise en place d'une fonction de type quadratique. Le n-hexadécane n'a pas montré de réponse linéaire sur l'étendue recherchée. Le domaine d'étude n'a pas été réduit. Une nouvelle étude de la linéarité a été planifiée. Pour le moment, il est conservé dans le matériau de contrôle pour vérifier les bornes limitant la limite haute des COV.

Les résultats de justesse et de fidélité sont résumés dans le Tableau 9 sous forme de médiane, de valeurs maximales et minimales observées, sur les trois niveaux d'étalonnage étudiés (limite de quantification présumée (LOQ), points de milieu et de haut de gamme).

Tableau 9 : Résumé de l'étude de justesse et de fidélité (Médiane [Mini - Max]) pour les substances volatiles du matériau de contrôle

Niveau d'étalonnage	Biais relatif (%)	CV _r (%)	CV _R (%)
LOQ	7,1 [0,0 - 19,9]	6,6 [3,3 - 18,6]	7,4 [3,3 - 58,8]
Milieu de gamme	9,2 [3,3 - 42,3]	4,9 [4,0 - 13,8]	5,0 [4,0 - 13,8]
Haut de gamme	10,7 [1,9 - 68,3]	1,7 [1,3 - 9,2]	3,1 [1,7 - 10,5]

Pour les points de milieu et de haut de gamme, les résultats de justesse sont satisfaisants, sauf le n-hexane (biais relatif de 42,3% au milieu de gamme et de 68,3% au point haut de gamme). Si les résultats du n-hexane sont écartés, les résultats sont améliorés et répondent aux critères de validation retenus par le laboratoire. En effet, la valeur maximale du biais relatif passe à 19,9% pour le point à la LOQ, à 16,9% pour le point au milieu de gamme et à 27% pour le point haut de gamme. Aucune correction de rendement n'a donc été appliquée dans l'expression finale du résultat.

Les résultats de fidélité intermédiaire ont aussi été jugés satisfaisants, les médianes variant entre 1,7 et 6,4%. Les coefficients de variation de fidélité intermédiaire ne dépassent pas 11% aux points de milieu et de haut de gamme quand les résultats du n-hexane sont écartés. Au niveau de la limite de quantification, les résultats indiquent un plus forte variabilité (CV_R compris entre 4,4 et 21,3%), mais toujours à un niveau acceptable.

La norme NF EN 16516 précise que les résultats relatifs à un étalon à un niveau ne doivent pas dépasser 15% par comparaison les valeurs données par l'étalonnage multiniveaux, et ceci pour au moins 90% des substances à analyser. Les résultats de cette étude de validation indiquent que cette performance de la méthode est bien vérifiée (critère de fidélité).

A partir des résultats de justesse (biais relatif) et de fidélité (coefficient de variation de fidélité intermédiaire CV_R), l'exactitude a été calculée selon l'Équation 1, pour chaque niveau d'étalonnage (limite de quantification présumée, points de milieu et de haut de gamme) (Tableau 10).

$$\text{Équation 1} \quad \text{Exactitude (\%)} = \text{Biais (\%)} + k \text{ CV}_{FI} (\%)$$

Tableau 10 : Résultats de l'exactitude pour les substances du matériau de contrôle

Substance	Concentration visée (pour 5l d'air prélevés)	Performance attendue (%)	Valeur observée (%)
Hexane	5 ng (1 µg/m ³)	70	126
	100 ng (20 µg/m ³)	30	70
	500 ng (100 µg/m ³)	30	89
Benzène	2,5 ng (0,5 µg/m ³)	70	12
	50 ng (10 µg/m ³)	30	18
	250 ng (50 µg/m ³)	30	21
1-Méthoxy-2-propanol	5 ng (1 µg/m ³)	70	47
	100 ng (20 µg/m ³)	30	22
	500 ng (100 µg/m ³)	30	21
Trichloroéthylène	2,5 ng (0,5 µg/m ³)	70	38
	50 ng (10 µg/m ³)	30	19
	250 ng (50 µg/m ³)	30	9,8
Méthylisobutylcétone	5 ng (1 µg/m ³)	70	20
	100 ng (20 µg/m ³)	30	25
	500 ng (100 µg/m ³)	30	21
Toluène	5 ng (1 µg/m ³)	70	33
	100 ng (20 µg/m ³)	30	18
	500 ng (100 µg/m ³)	30	9,2
Hexanal	5 ng (1 µg/m ³)	70	30
	100 ng (20 µg/m ³)	30	18
	500 ng (100 µg/m ³)	30	22
Tétrachloroéthylène	5 ng (1 µg/m ³)	70	21
	100 ng (20 µg/m ³)	30	13
	500 ng (100 µg/m ³)	30	6,4
Acétate de n-butyle	5 ng (1 µg/m ³)	70	20
	100 ng (20 µg/m ³)	30	23
	500 ng (100 µg/m ³)	30	19
Ethylbenzène	5 ng (1 µg/m ³)	70	24
	100 ng (20 µg/m ³)	30	17
	500 ng (100 µg/m ³)	30	15
p-Xylène	5 ng (1 µg/m ³)	70	22
	100 ng (20 µg/m ³)	30	17
	500 ng (100 µg/m ³)	30	15
Styrène	5 ng (1 µg/m ³)	70	32
	100 ng (20 µg/m ³)	30	13
	500 ng (100 µg/m ³)	30	17
Cyclohexanone	5 ng (1 µg/m ³)	70	12
	100 ng (20 µg/m ³)	30	23
	500 ng (100 µg/m ³)	30	19
o-Xylène	5 ng (1 µg/m ³)	70	24
	100 ng (20 µg/m ³)	30	22
	500 ng (100 µg/m ³)	30	14
2-Butoxyéthanol	25 ng (5 µg/m ³)	70	36
	500 ng (100 µg/m ³)	30	39
	2500 ng (500 µg/m ³)	30	46
Alpha-pinène	5 ng (1 µg/m ³)	70	13
	100 ng (20 µg/m ³)	30	14
	500 ng (100 µg/m ³)	30	15
Phénol	25 ng (5 µg/m ³)	70	21
	500 ng (100 µg/m ³)	30	31
	2500 ng (500 µg/m ³)	30	37
1,2,4-Triméthylbenzène	5 ng (1 µg/m ³)	70	15
	100 ng (20 µg/m ³)	30	18
	500 ng (100 µg/m ³)	30	15

Substance	Concentration visée (pour 5l d'air prélevés)	Performance attendue (%)	Valeur observée (%)
Décane	5 ng (1 µg/m ³)	70	18
	100 ng (20 µg/m ³)	30	18
	500 ng (100 µg/m ³)	30	14
1,4-Dichlorobenzène	5 ng (1 µg/m ³)	70	20
	100 ng (20 µg/m ³)	30	19
	500 ng (100 µg/m ³)	30	15
1,2,3-Triméthylbenzène	5 ng (1 µg/m ³)	70	19
	100 ng (20 µg/m ³)	30	18
	500 ng (100 µg/m ³)	30	14
Dodécane	5 ng (1 µg/m ³)	70	22
	100 ng (20 µg/m ³)	30	25
	500 ng (100 µg/m ³)	30	16
Hexadécane	5 ng (1 µg/m ³)	70	38
	100 ng (20 µg/m ³)	30	25
	500 ng (100 µg/m ³)	30	24

La méthode est considérée comme valide pour l'intervalle de mesure considéré, quand le profil d'exactitude est compris dans les limites d'acceptation fixées a priori. Cette approche garantit que seules 5% des futures mesures d'échantillons inconnus seront en dehors de ces limites d'acceptation. Tous les critères d'exactitude sont passés, sauf pour le n-hexane, le 2-butoxyéthanol et le phénol.

La méthode est donc acceptable dans l'intervalle de mesure considéré pour toutes les substances volatiles retenues dans le matériau de contrôle, sauf pour le n-hexane, le 2-butoxyéthanol et le phénol. De nouvelles investigations sont en cours pour le n-hexane suite aux études de linéarité et de justesse. Pour le phénol, les critères de validation sont dépassés pour les points de milieu et de haut de gamme (500 et 2500 ng). Sa EU-LCI est égale à 70 µg/m³, correspondant à 350 ng pour 5 litres d'air prélevés en chambre d'essai d'émission. Elle est à rapprocher de l'exactitude mesurée à en milieu de gamme (500 ng), avec une exactitude de 31% proche des critères de validation (30%).

Pour le 2-butoxyéthanol, les critères de validation sont aussi dépassés pour les points de milieu et de haut de gamme (500 et 2500 ng). Sa valeur de référence (EU-LCI) est élevée (1600 µg/m³). Elle correspond à 1600 ng pour 1 litre d'air prélevé en chambre d'essai d'émission. L'incertitude de mesure à ce niveau de concentration sera donc de l'ordre de 40%. Ces résultats pourront être confirmés par les essais de routine.

Pour les autres substances volatiles, la limite de quantification de 5 ng (soit 1 µg/m³ pour 5 litres d'air prélevés) a toujours été vérifiée. En particulier, pour ce qui concerne les composés cancérigènes pertinents (benzène, trichloroéthylène), la limite de quantification doit être inférieure à 1 µg/m³ dans l'air de la pièce de référence dans la mesure du possible. Ces limites de quantification sont facilement atteintes (données d'exactitude de 12% pour le benzène et de 38% pour le trichloroéthylène).

La méthode d'analyse des COV par TD/GC/MS selon les principes de la norme NF EN 16516 a donc été validée et mise en place pour une utilisation en routine (essais exploratoires). La stabilité du système analytique sera suivie, sur une carte de contrôle, en étudiant la réponse de toutes les substances présentes dans le matériau de contrôle chaque fois que celui-ci est analysé.

4. DEFINITION DES PLANS EXPERIMENTAUX

4.1 Principe

Pour chaque type de produit de construction bois (panneaux à base de bois, bois lamellés collés et croisés), un plan d'expérimental d'essais en chambre d'émission a été défini selon les principes suivants :

- Valoriser les résultats disponibles (études collectives ou fourniture par les fabricants à titre confidentiel de rapports d'essais)
- Décrire les différentes configurations de produits de construction bois (panneaux à base de bois, bois lamellés collés et croisés)
- Hiérarchiser les paramètres pouvant faire varier leurs émissions de substances volatiles (COV, formaldéhyde)

L'objectif est de recenser, pour chaque élément constitutif, les paramètres pouvant influencer les émissions de COV et de formaldéhyde, de proposer des orientations à intégrer au plan expérimental, et de définir un essai dit « majorant ». Ce dernier n'est pas obligatoirement représentatif des procédés industriels en vigueur actuellement chez les industriels mais il a été retenu pour sa « forte » émission présumée en COV et/ou en formaldéhyde.

4.2 Panneaux à base de bois

4.2.1 Revue documentaire

La revue documentaire reprend les principales études réalisées par FCBA depuis 2011 pour mesurer les émissions de formaldéhyde et des COV rentrant dans l'étiquetage des produits de construction et de décoration (arrêté du 19 avril 2011). Aucune donnée expérimentale confidentielle (rapport d'essai) n'a été communiquée par les fabricants de panneaux.

✓ **Panneaux de particules**

Plusieurs études financées par le COFIFAB ont permis de mesurer les émissions de formaldéhyde et des COV listés dans l'étiquetage français (arrêté du 19 avril 2011) selon la série de norme ISO 16000 (parties 3, 6, 9 et 11).

En 2011, les émissions en polluants volatils de panneaux de particules surfacés mélaminés (PPSM) provenant de différents supports (E1, « 4 mg », CARB P2) et présentant un grammage compris entre 60 et 80 g/m² ont été étudiées (FCBA, 2013a) (Tableau 11).

Tableau 11 : Facteurs d'émission ($\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$) en substances volatiles et en COVT après 28 jours de conditionnement des panneaux en chambre de test ; d'après (FCBA, 2013a)

Fabricant	Type de panneau	Formaldéhyde	COVT	Alpha-pinène	Hexanal	Acide acétique
2	E1 19 mm	60	215	9,0	71	88
	PPSM 70 g/m ²	2,5	23	12	3,2	Non détecté
3	PP 4 mg 19 mm	75	263	23	40	91
	PPSM 65 g/m ²	4	159	27	Non détecté	Non détecté
5	PP 4 mg 20 mm	50	408	43	104	58
	PPSM 65 g/m ²	5	65	31	7,5	Non détecté
6	PP CARB P2 18 mm	20	135	9,0	31	49
	PPSM 80 g/m ²	4,1	50	30	3,5	Non détecté
8	PP CARB P2 18 mm	34	910	11	143	461
	PPSM 80 g/m ²	4,7	157	28	32	41
9	PP 4 mg 19 mm	115	719	43	226	214
	PPSM 65 g/m ²	12	280	88	53	31

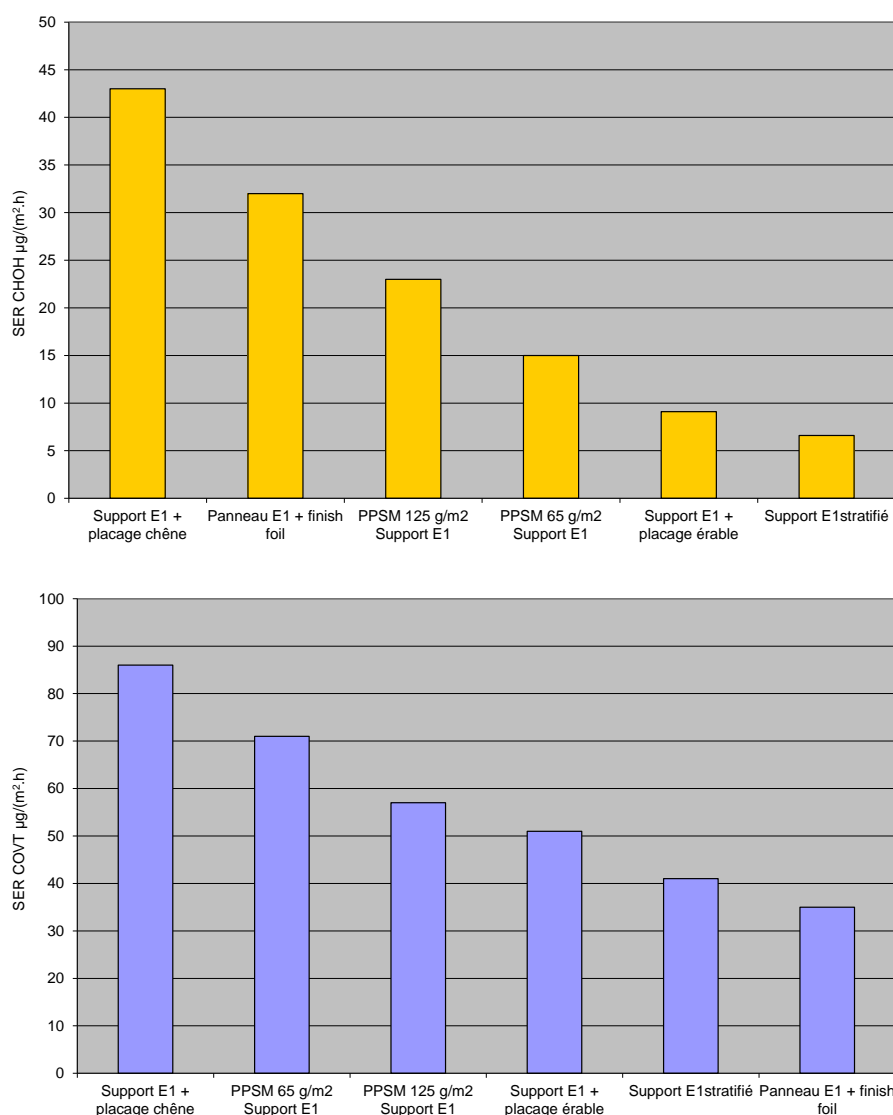
Les résultats montrent un effet barrière significatif des revêtements au formaldéhyde. Le niveau varie selon le type de revêtement et de classement du support (E1, "4 mg", CARB P2). Chaque famille (E1, "4 mg" ou CARB P2) permet d'atteindre un facteur d'émission en formaldéhyde en dessous de $5 \mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$.

Un effet barrière aux COV naturels du bois a aussi été mis en évidence pour les panneaux revêtus, se caractérisant par une forte diminution de l'émission, voire l'absence d'hexanal et d'acide acétique. En effet, le niveau d'émission en COVT diminue d'un facteur compris entre 2 et 15 si les panneaux bruts sont comparés à leurs PPSM respectifs. Par contre, les PPSM fabriqués à partir d'essences résineuses n'ont pas montré de diminution significative de l'émission d'alpha-pinène. Dans la majorité des cas, une augmentation significative du facteur d'émission est même constatée.

Parmi les substances volatiles recherchées, plusieurs d'entre elles n'ont jamais été détectées dans les émissions des panneaux de particules bruts ou surfacés mélaminés : tétrachloroéthylène, xylène, 1,2,4-triméthylbenzène, 1,4-dichlorobenzène, éthylbenzène, 2-butoxyéthanol, styrène. Seuls le toluène et l'acétaldéhyde ont été détectés sur les panneaux testés mais les niveaux d'émission n'ont pas dépassé $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$ pour le toluène et $25 \mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$ pour l'acétaldéhyde.

Une autre étude réalisée par FCBA pour les fabricants de panneaux à base de bois a confirmé l'effet barrière au formaldéhyde des revêtements solides (FCBA, 2013b). Les facteurs d'émission spécifiques en formaldéhyde varient entre $6,6 \mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$ (panneau stratifié) et $43 \mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$ (panneau avec un placage chêne) (Figure 1).

Figure 1 : Facteurs d'émission (SER) en formaldéhyde et en COVT après 28 jours de conditionnement en chambre de test selon le type de revêtement appliqué sur un support E1 ; d'après (FCBA, 2013b)



La charge en COVT est principalement liée aux émissions de COV naturels du bois. Les essais sur les panneaux bruts et revêtus ont confirmé la prépondérance de l'hexanal. Par contre, le niveau d'émission en alpha-pinène est resté relativement faible pour un support fabriqué à partir d'une essence très majoritairement résineuse (pin maritime).

Plus récemment, une étude a permis d'évaluer l'effet barrière de revêtements stratifiés et mélaminés sur des panneaux de particules à destination des produits d'ameublement (FCBA, 2016b). Deux fabricants de panneaux de particules ont fourni des panneaux bruts d'épaisseurs 19 et 25 mm, dont la teneur en formaldéhyde est inférieure à 4 mg/100 g de panneau sec selon la méthode au perforateur (EN 12460-5). Ces panneaux bruts ont servi de support pour les papiers décors et pour les stratifiés.

Les paramètres suivants ont été étudiés pour les papiers décors :

- Grammage papier sec (non imprégné) : 70 g/m² (faible) et 90-95 g/m² (fort)
- Type de papier : uni et décor bois
- Temps de pressage (polymérisation de la résine d'imprégnation du papier) : temps standard et temps standard + 10 sec

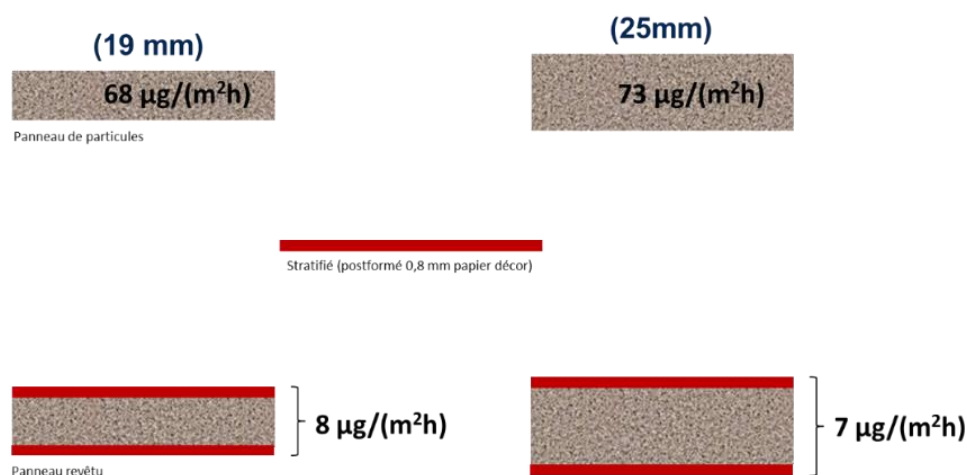
Globalement, les facteurs d'émission spécifiques mesurés sur les PPSM sont compris entre 2,2 et 8,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, avec une médiane à 3,4 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$. L'effet d'abattement au formaldéhyde des feuilles de papier imprégnées de mélamine a présenté le même ordre de grandeur que celui mesuré dans les études précédentes (facteur de réduction variant de 87 à 96%, avec une médiane à 93%, quels que soient la nature du support et le type de revêtement).

Même si les charges en résine d'imprégnation déposées sur le papier et les protocoles de pressage (durée, température) peuvent diverger selon le grammage du papier, les recettes d'imprégnation appliquées par les fabricants permettent au final d'obtenir le même niveau d'abattement des émissions de formaldéhyde. Cette étude ne met donc pas en évidence d'influence du grammage du papier sur les émissions de formaldéhyde.

D'autre part, l'épaisseur du support brut (19 et 25 mm) ne semble pas avoir d'influence sur l'émission de formaldéhyde par les PPSM. Par contre, le type de papier pourrait avoir une influence sur les émissions de formaldéhyde. En effet, les résultats montrent globalement des niveaux d'émission plus élevés pour le papier décor, que le grammage soit faible ou fort. Cependant, les auteurs précisent que les niveaux mesurés sont trop faibles pour conclure. Ces premiers résultats pourraient plutôt inciter, pour un fabricant donné, à retenir comme essai majorant le papier présentant le taux d'imprégnation le plus élevé.

Un test d'émission a aussi été réalisé sur un revêtement stratifié (HPL postformé 0,8 mm) collé sur le même support brut (collage vinylique) que celui retenu pour l'essai sur les PPSM (FCBA, 2016b). Les facteurs d'émission spécifiques mesurés après 14 jours de conditionnement en chambre de test sont du même ordre de grandeur que ceux retrouvés pour les PPSM. La Figure 2 reprend les facteurs d'émission des supports bruts et des panneaux stratifiés.

Figure 2 : Effet barrière du revêtement sur l'émission de formaldéhyde de panneaux stratifiés ; d'après (FCBA, 2016b)

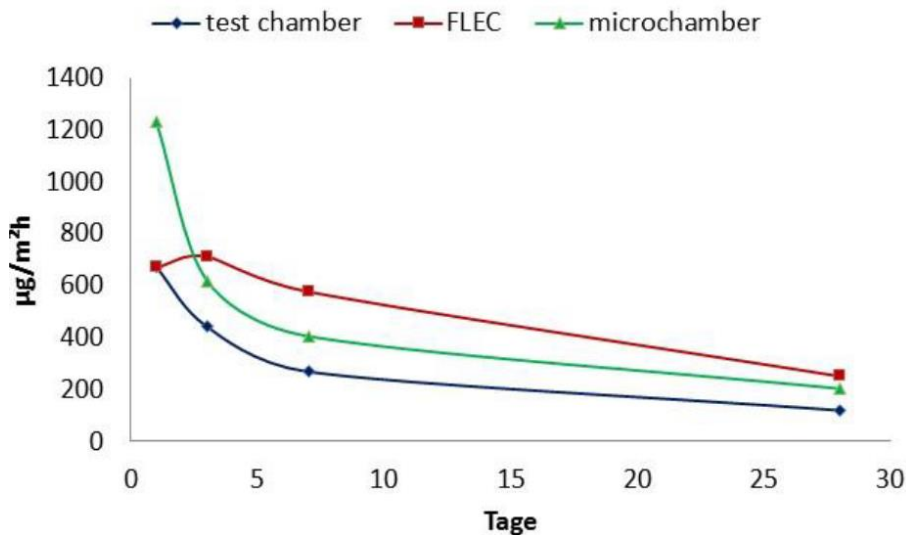


✓ **Panneaux OSB**

Une étude (Concept QAI) a permis de comparer les émissions de panneaux OSB avec deux systèmes de collage (MUF, PU) (FCBA, 2016a). Les résultats après 28 jours d'essai en chambre confirment des niveaux d'émission significatifs provenant des plaquettes de bois (SER en COVT de 744 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ pour le panneau OSB3 collage PU). Même si la composition n'est pas connue (proportion entre essences résineuses et feuillues), les terpènes (alpha-pinène) et les aldéhydes (hexanal) forment les émissions principales. Les niveaux d'émission en formaldéhyde restent relativement faibles, même si le collage MUF montre un facteur d'émission plus significatif (11,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ pour le panneau OSB4 collage MUF et 6,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ pour le panneau OSB3 collage PU).

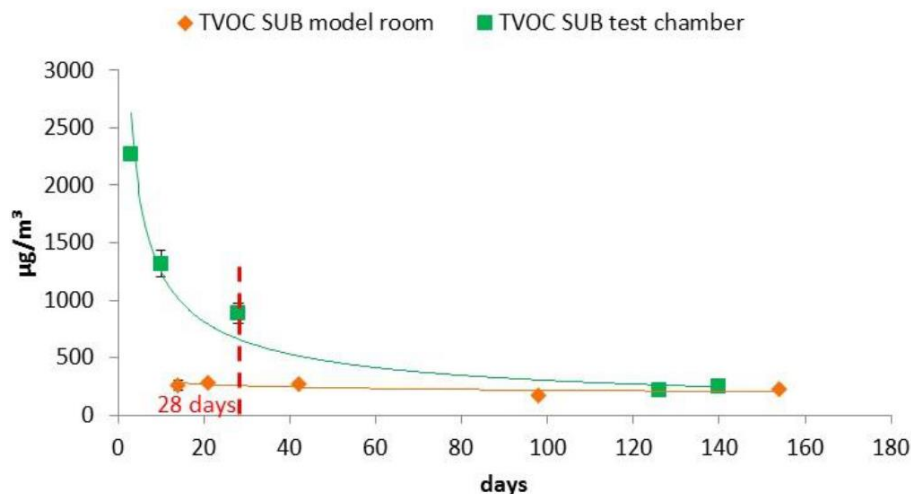
En 2014, un projet de recherche autrichien a réalisé des essais de laboratoire sur des panneaux OSB en chambre et en cellule d'essai d'émission (FLEC) et en micro chambre (Höllbacher, 2014). Après 28 jours d'essais, les concentrations varient selon la méthode de conditionnement (SER en COVT entre 131 et 251 $\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$) ; Figure 3). Comme pour la précédente étude, les composés majoritaires sont les aldéhydes (pentanal, hexanal) et les terpènes (alpha-pinène, bêta-pinène, limonène).

Figure 3 : Concentration en COVT en chambre de test, FLEC et micro chambre sur un échantillon de panneau OSB ; d'après (Höllbacher, 2014)



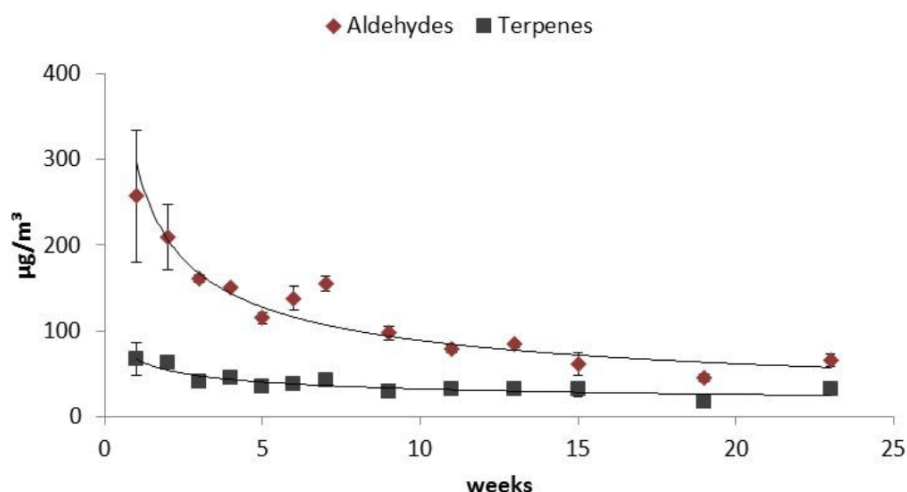
Les auteurs ont aussi fabriqué une pièce de 30 m^3 avec le même panneau OSB sur les principes de la pièce modèle, et ont suivi la concentration en COVT durant 23 semaines (Höllbacher, 2014). L'extrapolation à la pièce modèle de 30 m^3 des résultats en chambre d'essai d'émission montre de fortes disparités après 28 jours d'essai (concentrations en COVT de 881 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en chambre d'essai d'émission et de 285 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la pièce de 30 m^3). Les niveaux de concentrations se rejoignent après 140 jours d'essai (concentrations en COVT de 251 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en chambre d'essai d'émission et de 227 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la pièce de 30 m^3) ; Figure 4).

Figure 4 : Comparaison des concentrations en COVT en chambre de test et dans la pièce de 30 m^3 fabriquée en panneau OSB ; d'après (Höllbacher, 2014)



Le suivi temporel des concentrations en composés naturels du bois dans la pièce de 30 m³ montre que les niveaux d'émission en aldéhydes sont plus élevés que ceux en terpènes sur la période complète d'essai (66% en moyenne ; Figure 6). Par contre, cette différence est accentuée au début de l'essai (au cours des 4 premières semaines). Les auteurs relient cette observation avec le procédé de fabrication (oxydation des acides gras au moment du pressage du panneau à chaud).

Figure 5 : Concentrations en aldéhydes et en terpènes dans la pièce de 30 m³ fabriquée en panneau OSB ; d'après (Höllbacher, 2014)



✓ **Panneaux de contreplaqué**

Une première étude a été lancée en 2011, suite à un constat concernant le manque de données sur les émissions en polluants volatils des contreplaqués fabriqués en France, quand les industriels devaient répondre à la mise en place de l'étiquetage obligatoire des produits de construction et de décoration sur leurs émissions de polluants volatils (FCBA, 2013c).

Les panneaux de contreplaqué sont susceptibles d'émettre du formaldéhyde (émission naturelle du bois en cas de collage phénolique, ou majoritairement liée à la colle en cas de collage aminoplaste). Par contre, les composés naturels du bois peuvent aussi contribuer aux émissions de COV selon les essences de bois rentrant dans la composition de ces panneaux (émissions de terpènes par les essences résineuses, émissions d'aldéhydes et d'acides carboxyliques par tout type d'essences).

Cette étude avait pour double objectif, de connaître les paramètres pouvant influencer les émissions de formaldéhyde et de COV par les panneaux de contreplaqués (nature de la colle, nombre de plis, épaisseur du panneau, nature et épaisseur du placage, influence de l'ignifugation et du rainurage), mais aussi de les positionner selon l'arrêté du 19 avril 2011 afin d'aider les industriels dans la mise en place de ce futur étiquetage réglementaire.

Les résultats ont montré que le seul paramètre réellement discriminant sur le niveau d'émission en formaldéhyde était la nature de la colle (phénolique, aminoplaste). La nature de l'essence, l'épaisseur du panneau et l'épaisseur de la face n'ont pas été déterminants sur les émissions de formaldéhyde.

Cette étude a aussi montré que l'ignifugation des contreplaqués pouvait faire chuter de façon très significative l'émission de formaldéhyde, en particulier à partir des panneaux avec un collage aminoplaste (MUF), même si ce résultat s'est limité à un procédé et à un produit d'ignifugation bien spécifique.

Les niveaux d'émission en COVT ont montré des écarts significatifs selon le type d'essence. L'émission en COVT de l'essence résineuse testée (pin maritime) est restée très supérieure à celle des deux essences feuillues (peuplier, et surtout okoumé). Ces résultats sont liés à la présence des terpènes en concentration significative dans les essences résineuses. A l'inverse, les autres paramètres testés dans cette étude (épaisseur du panneau, épaisseur de la face, nature de la colle) n'ont pas influencé les niveaux d'émission en COVT.

Cette étude s'était limitée aux substances volatiles listées dans l'arrêté d'étiquetage et n'avait pas apportée d'information sur les émissions de phénol, composant de base des colles phénoliques, et classé mutagène de catégorie 2 selon le règlement CLP (règlement 1272/2008). Une étude complémentaire a donc été lancée en 2016 afin de vérifier que les panneaux de contreplaqués n'émettent pas de phénol (FCBA, 2017).

Les tests d'émission ont été réalisés sur trois types de panneaux (contreplaqués en pin maritime avec et sans nœud, contreplaqué en peuplier). La mesure des émissions en substances volatiles (COV, formaldéhyde) a été réalisée après 7 jours de conditionnement du produit en chambre d'essai d'émission. Les résultats ont montré que les panneaux de contreplaqué collés avec une résine phénolique émettent du phénol uniquement à l'état de traces. En effet, les facteurs d'émission spécifiques en phénol ne dépassent pas $1 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ après 7 jours de conditionnement des produits testés en chambre d'essai d'émission. Ces niveaux sont inférieurs aux valeurs de référence disponibles en Europe (concentration limite d'intérêt de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ selon le référentiel allemand AgBB).

4.2.2 Plan expérimental

Un plan expérimental a été proposé selon les résultats des études antérieures et l'avis des experts de FCBA. Les familles de panneaux à base de bois suivantes ont été retenues :

- Panneaux à base de bois destinés à la construction : panneaux de particules bruts, panneaux OSB et panneaux de contreplaqué
- Panneaux de revêtement : panneaux de particules surfacés mélaminés (PPSM), panneaux de contreplaqué avec un placage bois

Pour chaque famille de panneaux, des paramètres d'influence ont été définis (Tableau 12). Selon les résultats de la revue documentaire, leur impact sur le niveau d'émission en COV et en formaldéhyde a été priorisé.

Les paramètres jugés les plus influents sont le type de colle (tout type de panneau), l'essence de bois (OSB, contreplaqué) et le type de revêtement (papier décor, peinture, placage).

Selon les informations disponibles pour les différents types de panneaux, un essai majorant sur un panneau OSB a été privilégié, en particulier pour confirmer les forts niveaux d'émission en COV naturels du bois (terpènes, aldéhydes). Un panneau OSB4 100% résineux a été retenu avec un collage PU, afin de caractériser les émissions de formaldéhyde provenant spécifiquement des plaquettes de bois.

Tableau 12 : Paramètres d'influence retenus pour les panneaux à base de bois

Type de panneau	Paramètre d'influence	Facteur d'influence (configuration majoritaire)
Panneau de particules	Epaisseur	Non
	Type de panneau (312 P2 / 312 P5)	Non
	Type de colle (CARB P2 / E0,5 / E1)	Oui (panneau E1)
	Type de presse (continue / à étages)	Oui (à étages)
	Taux de recyclage	Inconnu
	% feuillu / résineux	Oui (100% résineux)
	Température de séchage des particules	Inconnu
	Adjuvants (préservation / ignifugation)	Inconnu
Panneau de particules surfacé mélaminé	Type de résine d'imprégnation	Oui (selon fabricant)
	Conditions de pressage (température, durée)	Non
	Type de décor (uni / décor bois)	Oui (décor bois)
	Type de support (CARB P2 / E0,5 / E1)	Oui (support E1)
	Type de grammage (faible / fort)	Non
Panneau OSB	Epaisseur	Non
	Type OSB (3 ou 4)	Inconnu
	Type de colle (MUF / PU)	Oui (MUF)
	% feuillu / résineux	Oui (100% résineux)
	Si résineux, type d'essence	Oui (pin sylvestre majoritaire)
	Adjuvants (préservation / ignifugation)	Inconnu
Panneau de contreplaqué	Epaisseur	Non
	Essence (pin maritime, okoumé, peuplier)	Oui (pin maritime)
	Type de colle (UF / MUF / phénolique)	Oui (UF)
	Nombre de plis	Non
	Epaisseur de la face	Non
	Finition (peinture / placage)	Oui (effet barrière)
	Type de colle (placage)	Oui (effet barrière)
	Adjuvants (ignifugation)	Oui (effet barrière)
	Adjuvants (préservation)	Inconnu
	Rainurage	Non

4.3 Bois lamellés collés et croisés

4.3.1 Revue documentaire

Peu d'études ont été réalisées pour mesurer les émissions de formaldéhyde et de COV par les bois structuraux, en particulier sur le bois lamellé croisé (CLT). Aucune donnée expérimentale confidentielle (rapport d'essai) n'a pu être communiquée par les fabricants de bois lamellé collé (BLC) et de bois lamellé croisé (CLT).

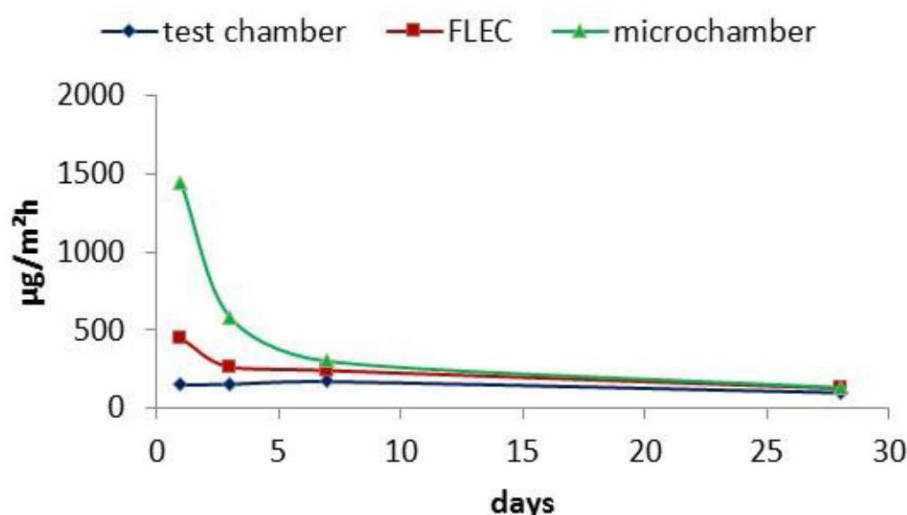
En 2008, le SNBL a demandé à FCBA de définir les principaux scénarii de mise en œuvre de structures en BLC dans des bâtiments fermés, afin d'évaluer la contribution de ces composants à la concentration en COV et en formaldéhyde dans l'air intérieur (FCBA, 2008). Pour cela, des tests d'émission ont été réalisés selon la série de normes ISO 16000 (3, 6 et 9) sur des bois lamellés collés en épicéa, avec deux types de résine (PU, résorcine) et de finition (lasures en solvant pétrolier et en phase aqueuse, produit de préservation hydrodispersable en classe d'emploi 2).

L'essai sur le BLC avec un collage PU a montré de très faibles concentrations en formaldéhyde (inférieure à 2,5 µg/m³ après 28 jours de conditionnement en chambre de test). Le BLC avec un collage résorcine a montré un niveau d'émission en formaldéhyde plus significatif (concentration de 11 µg/m³ après 28 jours de conditionnement en chambre de test).

Des composés naturels du bois ont été retrouvés (terpènes, aldéhydes) mais l'épicéa montre de faibles niveaux d'émission, en comparaison d'autres essences résineuses (pin). Par contre, les niveaux d'émission dépendent de la nature de la finition ou du produit de traitement appliqué sur le BLC. En effet, les co-solvants composant les produits en phase aqueuse se sont majoritairement évaporés après 28 jours d'essai en chambre d'émission (concentration en COVT entre 68 et 105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ce sont principalement des éthers de glycol. L'essai sur le BLC lasuré avec un produit en solvant pétrolier a montré de fortes concentrations en COV après 28 jours d'essai en chambre d'émission (concentration en COVT de 1396 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ce sont majoritairement des hydrocarbures aliphatiques et cycliques caractéristiques des solvants pétroliers. Le test d'émission a été prolongé jusqu'à 55 jours et la concentration en COVT est descendue à 671 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

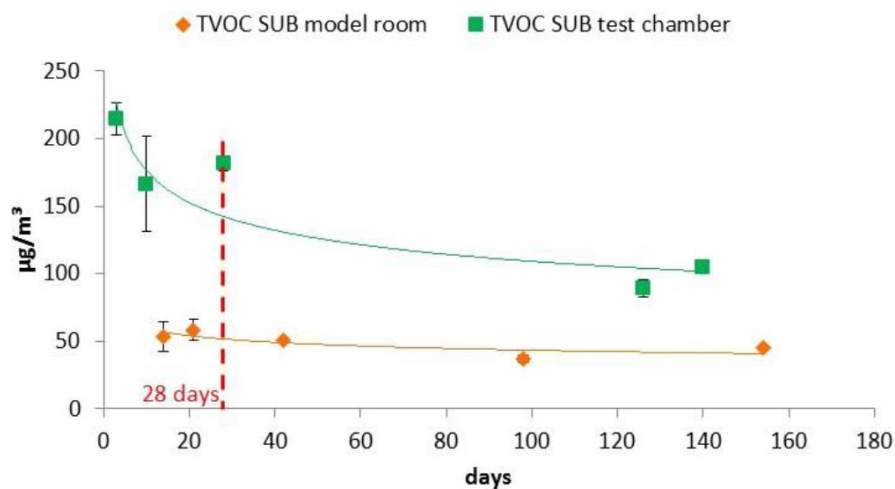
Des tests d'émission sur du bois lamellé croisé (CLT) ont aussi été réalisés dans le cadre d'un projet de recherche autrichien sur le même principe que celui défini sur le panneau OSB (Höllbacher, 2014). Des résultats essais en chambre, en cellule d'essai d'émission (FLEC), et en micro chambre ont été comparés (Figure 6). Après 28 jours d'essais, les concentrations sont identiques quelle que soit la méthode de conditionnement (SER en COVT de l'ordre de 70 $\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$). Comme pour le panneau OSB, les composés majoritaires sont les aldéhydes (pentanal, hexanal) et les terpènes (alpha-pinène, bêta-pinène, limonène).

Figure 6 : Concentration en COVT en chambre de test, FLEC et micro chambre sur un échantillon de CLT ; d'après (Höllbacher, 2014)



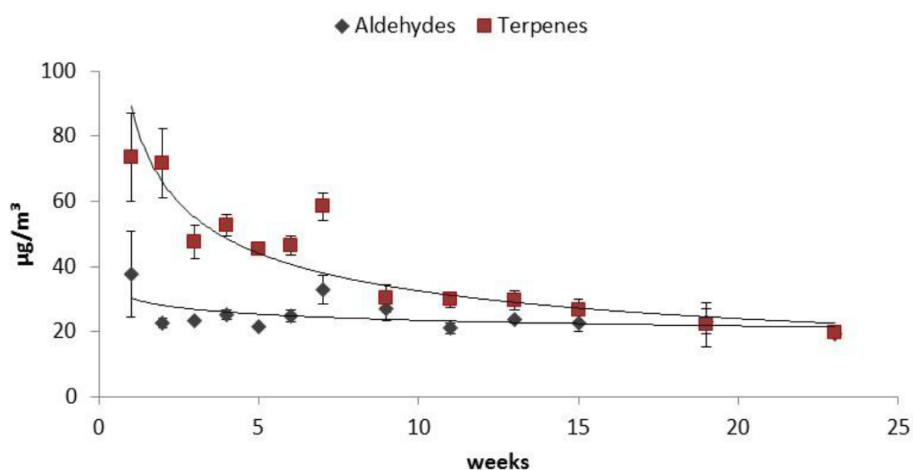
Sur le même principe, les auteurs ont fabriqué une pièce de 30 m^3 en CLT et ont suivi la concentration en COVT durant 23 semaines (Höllbacher, 2014). L'extrapolation à la pièce modèle de 30 m^3 des résultats en chambre d'essai d'émission montre de fortes disparités après 28 jours d'essai (concentrations en COVT de 166 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en chambre d'essai d'émission et de 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la pièce de 30 m^3). A l'inverse des essais sur panneau OSB, les niveaux de concentrations ne convergent pas après 140 jours d'essai (concentrations en COVT de 105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en chambre d'essai d'émission et de 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la pièce de 30 m^3) et ont tendance à rester relativement stables sur toute la période de l'essai (Figure 7).

Figure 7 : Comparaison des concentrations en COVT en chambre de test et dans la pièce de 30 m³ fabriquée en CLT ; d'après (Höllbacher, 2014)



A l'inverse du panneau OSB, le suivi temporel des concentrations en composés naturels du bois dans la pièce de 30 m³ montre que les niveaux d'émission en terpènes sont plus élevés que ceux en aldéhydes sur la période complète d'essai (50% jusqu'à la 8^{ème} semaine d'essai ; Figure 8). Par la suite, les deux courbes convergent à partir de la 19^{ème} semaine (concentrations en terpènes de 22 µg/m³ et en aldéhydes de 23 µg/m³).

Figure 8 : Concentrations en aldéhydes et en terpènes dans la pièce de 30 m³ fabriquée en CLT ; d'après (Höllbacher, 2014)



4.3.2 Plan expérimental

Un plan expérimental sur les bois structuraux a été proposé sur avis des experts de FCBA. Des paramètres d'influence ont été retenus dans l'optique de tester des configurations enveloppantes, tant au niveau de l'essence que des grands procédés de fabrication (Tableau 13).

Tableau 13 : Paramètres d'influence des émissions de COV et de formaldéhyde par les BLC et les CLT


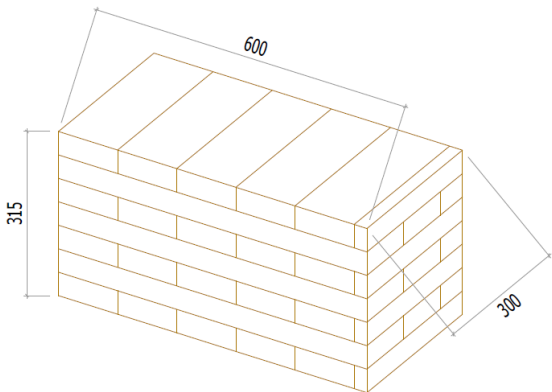
Paramètre d'influence	Configuration majorante	Commentaires
Bois		
Essence	Essences couramment utilisées : sapin, épicéa, pin maritime, pin sylvestre, douglas, mélèze	Maximise les émissions de COV (pin)
Humidité des bois	Humidité maximum normativement autorisée	Maximise les émissions de COV et de formaldéhyde
Densité	Nombre de cernes / cm	Maximise les émissions de COV
Aubier	Avec le plus d'aubier possible	Maximise les émissions (canaux résinifères dans l'aubier)
Rainures	Sans rainures, pour maximiser le volume de matière	Maximise les émissions
Nœuds	Maximum normativement autorisé au regard de la classe déclarée (plutôt classement machine)	Maximise les émissions
Procédé de fabrication du BLC		
Epaisseur des lamelles	Epaisseur minimale des lamelles	Maximise le nombre de plans de collage à section de poutre équivalente
Adhésif d'aboutage et lamellation	Adhésif le plus émissif	Collage aminoplaste
Grammage adhésif aboutage et lamellation (épaisseur joint de colle)	Grammage le plus fort	Maximise la quantité de colle
Temps d'assemblage, pression et temps de serrage	Temps d'assemblage le plus court Pression de serrage la plus faible autorisée	Maximise les émissions de la colle
Température dans la zone d'aboutage et de serrage	Température minimale normativement autorisée	Colle plus émissive si moins réticulée
Température post polymérisation	Température minimale normativement autorisée	Colle plus émissive si moins réticulée
Durée de vie avant mise en œuvre	Temps minimal	Maximise les émissions
Produits de traitement et / ou finition et mode d'application	Produit en solvant pétrolier	Maximise les émissions
Procédé de fabrication du CLT		
Epaisseur des plis (nombre de plis à section équivalente)	Epaisseur des plis minimum	Maximise le nombre de plans de collage
Collage à chant ou non	Collage à chant	Maximise la quantité de colle
Largeur des lamelles	Largeur des lamelles minimum	Maximise la quantité de colle si collage à chant et le nombre de vide entre lamelles si pas de collage à chant
Adhésif d'aboutage, collage des chants et des plis	Adhésif le plus émissif	Collage aminoplaste
Grammage adhésif d'aboutage, collage des chants et des plis (épaisseur du joint de colle)	Grammage le plus fort	Maximise la quantité de colle
Temps d'assemblage, pression et temps de serrage	Temps d'assemblage le plus court Pression de serrage la plus faible autorisée	Maximise les émissions de la colle
Longueur des bois (nombre d'aboutages)	Longueur la plus courte	Maximise le nombre d'aboutages
Température dans la zone d'aboutage et de serrage	Température minimale normativement autorisée	Colle plus émissive si moins réticulée
Température post polymérisation	Température minimale normativement autorisée	Colle plus émissive si moins réticulée
Durée de vie avant mise en œuvre	Temps minimal	Maximise les émissions
Produits de traitement et / ou finition et mode d'application	Produit en solvant pétrolier	Maximise les émissions

Parmi les paramètres d'influence sur Tableau 13, plusieurs d'entre eux ont été écartés pour des raisons pratiques (faisabilité technique auprès des fabricants). Les paramètres jugés les plus influents, et pouvant être intégrés au plan expérimental, sont :

- Le type de colle
- L'essence de bois
- Le type d'adjuvant (préservation / finition)

Les essais majorants qui ont été retenus, sont présentés dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Paramètres d'influence retenus pour les BLC et CLT et définition de l'essai majorant

Paramètre d'influence	Configuration majorante	
	Bois Lamellé Collé (BLC)	Bois Lamellé Croisé (CLT)
Essence	Pin maritime	Pin maritime
Adhésif	MUF	MUF
Collage	A froid	Pas de collage à chant
Taille des lamelles	Epaisseur 45 mm Dimension 90 x 225 x 517 mm	Epaisseur 45 mm Largeur 90 mm Dimension 310 x 300 x 600 mm
		
Produit de traitement / Finition	Lasure traitante en phase aqueuse	Lasure traitante en phase aqueuse

5. ESSAIS EXPLORATOIRES

5.1 Rappel

L'idée consiste à privilégier une approche majorante. Le produit n'est pas obligatoirement représentatif des produits mis sur le marché français mais doit apporter une première information (nature et niveau d'émission des substances volatiles, classement selon le projet d'acte délégué) lorsque l'essai est réalisé sur une configuration pouvant entraîner les émissions les plus significatives en COV et en formaldéhyde.

Un essai exploratoire a donc été mené sur les configurations majorantes définies au chapitre précédent (Tableau 15).

Tableau 15 : Description des échantillons retenus pour l'essai majorant

Date de réception à FCBA	Description de l'échantillon
06/11/2017	5 échantillons de panneau OSB4 100% résineux, collage PU Dimension : 500 x 500 x 18 mm
26/01/2018	1 tranche de poutre en bois lamellé collé 5 lamelles de pin maritime de 45 mm, collage MUF à froid, lasure traitante en phase aqueuse Dimension : 517 x 225 x 90 mm
26/01/2018	1 tranche de poutre en bois lamellé croisé 7 plis Lamelles en pin maritime de 90 mm, collage MUF à froid, lasure traitante en phase aqueuse Dimension : 295 x 315 x 595 mm

5.2 Méthode d'essai

5.2.1 Principe de l'essai

La norme NF EN 16516 spécifie une méthode générale d'essai en laboratoire permettant de déterminer le facteur d'émission spécifique par unité de surface, de substances volatiles provenant des produits de construction (AFNOR, 2017).

L'essai est effectué dans une chambre d'essai d'émission dans des conditions contrôlées de température (23 ± 1 °C), d'humidité relative (50 ± 5 %) et de débit d'air spécifique par unité de surface (rapport entre le débit d'air soufflé et la surface totale des éprouvettes d'essai placées dans la chambre d'essai d'émission).

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

Lorsque l'on connaît la concentration de substances volatiles 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 substances volatiles provenant des produits soumis à essai.

5.2.2 Réception des échantillons

Pour éviter toute contamination, les échantillons doivent être placés dans des emballages ou récipients étanches à l'air et exempts d'émission et d'absorption (par exemple, enveloppés dans une feuille d'aluminium, puis placés dans un sac en polyéthylène non imprimé).

A réception, ils sont stockés tels quels en chambre climatisée à 20 ± 5 °C, jusqu'à la date de préparation avant essai. Si le conditionnement n'est pas jugé suffisant, les échantillons sont placés dans un suremballage étanche à l'air et aux UV.

A noter que les échantillons de BLC et de CLT ont été reçus dans un emballage perméable (film plastique étirable). D'autre part, ils sont restés 48 heures à l'air libre (du 19 au 21/02/2018), avant d'être réemballés de façon étanche à l'air et aux UV (papier aluminium + film polyéthylène épais).

La chronologie des essais est présentée dans le Tableau 16.

Tableau 16 : Suivi de la préparation des éprouvettes d'essai

Type de produit	Panneau OSB	BLC	CLT
Date de réception au laboratoire	06/11/17	26/01/18	26/01/18
Découpe de l'éprouvette d'essai	06/11/17 (14h50)	Pas de découpe	12/03/18 (10h05)
Colmatage de l'éprouvette d'essai	07/11/17 (8h30-8h50)	05/03/18	12/03/18 (14h40-15h10)
Début de l'essai	16/11/17 (10h20)	26/03/18 (13h05)	26/03/18 (13h00)
Fin de l'essai	14/12/17 (12h40)	23/04/18 (15h35)	23/04/18 (16h05)

5.2.3 Préparation des éprouvettes d'essai

La préparation des échantillons a suivi les principes de la norme NF EN 16516. La dimension des éprouvettes d'essai dépend de la taille des chambres retenues pour les essais d'émission et des scénarios d'usage. Un scénario « Murs » a été retenu pour le panneau OSB et le CLT. Un scénario « Plafond » a été retenu pour le BLC.

Aucune période de pré-conditionnement n'a été appliquée aux éprouvettes d'essai. Après préparation (découpe, colmatage), les éprouvettes d'essai sont de nouveau emballées (papier aluminium + film polyéthylène thermosoudé), puis stockées en chambre climatisée à $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, jusqu'à la date de l'essai.

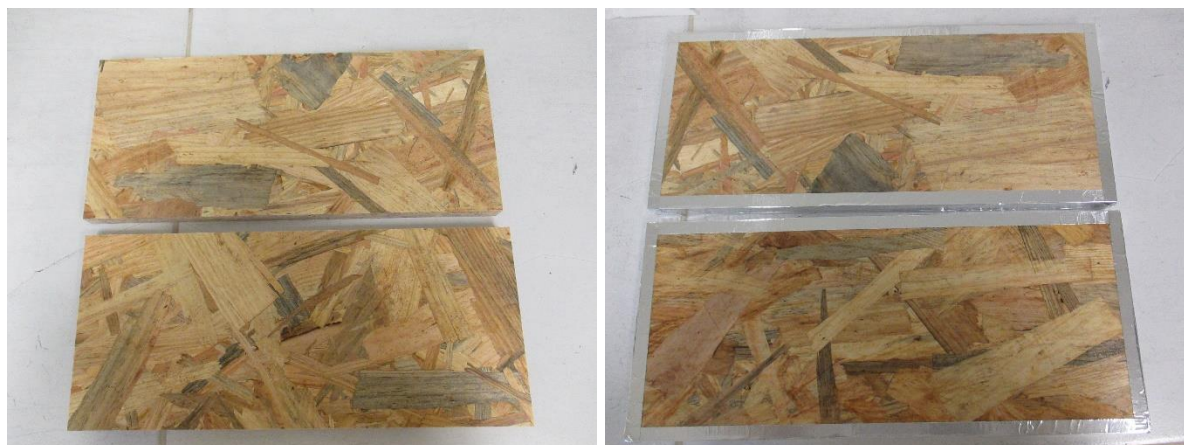
✓ **Panneau OSB**

Des éprouvettes d'essai de 370 x 160 mm ont été découpées dans deux échantillons pris au hasard. Seule une face est mise au contact de l'air intérieur. Les chants coupés, la contre-face (prise aléatoirement) et une partie de la face (sur quelques millimètres) ont été colmatés à l'aide d'un ruban adhésif aluminium (Photo 1). Après colmatage, la dimension de chaque éprouvette est réduite à 350 x 140 mm et la surface émissive totale est égale à 0,098 m² (Photo 2).

Photo 1 : Echantillons de panneau OSB avant découpe et colmatage



Photo 2 : Echantillons de panneau OSB après découpe et éprouvettes d'essai après colmatage



✓ **Bois lamellé collé (BLC)**

L'échantillon reçu forme l'éprouvette d'essai (pas de découpe). Par contre, les 2 extrémités de l'éprouvette et la face inférieure ont été colmatées à l'aide d'un ruban adhésif aluminium. Au final, l'éprouvette présente une surface émissive totale de 0,2 m², avec 4 plans de collage émissifs sur chaque face (Photo 4).

Photo 3 : Eprouvette d'essai de BLC avant et après colmatage



✓ **Bois lamellé croisé (CLT)**

L'échantillon de CLT a été découpé sur un côté (pris au hasard), pour obtenir une éprouvette d'essai de 295 x 315 x 249 mm (Photo 4). La face inférieure et deux côtés ont ensuite été colmatés à l'aide d'un ruban adhésif aluminium (Photo 5).

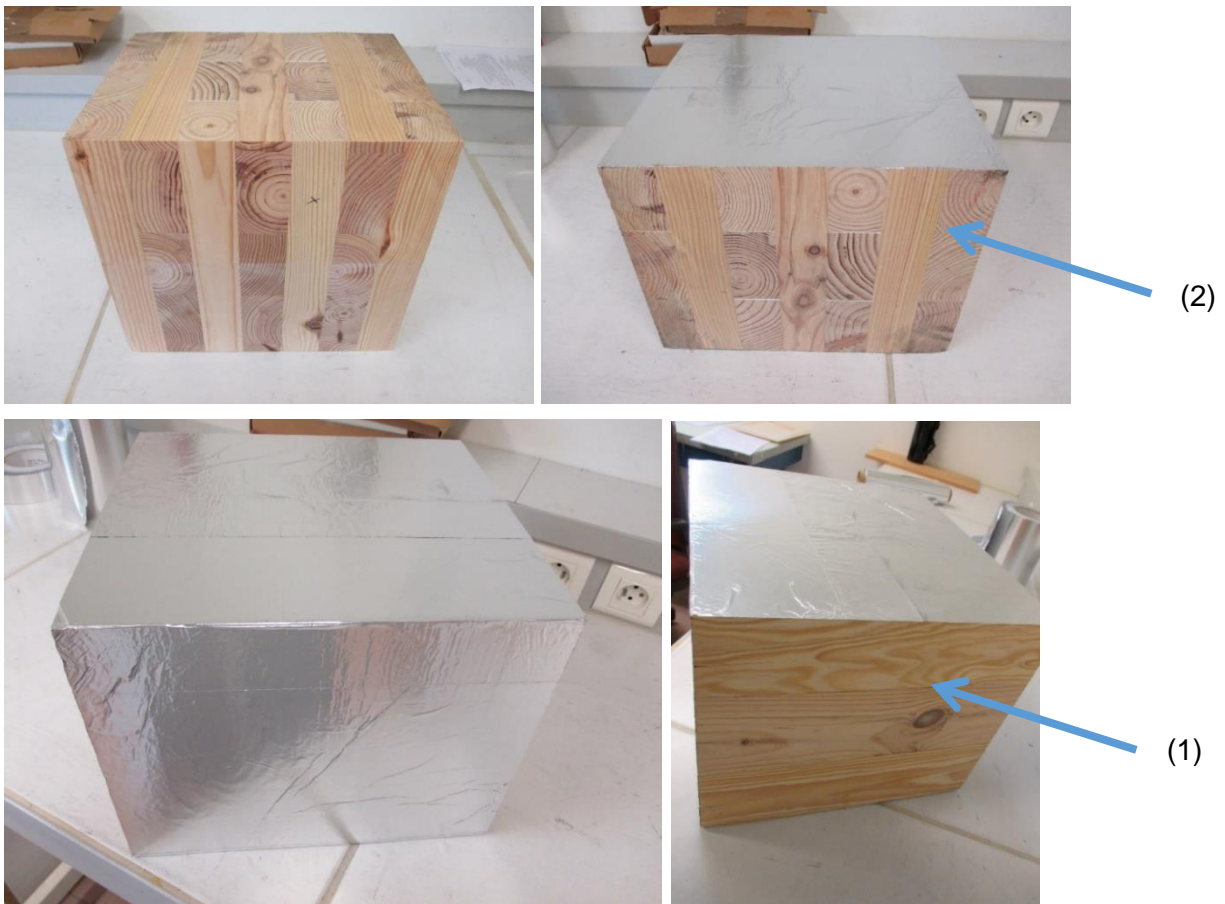
Au final, l'éprouvette présente une surface émissive totale de 0,225 m², avec différents plans de collages selon les chants restés ouverts :

- 2 faces de 295 x 249 mm avec 3 lamelles de 45 mm d'épaisseur et 2 plans de collage de 249 mm de longueur (1)
- 1 face de 315 x 249 mm avec 8 plans de collage de 45 mm et 6 plans de collage de 219 mm de longueur (2)

Photo 4 : Echantillon de CLT avant et après découpe



Photo 5 : Eprouvette de CLT avant et après colmatage



5.2.4 Déroulement de l'essai

✓ **Conditionnement en chambre d'essai d'émission**

Les éprouvettes d'essai sont placées dans une chambre d'essai d'émission (Climpaq en verre de 50,9 à 225 litres). Leur introduction dans la chambre correspond au début (T_0) de l'essai d'émission (Photo 6).

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

Photo 6 : Eprouvettes conditionnées en chambre d'essai d'émission (Haut : panneau OSB ; Bas : BLC, CLT)



Les conditions de l'essai ont été sélectionnées pour suivre les principes de la norme NF EN 16516 (Tableau 17).

Tableau 17 : Conditions opératoires pour les essais en chambre d'émission

Paramètre	Panneau OSB	BLC	CLT
Volume de la chambre (m ³)	0,0509	0,200	0,225
Température (°C)	22,9 ± 0,4	22,8 ± 0,2	22,5 ± 0,2
Humidité relative (%)	52,2 ± 3,2	51,4 ± 3,0	50,7 ± 5,6
Surface de l'éprouvette (m ²)	0,098	0,200	0,225
Taux de renouvellement d'air (h ⁻¹)	0,97	0,5	0,5
Taux de charge (m ² /m ³)	1,93	1,0	1,0
Débit d'air spécifique (m ³ /(m ² .h))	0,5	0,5	0,5
Durée du test (jours)	28	28	28

✓ Prélèvement de l'air de la chambre

L'air de la chambre d'essai d'émission a été prélevé après 28 jours (J28) de conditionnement des éprouvettes d'essai. Les substances volatiles ont été prélevées par échantillonnage actif (pompage) de l'air sur un système spécifique. Les prélèvements ont été effectués en doublons. Deux types de prélèvement d'air ont été réalisés :

- sur cartouche DNPH pour la mesure des composés carbonylés très volatils (Tableau 18)
- sur multiadsorbant (Tenax TA / laine de verre) selon les conditions pour la mesure des COV (Tableau 19)

Tableau 18 : Conditions de prélèvement sur cartouches DNPH après 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission

Conditions de prélèvement	Panneau OSB	BLC	CLT
Support	Cartouche DNPH		
Nature	J28	J28	J28
Nombre	2	2	2
Date	14/12/17	23/04/18	23/04/17
Durée (min)	60	60	60
Débit (ml/min)	508	774	768
Volume (l)	30,5	46,4	46,1

Tableau 19 : Conditions de prélèvement sur tube Tenax après 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission

Conditions de prélèvement	Panneau OSB	BLC	CLT
Support	Tube Tenax TA / laine de verre		
Nature	J28	J28	J28
Nombre	2	2	2
Date	14/12/17	23/04/18	23/04/17
Durée (min)	30	30	30
Débit (ml/min)	161,8	159,0	152,9
Volume (l)	4,85	4,77	4,59

✓ **Méthodes de mesure**

Analyse des composés carbonylés très volatils

Les cartouches DNPH sont éluées par 5 ml d'acétonitrile. Les composés carbonylés très volatils sont analysés par chromatographie liquide haute performance avec détection UV (étalonnage externe).

Les composés carbonylés suivants ont été recherchés et quantifiés par étalonnage spécifique : formaldéhyde, acétaldéhyde, propanal, butanal, acroléine.

Les résultats présentés correspondent à la moyenne des deux prélèvements analysés. Avec des conditions de prélèvement de 50 litres d'air, la limite de quantification est égale à 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le formaldéhyde et à 3,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'acétaldéhyde.

L'incertitude de mesure relative à la méthode analytique est égale à 14,3% pour le formaldéhyde et à 18,0% pour l'acétaldéhyde (pour une concentration de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'hypothèse d'un volume d'air prélevé de 50 litres).

Analyse des COV

Les COV sont analysés par désorption thermique (TD), chromatographie en phase gazeuse (GC), identification et quantification par spectrométrie de masse (SM) (étalonnage externe).

Les substances étudiées ont été systématiquement recherchées. En cas d'identification, elles ont été quantifiées selon leur propre facteur de réponse (étalonnage externe).

Pour les autres substances volatiles à quantifier (concentration supérieure à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), l'identification a été réalisée par comparaison du spectre de masse obtenu avec la banque de spectres NIST 2014. Cette comparaison se réfère à un algorithme de probabilité du logiciel d'acquisition en GC-MS (MS Chemstation). Il fournit un indice de correspondance appelé « Match quality » (traduit par indice de probabilité). Si la substance n'a pu être identifiée de façon formelle (Match quality < 80), son appartenance à une famille chimique pourra être proposée (cas des isomères d'hydrocarbures). Dans le cas contraire, la substance sera marquée « Non Identifiée ».

Parmi les substances volatiles formellement identifiées, certaines d'entre elles ont été quantifiées selon leur propre facteur de réponse (« RF ») ou celui d'une substance « X » de structure chimique équivalente (« EqX »). Pour les autres substances, l'identification a été réalisée en équivalent toluène (« EqTol »).

La concentration en COV totaux (TVOC) a été calculée selon trois méthodes :

- TVOC_{Sum} : somme de tous les composés cibles (quantifiés au moyen d'étalons authentiques), de tous les composés non cibles identifiés, et de tous les composés non identifiés et quantifiés en utilisant le facteur de réponse TIC du toluène (référentiel AgBB)
- TVOC_{Tol-5} : somme de tous les composés quantifiés en utilisant le facteur de réponse du toluène, en excluant tout composé déterminé comme étant inférieur à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. C'est l'option retenue dans la norme NF EN 16516
- TVOC_{Tol-2} : somme de tous les composés quantifiés en utilisant le facteur de réponse du toluène, en excluant tout composé déterminé comme étant inférieur à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. C'est l'option retenue dans la norme NF EN ISO 16000-9 et reprise dans l'étiquetage français

5.3 Résultats

5.3.1 Panneau OSB

Les résultats de l'essai majorant sur le panneau OSB sont présentés dans le Tableau 20.

Tableau 20 : Concentrations expérimentales (C) et facteurs d'émission spécifiques surfaciques (SER_A) des principales substances volatiles émises par le panneau OSB après 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission.

Substance identifiée	N° CAS	C (µg/m ³)	SER _A (µg/(m ² .h))	Calib	Origine supposée
Composés carbonylés très volatils					
Formaldéhyde	50-00-0	11	5,5	RF	1 Colle, composé naturel du bois
Acétaldéhyde	75-07-0	67	33,5	RF	1 Colle, composé naturel du bois
Propanal	123-38-6	13	6,5	RF	1 Colle, composé naturel du bois ?
Composés organiques volatils					
Acide acétique	64-19-1	33	16,5	RF	1 Composé naturel du bois
Pentanal	110-62-3	44	22	RF	1 Composé naturel du bois
Acide isobutyrique	79-31-2	22	11	EqX ^a	3 Composé naturel du bois ?
Hexanal	66-25-1	190	95	RF	1 Composé naturel du bois
Heptanal	111-71-7	15,0	7,5	RF	2 Composé naturel du bois
Alpha-pinène	80-56-8	288	144	RF	1 Composé naturel du bois
Camphène	79-92-5	9,2	4,6	EqX ^b	3 Composé naturel du bois
Terpène non identifié	-	8,9	4,5	EqX ^b	3 Composé naturel du bois
Benzaldéhyde	100-52-7	2,8	1,4	RF	1 Composé naturel du bois colle ?
Béta-pinène	127-91-3	64,0	32	RF	1 Composé naturel du bois
Octanal	124-13-0	27	13,5	RF	1 Composé naturel du bois
3-Carène	498-15-7	16	8	RF	1 Composé naturel du bois
m-Cymène	535-77-3	16	8	RF	1 Composé naturel du bois
Limonène	138-86-3	27	13,5	RF	1 Composé naturel du bois
p-Cymène	99-87-6	14	7	RF	1 Composé naturel du bois
Nonanal	124-19-6	20	10	RF	1 Composé naturel du bois
1,7,7-Trimethylbicyclo[2.2.1]heptan-2-one	76-22-2	6,9	3,5	EqX ^b	3 Composé naturel du bois
2(10)-Pinen-3-one	30460-92-5	18	9	EqX ^b	3 Composé naturel du bois
2-Pinen-4-one	80-57-9	23	11,5	EqX ^b	3 Composé naturel du bois
Acrylate de 2-éthylhexyle	103-11-7	4,5	2,3	RF	1 Colle ?
Longifolène	475-20-7	17	8,5	RF	1 Composé naturel du bois

Substance identifiée (suite)	N° CAS	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SER _A ($\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$)	Calib	Origine supposée
COVT _{Sum}	-	874	437	-	-
COVT _{Sum}	-	874	437	-	-
COVT _{Tol-2}	-	883	441,5	EqTol	-
COVT _{Tol-5}	-	815	407,5	EqTol	-
Non identifié (2 substances)	-	17	8,5	EqTol	-

Paramètres de calibration (Calib) :

- 1 : Vérifié par étalon, quantifié selon son facteur de réponse (RF)
- 2 : Vérifié par étalon, quantifié en équivalent toluène (EqTol)
- 3 : Indice de probabilité $\geq 80\%$, quantifié en équivalent toluène (EqTol) ou selon une substance parente (EqX)
 - ^a : Equivalent acide propanoïque
 - ^b : Equivalent alpha-pinène
- 4 : Non identifié (Indice de probabilité $< 80\%$)

Les résultats confirment des niveaux d'émission élevés en composés naturels du bois (en majorité l'alpha-pinène, le bêta-pinène et l'hexanal). La charge en COV totaux est donc très majoritairement le résultat des émissions des plaquettes de bois en résineux (SER_A en équivalent toluène de 407,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$). Seule une substance volatile pouvant être apparentée à la colle a été retrouvée (acrylate de 2-éthylhexyle) mais à un très faible niveau d'émission (SER_A de 2,3 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$).

Un scénario "Murs" a été appliqué aux résultats en chambre d'essai d'émission, puis comparé au projet de classement européen pour l'affichage des substances dangereuses réglementées (version de mai 2017 de l'acte délégué). Les concentrations d'exposition (C_i) ont été calculées à partir des facteurs d'émission spécifiques **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** La pièce modèle définie dans la norme NF EN 16516 définit, pour un scénario "Murs", un taux de charge de 1 m^2/m^3 et un taux de renouvellement d'air de 0,5 h^{-1} (Tableau 21).

Si les concentrations en COV cibles et en formaldéhyde sont comparés au dernier projet d'acte délégué (version de mai 2017), le produit testé obtiendrait le classement le plus favorable : **A1-F1-C1**.

La concentration en COV totaux ne dépasse pas 1 mg/m^3 (limite A+ de l'étiquetage français). Par contre, la définition d'une classe intermédiaire (comme 0,2 ou 0,5 mg/m^3 , classes proposées dans le premier projet d'acte délégué mais non retenues dans la version de mai 2017) ne permettrait de viser la meilleure classe.

Tableau 21 : Comparaison des concentrations d'exposition (C_i) obtenues pour le panneau OSB avec les valeurs de référence définies dans le projet d'acte délégué

Substance identifiée	N° CAS	C _i (µg/m ³)	EU-LCI (µg/m ³)	Acte délégué	Commentaires
Formaldéhyde	50-00-0	11	100	F1	EU-LCI pour info
Acétaldéhyde	75-07-0	67	1200	A1	
Propanal	123-38-6	13	6,5	A1	
Acide acétique	64-19-1	33	1200	A1	
Pentanal	110-62-3	44	800	A1	
Acide isobutyrique	79-31-2	22	1800	A1	
Hexanal	66-25-1	190	900	A1	
Heptanal	111-71-7	15	900	A1	
Alpha-pinène	80-56-8	288	2500	A1	
Camphène	79-92-5	9,2	1400	A1	
Benzaldéhyde	100-52-7	2,8	Pas de EU-LCI	-	AgBB NIK 90 µg/m ³
Béta-pinène	127-91-3	64	1400	A1	
Octanal	124-13-0	27	900	A1	
3-Carène	498-15-7	16	1500	A1	
m-Cymène	535-77-3	16	1000	A1	
Limonène	138-86-3	27	5000	A1	
p-Cymène	99-87-6	14	1000	A1	
Nonanal	124-19-6	20	900	A1	
1,7,7-Trimethylbicyclo[2.2.1]heptan-2-one	76-22-2	7,0	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
2(10)-Pinen-3-one	30460-92-5	18	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
2-Pinen-4-one	80-57-9	23	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Acrylate de 2-éthylhexyle	103-11-7	4,6	390	A1	
Longifolène	475-20-7	17	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
COVT _{Tol-2}	-	883	-	-	
Pas de CMR 1A et 1B	-	-	-	C1	

5.3.2 Bois lamellé collé (BLC)

Les résultats de l'essai majorant sur le bois lamellé collé (BLC) sont présentés dans le Tableau 22.

Tableau 22 : Concentrations expérimentales (C) et facteurs d'émission spécifiques surfaciques (SER_A) des principales substances volatiles émises par le BLC après 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission.

Substance identifiée	N° CAS	C (µg/m ³)	SER _A (µg/(m ² .h))	Calib		Origine supposée
Composés carbonylés très volatils						
Formaldéhyde	50-00-0	70	35	RF	1	Colle, composé naturel du bois
Acétaldéhyde	75-07-0	8,6	4,3	RF	1	Colle, composé naturel du bois
Composés organiques volatils						
Acide acétique	64-19-1	286	143,0	RF	1	Composé naturel du bois
Pentanal	110-62-3	2,0	1,0	RF	1	Composé naturel du bois
Propylène glycol	57-55-6	756	378,0	RF	1	Finition / préservation
Hexanal	66-25-1	13	6,5	RF	1	Composé naturel du bois
Furfural	98-01-1	2,6	1,3	RF	1	Composé naturel du bois
Alpha-pinène	80-56-8	1251	625,5	RF	1	Composé naturel du bois
Alpha-fenchène	471-84-1	5,7	2,9	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
Camphène	79-92-5	30	15,0	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
Benzaldéhyde	100-52-7	2,4	1,2	RF	1	Composé naturel du bois
Béta-pinène	127-91-3	140	70,0	RF	1	Composé naturel du bois
Béta-myrcène	123-35-3	20	10,0	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
Isomère du dipropylène glycol méthyl éther	34590-94-8	7,1	3,6	EqTol	3	Ether de glycol, finition /préservation
Terpène	-	4,9	2,5	EqX ^a	4	Composé naturel du bois
Isomère du dipropylène glycol méthyl éther	34590-94-8	12	6,0	EqTol	3	Ether de glycol, finition / préservation
Dipropylène glycol dimethyl éther	111109-77-4	19	9,5	EqTol	3	Finition / préservation
p-Cymène	99-87-6	7,6	3,8	RF	1	Composé naturel du bois
Limonène	138-86-3	171	85,5	RF	1	Composé naturel du bois
Ether de glycol	-	3,5	1,8	EqTol	4	finition /préservation
Gamma-terpinène	99-85-4	2,2	1,1	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
4-Carène	29050-33-7	28	14,0	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
Nonanal	124-19-6	2,8	1,4	RF	1	Composé naturel du bois
Fenchol	1632-73-1	3,9	2,0	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
2(10)-Pinen-3-one	30460-92-5	2,9	1,5	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
Alpha-terpinéol	98-55-5	29	14,5	EqX ^a	3	Composé naturel du bois

Substance identifiée (suite)	N° CAS	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SER _A ($\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$)	Calib	Origine supposée
Composés organiques volatils (suite)					
Verbenone	1196-01-6	3,7	1,9	EqX ^a	3 Composé naturel du bois
Acrylate de 2-éthylhexyle	103-11-7	4,1	2,1	RF	1 Colle ?
Alpha-longipinène	5989-08-2	3,7	1,9	EqX ^a	3 Composé naturel du bois
Longifolène	475-20-7	40	20	RF	1 Composé naturel du bois
Caryophyllène	87-44-5	17	8,5	RF	1 Composé naturel du bois
Humulène	6753-98-6	3,7	1,9	EqX ^a	3 Composé naturel du bois
COVT _{Sum}	-	2900	1450	-	-
COVT _{Tol-2}	-	1817	908,5	EqTol	-
COVT _{Tol-5}	-	1784	892	EqTol	-
Non identifié (4 substances)	-	18	9,0	EqTol	-

Paramètres de calibration (Calib) :

1 : Vérifié par étalon, quantifié selon son facteur de réponse (RF)

2 : Vérifié par étalon, quantifié en équivalent toluène (EqTol)

3 : Indice de probabilité $\geq 80\%$, quantifié en équivalent toluène (EqTol) ou selon une substance parente (EqX)

^a : Equivalent alpha-pinène

4 : Non identifié (Indice de probabilité $< 80\%$)

Les résultats confirment des niveaux d'émission élevés en composés naturels du bois (en majorité l'alpha-pinène, le bêta-pinène, le limonène et l'acide acétique). La charge en COV totaux est donc très majoritairement le résultat des émissions des lamelles de bois (SER_A en équivalent toluène de 908,5 $\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$).

Par contre, des émissions liées aux adjuvants appliqués sur le bois lamellé collé (produit de traitement hydrodispersable, finition en phase aqueuse) sont aussi mis en évidence. Ce sont des composés oxygénés de la famille des glycols et des éthers de glycol. En particulier, le propylène glycol a montré des niveaux d'émission significatifs après 28 jours de conditionnement du bois lamellé collé en chambre d'essai d'émission (SER_A de 378 $\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$).

Comme les surfaces et les taux de charge associés à la norme NF EN 16516 ne représentent pas les conditions d'utilisation prévues pour un bois lamellé collé, le comité technique peut spécifier la surface utilisée et le taux de charge résultant qui s'en rapproche le plus. La norme de marquage CE pour les bois lamellés collés précise un taux de charge de 0,3 m^2/m^3 (AFNOR, 2013), qui se rapproche de celui défini pour un scénario plafond (0,4 m^2/m^3). Ce dernier a donc été retenu.

Les concentrations d'exposition (C_i) ont été calculées à partir des facteurs d'émission spécifiques. La pièce modèle définie dans la norme NF EN 16516 définit, pour un scénario "Plafond", un taux de charge de 0,4 m^2/m^3 et un taux de renouvellement d'air de 0,5 h^{-1} (Tableau 23).

Tableau 23 : Comparaison des concentrations d'exposition (C_i) obtenues pour le bois lamellé collé (BLC) avec les valeurs de référence définies dans le projet d'acte délégué

Substance identifiée	N° CAS	C_i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EU-LCI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Acte délégué	Commentaires
Formaldéhyde	50-00-0	28	100	F1	EU-LCI pour info
Acétaldéhyde	75-07-0	3,4	1200	A1	
Acide acétique	64-19-1	114	1200	A1	
Pentanal	110-62-3	0,8	800	A1	
Propylène glycol	57-55-6	302	2100	A1	
Hexanal	66-25-1	5,2	900	A1	
Furfural	98-01-1	1,0	10	A1	
Alpha-pinène	80-56-8	500	2500	A1	
Alpha-fenchène	471-84-1	2,3	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Camphène	79-92-5	12	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Benzaldéhyde	100-52-7	1,0	Pas de EU-LCI	-	AgBB NIK 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Béta-pinène	127-91-3	56	1400	A1	
Béta-myrcène	123-35-3	8,0	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Isomère du dipropylène glycol méthyl éther	34590-94-8	2,9	3100	A1	
Isomère du dipropylène glycol méthyl éther	34590-94-8	4,8	3100	A1	
Dipropylène glycol diméthyl éther	111109-77-4	7,6	1300	A1	
p-Cymène	99-87-6	3,0	1000	A1	
Limonène	138-86-3	68	5000	A1	
Gamma-terpinène	99-85-4	0,9	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
4-Carène	29050-33-7	11	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Nonanal	124-19-6	1,1	900	A1	
Fenchol	1632-73-1	1,6	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
2(10)-Pinen-3-one	30460-92-5	1,2	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Alpha-terpinéol	98-55-5	12	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Verbenone	1196-01-6	1,5	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Acrylate de 2-éthylhexyle	103-11-7	1,7	390	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Alpha-longipinène	5989-08-2	1,5	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Longifolène	475-20-7	16	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Caryophyllène	87-44-5	6,8	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
Humulène	6753-98-6	1,5	1400	A1	Comparaison à « other terpen hydrocarbons »
COV _{Tol-2}	-	727	-	-	
Pas de CMR 1A et 1B	-	-	-	C1	

Si les concentrations en COV cibles et en formaldéhyde sont comparés au dernier projet d'acte délégué (version de mai 2017), le produit testé obtiendrait le classement le plus favorable : **A1-F1-C1**.

La concentration en COV totaux ne dépasse pas 1 mg/m³ (limite A+ de l'étiquetage français). Par contre, la définition d'une classe intermédiaire (comme 0,2 ou 0,5 mg/m³, classes proposées dans le premier projet d'acte délégué mais non retenues dans la version de mai 2017) ne permettrait de viser la meilleure classe.

5.3.3 Bois lamellé croisé (CLT)

Les résultats de l'essai majorant sur le bois lamellé croisé (CLT) sont présentés dans le Tableau 24.

Tableau 24 : Concentrations expérimentales (C) et facteurs d'émission spécifiques surfaciques (SER_A) des principales substances volatiles émises par le CLT après 28 jours de conditionnement en chambre d'essai d'émission.

Substance identifiée	N° CAS	C (µg/m ³)	SER _A (µg/(m ² .h))	Calib		Origine supposée
Composés carbonylés très volatils						
Acétaldéhyde	75-07-0	13	6,5	RF	1	Colle, composé naturel du bois
Composés organiques volatils						
Acide acétique	64-19-1	742	371,0	RF	1	Composé naturel du bois
Pentanal	110-62-3	6,3	3,2	RF	1	Composé naturel du bois
Propylène glycol	57-55-6	226	113,0	RF	1	Finition / préservation
1-Pentanol	71-41-0	3,7	1,9	EqTol	2	Finition / préservation
Toluène	108-88-3	3,6	1,8	RF	1	Finition / préservation
Hexanal	66-25-1	37	18,5	RF	1	Composé naturel du bois
Furfural	98-01-1	8,0	4,0	RF	1	Composé naturel du bois
Heptanal	111-71-7	2,0	1,0	RF	1	Composé naturel du bois
Alpha-pinène	80-56-8	2691	1345,5	RF	1	Composé naturel du bois
Camphène	79-92-5	86	43,0	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
Benzaldéhyde	100-52-7	2,2	1,1	RF	1	Composé naturel du bois
Béta-pinène	127-91-3	394	197,0	RF	1	Composé naturel du bois
Acide hexanoïque	142-62-1	5,6	2,8	RF	1	Composé naturel du bois
Béta-myrcène	123-35-3	107	53,5	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
a-Phellandrene	99-83-2	19	9,5	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
Isomère du dipropylène glycol méthyl éther coélué avec terpène	34590-94-8	29	14,5	EqTol	4	Composé naturel du bois, finition / préservation
p-Cymène	99-87-6	21	10,5	RF	1	Composé naturel du bois
Limonène	138-86-3	596	298,0	RF	1	Composé naturel du bois
Ocimène	13877-91-3	2,4	1,2	EqX ^a	3	Composé naturel du bois
2-octenal	2548-87-0	2,9	1,5	RF	1	Composé naturel du bois
Gamma-terpinène	99-85-4	12	6,0	EqX ^a	3	Composé naturel du bois

Substance identifiée (suite)	N° CAS	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SER _A ($\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$)	Calib	Origine supposée
Composés organiques volatils					
4-Carène	29050-33-7	178	89	EqX ^a 3	Composé naturel du bois
Nonanal	124-19-6	4,5	2,3	RF 1	Composé naturel du bois
Fenchol	1632-73-1	23	11,5	EqX ^a 3	Composé naturel du bois
2(10)-Pinen-3-one	30460-92-5	11	5,5	EqX ^a 3	Composé naturel du bois
Endo-bornéol	507-70-0	10	5,0	EqX ^a 3	Composé naturel du bois
Terpinen-4-ol	562-74-3	6,8	3,4	EqX ^a 3	Composé naturel du bois
Alpha-terpinéol	98-55-5	124	62	EqX ^a 3	Composé naturel du bois
Verbenone	1196-01-6	12	6,0	EqX ^a 3	Composé naturel du bois
Longifolène	475-20-7	53	26,5	RF 1	Composé naturel du bois
Caryophyllène	87-44-5	49	24,5	RF 1	Composé naturel du bois
Humulène	6753-98-6	8,9	4,5	EqX ^a 3	Composé naturel du bois
COVT _{Sum}	-	5495	2747,5	- -	
COVT _{Tol-2}	-	4225	2112,5	EqTol -	
COVT _{Tol-5}	-	4192	2096,0	EqTol -	
Non identifié (2 substances)	-	14	7,0	EqTol -	

Paramètres de calibration (Calib) :

1 : Vérifié par étalon, quantifié selon son facteur de réponse (RF)

2 : Vérifié par étalon, quantifié en équivalent toluène (EqTol)

3 : Indice de probabilité $\geq 80\%$, quantifié en équivalent toluène (EqTol) ou selon une substance parente (EqX)

^a : Equivalent alpha-pinène

4 : Non identifié (Indice de probabilité $< 80\%$)

A posteriori de l'essai, et même si et les résultats sont ramenés conventionnellement à un mètre carré de matériau (exprimé en SER_A), la préparation de l'éprouvette n'est pas conforme à l'usage réel de ce type de produit. En effet, une seule face aurait dû rester émissive (face comprenant trois lamelles de 45 mm d'épaisseur et deux plans de collage de 249 mm). En réalité, deux faces avec un nombre significatif de plans de collage sont restées émissives :

- 1 face de 295 x 249 mm avec 3 lamelles de 45 mm d'épaisseur et 2 plans de collage de 249 mm de longueur
- 1 face de 315 x 249 mm avec 8 plans de collage de 45 mm et 6 plans de collage de 219 mm de longueur

Dans ces conditions, les niveaux d'émission en substances issues de la colle MUF (tout particulièrement le formaldéhyde) sont nettement surestimés, du fait du nombre de plans de collage mis en contact de l'air intérieur. Il a donc été décidé d'invalider le résultat en formaldéhyde et un nouvel essai sera réalisé sur un CLT avec collage MUF, afin de mettre en évidence l'influence de ce type d'adhésif.

Les émissions en composés naturels du bois sont présentées à titre indicatif, même si l'essai a été réalisé avec une face avec une surface significative de bois de bout. Globalement, ce sont toujours les mêmes substances volatiles qui sont identifiées et qui caractérisent les émissions du pin maritime (acide acétique alpha-pinène, bêta-pinène, limonène).

Les émissions de la lasure traitante sont aussi retrouvées, et avec des ordres de grandeur proches de ceux du BLC après 28 jours de conditionnement des éprouvettes en chambre d'essai d'émission (SER_A en propylène glycol de $113 \mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$ pour le CLT et de $378 \mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$ pour le BLC).

Selon les constatations liées à la préparation de l'éprouvette d'essai surestimant les émissions liées à la colle MUF, les facteurs d'émission spécifiques (SER_A) n'ont pas été transformés en concentrations d'exposition selon un scénario d'usage "Plafond", puis comparés avec le projet d'acte délégué de mai 2017. Cependant, les concentrations d'exposition en COV individuels n'ont pas dépassé leur EU-LCI respective.

6. CONCLUSIONS

L'étude « EUROPAIR » réalisée en 2017 a permis de fournir des premières informations sur le positionnement de produits de construction bois (panneaux à base de bois, bois lamellé collé, bois lamellé croisé) vis-à-vis de la mise en place du règlement Produits de Construction (n°305/2011) en ce qui concerne les substances dangereuses réglementées (exigence essentielle n°3 liée aux émissions dans l'air intérieur) :

- Les évolutions normatives (parution de la norme NF EN 16516) et réglementaires (projet d'acte délégué) ont été étudiées de manière à apporter une information éclairée aux professionnels

Ce travail prospectif a positionné les panneaux à base de bois, les bois lamellés collés et croisés, selon le projet d'acte délégué paru en mai 2017. Depuis cette date, aucune définition plus précise n'a été avancée au niveau européen. Les résultats présentés dans cette étude ne peuvent donc pas obligatoirement refléter les futures dispositions réglementaires pour classer les produits de construction bois dans le cadre de l'évolution du marquage CE.

- Les pratiques du laboratoire de chimie de FCBA ont évolué en relation avec la parution officielle de la norme NF EN 16516

La partie analytique de la norme NF EN 16516 (analyse des COV par TD/GC/MS) a été transférée au laboratoire de chimie de FCBA avant la réalisation des premiers tests d'émission (essais exploratoires). Cette étape de validation a été réalisée sur près de 100 substances volatiles sélectionnées selon l'expertise du laboratoire. Globalement, les résultats ont montré des incertitudes de mesure inférieures à 70% pour des concentrations dans l'air proches des limites de quantification ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et en dessous de 30% pour des concentrations dans l'air comprises entre 20 et $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Comme la norme NF EN 16516 liste près de 200 substances volatiles pouvant être recherchées selon les principes décrits dans la méthode d'essai, le programme expérimental pourra être poursuivi (validation de la norme NF EN 16516 pour les substances présentant une nouvelle EU-LCI, essais sur des composés CMR 1A et 1B jugés « pertinents » pour les produits bois).

- Un plan expérimental a été défini dont l'objectif est de classer, avec un nombre optimisé d'essais, toute une gamme de produits

La priorité a été de valoriser les études collectives réalisées par FCBA et la fourniture par les fabricants de rapports d'essais à titre confidentiel. En parallèle, différentes configurations de panneaux à base de bois, et de bois lamellés collés et croisés, ont été décrites afin de hiérarchiser les paramètres pouvant faire varier leurs émissions en substances volatiles (COV, formaldéhyde).

Au final, les paramètres pouvant influencer les émissions de COV et de formaldéhyde, ont permis de proposer des orientations à intégrer au plan expérimental, et de définir un essai dit majorant par chaque famille (configuration retenue pour sa « forte » émission présumée en COV et/ou en formaldéhyde).

- Un essai exploratoire a été réalisé sur le produit présentant, en théorie, une configuration majorante

Le produit retenu n'est pas toujours représentatif de ceux mis sur le marché français mais il a apporté une première information sur la nature et niveau d'émission des substances volatiles et son classement selon le projet d'acte délégué (version mai 2017).

Les essais majorants sur le panneau OSB (100% résineux, collage PU), les bois lamellés collé et croisé (pin maritime collage MUF, lasure traitante en phase aqueuse) ont montré de fortes émissions en composés naturels du bois. Pour les bois lamellés collé et croisé, l'essai a aussi

mis en évidence l'émission de propylène glycol, substance volatile vraisemblablement issue de la finition.

Lorsque le scénario d'usage est appliqué aux résultats en chambre d'essai d'émission (« Murs » pour le panneau OSB et « Plafond » pour le bois lamellé collé), puis comparé au projet de classement européen pour l'affichage des substances dangereuses réglementées (version de mai 2017 de l'acte délégué), le produit testé obtiendrait le classement le plus favorable.

L'essai majorant sur le bois lamellé croisé n'a pas été validé, la préparation de l'éprouvette d'essai n'étant pas complètement représentative de l'usage réel de ce type de produits. Un essai complémentaire réalisé sur une autre éprouvette de bois lamellé croisé avec un collage MUF sera donc réalisé.

En 2017, l'étude EUROPAIR a permis de rechercher les paramètres qui pourraient influencer les émissions de COV et de formaldéhyde des panneaux à base de bois et des bois structuraux (bois lamellé collé, bois lamellé croisé). L'exploitation des résultats disponibles et les essais majorants ont confirmé l'impact des colles (émission de formaldéhyde) et des essences de bois (composés naturels du bois).

En 2018, Le plan d'expérience sera poursuivi sur d'autres configurations de produits de construction bois (panneaux à base de bois, bois lamellé collé, bois lamellé croisé) en faisant varier principalement les types de finition et de supports. Ces travaux complémentaires devraient permettre de proposer une première approche d'un classement générique des revêtements de sol en bois couverts par les normes harmonisées dans le cadre du règlement Produits de Construction.

7. BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR. (2013). *NF EN 14080, Structures en bois - Bois lamellé collé et bois massif reconstitué - Exigences, Indice de classement P21-501.*
- AFNOR. (2017). *Produits de construction, Evaluation de l'émission de substances dangereuses, Détermination des émissions dans l'air intérieur.*
- AgBB. (2015). *A contribution to the Construction Products regulation, Health-related evaluation procedure for VOC emissions from building products, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/agbb_evaluation_scheme_2015.pdf.*
- EC. (2008). *Règlement (CE) No 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32008R1272>.*
- EC. (2016). *Agreed EU-LCI values, http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values_en.*
- FCBA. (2003). *Banc de qualité sur les émissions de COV à partir des composants de construction bois, Rapport ADEME 98-01-055.*
- FCBA. (2008). *Etude des émissions de COV et de formaldéhyde des charpentes en bois lamellé collé, Application du protocole Afsset, Etude SNBL "Formacol 1".*
- FCBA. (2013a). *Caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par des panneaux à base de bois représentatifs des productions françaises, Rapport Cofifab / UIPP "UIPP ISO 16000".*
- FCBA. (2013b). *Influence des revêtements sur les émissions de formaldéhyde par les panneaux de particules, Etude Codifab "Effet Barrière CHOH 1".*
- FCBA. (2013c). *Mesure des émissions de COV naturels et de formaldéhyde par les contreplaqués, Synthèse des résultats des campagnes d'essai 2011 et 2012, Rapport Codifab "COV naturels Contreplaqués".*
- FCBA. (2016a). *Mesure des émissions de formaldéhyde et de COV de produits de construction après 28 jours en chambre d'émission, étude Concept QAI, Rapport confidentiel.*
- FCBA. (2016b). *Panneaux à base de bois et papier pour un usage ameublement, Etude Codifab "Panneaux & Papier".*
- FCBA. (2017). *Emissions de phénol par les panneaux de contreplaqués, Etude Codifab "RPC Phénol".*
- Höllbacher, E. (2014). *Rieder-Grading C., Habla E., Fürhapper C., Stratv D., Weigl M., VOC emissions from wood products and indoor air quality, Project repor, Wood K plus, Holzforschung Ausria.*
- JOUE. (2011). *Règlement (UE) n ° 305/2011 du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 2011 établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction et abrogeant la directive 89/106/CEE du Conseil.*
- UFME. (2014). *Les déclarations de performances des produits bois, Conséquences du règlement produits de construction, mémento.*

ANNEXE 1a : Agreed EU-LCI values (juillet 2018)

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI (µg/m ³)	Status of EU-LCI value	Year of adoption
1		<i>Aromatic hydrocarbons</i>			
1-1	108-88-3	Toluene	<u>2900</u>	Derived EU-LCI	2013
1-2	100-41-4	Ethylbenzene	<u>850</u>	Derived EU-LCI	2013
1-3	1330-20-7 106-42-3 108-38-3 95-47-6	Xylene (o-, m-, p-) and mix of o-, m- and p-xylene isomers	<u>500</u>	Derived EU-LCI	2013
1-4*	98-82-8	Isopropylbenzene (cumene)	<u>1700</u>	Derived EU-LCI	2017
1-5	103-65-1	n-Propylbenzene	<u>950</u>	Derived EU-LCI	2013
1-6	108-67-8 95-63-6 526-73-8	Trimethylbenzene (1,2,3-,1,2,4-,1,3,5-)	<u>450</u>	Derived EU-LCI	2013
1-7	611-14-3	2-Ethyltoluene	<u>550</u>	Derived EU-LCI	2014
1-8	527-84-4 535-77-3 99-87-6 25155-15-1	Cymene (o-, m-, p-,) (1-isopropyl-2(3,4)-methylbenzene) and mix of o-, m-, and p-cymene	1000	Ascribed EU-LCI	2013
1-9	95-93-2	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	<u>250</u>	Derived EU-LCI	2016
1-10	104-51-8	n-Butylbenzene	<u>1100</u>	Derived EU-LCI	2014
1-11	99-62-7 100-18-5	Diisopropylbenzene (1,3-, 1,4-)	<u>750</u>	Derived EU-LCI	2013
1-12	2189-60-8	Phenyl octane and isomers	<u>1100</u>	Derived EU-LCI	2013
1-16	100-42-5	Styrene	<u>250</u>	Derived EU-LCI	2013
1-17*	98-83-9	2-Phenylpropene (α-methylstyrene)	1200	Derived EU-LCI	2018
1-20*	611-15-4 100-80-1 622-97-9 25013-15-4	Vinyl toluene (o-, m-, p-) and mix of o-, m-, and p-vinyl toluene	1200	Derived EU-LCI	2018
1-23	91-20-3	Naphthalene	<u>10</u>	Derived EU-LCI	2015
1-25	95-13-6	Indene	450	Ascribed EU-LCI	2013
2		<i>Saturated aliphatic hydrocarbons (n-, iso- and cyclo-)</i>			
2-1	110-54-3	n-Hexane	<u>4300</u>	Derived EU-LCI	2016
2-2	110-82-7	Cyclohexane	6000	Ascribed EU-LCI	2013
2-3	108-87-2	Methyl cyclohexane	8100	Ascribed EU-LCI	2013
2-4*	142-82-5	n-Heptane	15000	Derived EU-LCI	2018
2-5*		Other saturated aliphatic hydrocarbons C6-C8	14000	Derived EU-LCI	2018
2-6		Other saturated aliphatic hydrocarbons C9-C16	6000	Ascribed EU-LCI	2013

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI (µg/m ³)	Status of EU-LCI value	Year of adoption
3		Terpenes			
3-1	498-15-7	3-Carene	1500	Ascribed EU-LCI	2013
3-2	80-56-8	α-Pinene	2500	Derived EU-LCI	2013
3-3	127-91-3	β-Pinene	1400	Ascribed EU-LCI	2013
3-4	138-86-3 5989-27-5 5989-54-8	Limonene	5000	Derived EU-LCI	2014
3-5		Other terpene hydrocarbons	1400	Ascribed EU-LCI	2013
4		Aliphatic alcohols			
4-1	75-65-0	2-Methyl-2-propanol (tert-butanol)	620	Ascribed EU-LCI	2013
4-2	78-83-1	2-Methyl-1-propanol	11000	Derived EU-LCI	2016
4-3	71-36-3	1-Butanol	3000	Ascribed EU-LCI	2013
4-4	71-41-0 30899-19-5 94624-12-1 6032-29-7 584-02-1 137-32-6 123-51-3 598-75-4 75-85-4 75-84-3	1-Pentanol (all isomers)	730	Ascribed EU-LCI	2013
4-5	111-27-3	1-Hexanol	2100	Ascribed EU-LCI	2013
4-6	108-93-0	Cyclohexanol	2000	Ascribed EU-LCI	2013
4-7	104-76-7	2-Ethyl-1-hexanol	300	Derived EU-LCI	2014
4-8	111-87-5	1-Octanol	1700	Derived EU-LCI	2016
4-9	123-42-2	4-Hydroxy-4-methyl-pentane-2-on (diacetone alcohol)	960	Ascribed EU-LCI	2013
5		Aromatic alcohols			
5-1*	108-95-2	Phenol	70	Derived EU-LCI	2017
5-2	128-37-0	BHT (2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol)	100	Ascribed EU-LCI	2013
5-3	100-51-6	Benzyl alcohol	440	Ascribed EU-LCI	2013
6		Glycols, glycol ethers, glycol esters			
6-1	107-21-1	Ethandiol (ethylenglykol)	3400	Derived EU-LCI	2016
6-4	111-46-6	Diethylene glycol	5700	Derived EU-LCI	2016
6-5	57-55-6	Propylene glycol (1,2-dihydroxypropane)	2100	Derived EU-LCI	2016
6-7*	623-84-7	Propylene glycol diacetate	1600	Derived EU-LCI	2018
6-8	110-98-5 25265-71-8	Dipropylene glycol	670	Ascribed EU-LCI	2013
6-9	110-63-4	1,4-Butanediol	2000	Ascribed EU-LCI	2013
6-10*	107-41-5	Hexylene glycol (2-methyl-2,4-pentanediol)	3500	Derived EU-LCI	2018
6-11	6846-50-0	2,2,4-Trimethylpentanediol diisobutyrate	450	Ascribed EU-LCI	2013
6-12*	109-86-4	Ethylene glycol monomethyl ether	100	Derived EU-LCI	2018

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Status of EU-LCI value	Year of adoption
		(2-methoxyethanol)			
6-13*	110-49-6	2-Methoxyethyl acetate	150	Derived EU-LCI	2018
6-15	111-96-6	Diethylene glycol dimethyl ether (1-methoxy-2-(2-methoxy-ethoxy)-ethane)	28	Ascribed EU-LCI	2013
6-16	25265-77-4	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate	600	Ascribed EU-LCI	2013
6-17	109-59-1	Ethylene glycol isopropylether (2-methylethoxyethanol)	220	Ascribed EU-LCI	2013
6-19	110-80-5	Ethylene glycol monoethyl ether (2-ethoxyethanol)	<u>600</u>	Derived EU-LCI	2016
6-20	111-15-9	2-Ethoxyethyl acetate	<u>900</u>	Derived EU-LCI	2016
6-22	111-90-0	Diethylene glycol monoethyl ether (2-(2-ethoxyethoxy)ethanol)	350	Ascribed EU-LCI	2013
6-23	2807-30-9	Ethylene glycol monoisopropyl ether (2-propoxyethanol)	860	Ascribed EU-LCI	2013
6-24	111-76-2	Ethylene glycol monobutylether (2-butoxyethanol)	<u>1600</u>	Derived EU-LCI	2016
6-25	112-07-2	2-Butoxyethyl acetate	<u>2200</u>	Derived EU-LCI	2016
6-26	112-34-5	Diethylene glycol monobutylether	670	Ascribed EU-LCI	2013
6-27	124-17-4	Diethylene glycol monomethyl ether acetate (butyldiglykolacetate, 2-(2- butoxyethoxy) ethyl acetate)	850	Ascribed EU-LCI	2013
6-28	122-99-6	2-Phenoxyethanol	<u>60</u>	Derived EU-LCI	2016
6-31*	107-98-2	Propylene glycol monomethyl ether (1-methoxy-2-propanol)	7900	Derived EU-LCI	2018
6-32	1589-47-5	1-Propylene glycol 2-methyl ether (2-methoxy-1-propanol)	19	Ascribed EU-LCI	2013
6-33	70657-70-4	1-Propylene glycol 2-methyl ether acetate (2-methoxy-1-propyl acetate)	28	Ascribed EU-LCI	2013
6-35	34590-94-8	Dipropylene glycol monomethyl ether	3100	Ascribed EU-LCI	2013
6-39*	20324-33-8 25498-49-1	Tripropylene glycol mono-methylether	1200	Derived EU-LCI	2018
6-40	63019-84-1 89399-28-0 111109-77-4	Dipropylene glycol dimethyl ether	1300	Ascribed EU-LCI	2013
7		Aldehydes			
7-1	50-00-0	Formaldehyde	<u>100</u>	Derived EU-LCI	2016
7-2	75-07-0	Acetaldehyde	<u>1200</u>	Derived EU-LCI	2013
7-4	123-72-8	Butanal	<u>650</u>	Derived EU-LCI	2013
7-5	110-62-3	Pentanal	<u>800</u>	Derived EU-LCI	2013
7-6	66-25-1	Hexanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI	2013
7-7	111-71-7	Heptanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI	2013
7-8	123-05-7	2-Ethyl-hexanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI	2013
7-9	124-13-0	Octanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI	2013
7-10	124-19-6	Nonanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI	2013
7-11	112-31-2	Decanal	<u>900</u>	Derived EU-LCI	2013

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI (µg/m ³)	Status of EU-LCI value	Year of adoption
7-12	4170-30-3 123-73-9 15798-64-8	2-Butenal (crotonaldehyd)	<u>5</u>	Derived EU-LCI	2015
7-13	1576-87-0 764-39-6 31424-04-1	2-Pentenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI	2015
7-14	6728-26-3 505-57-7 16635-54-4 1335-39-3 73543-95-0	Hexenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI	2015
7-15	2463-63-0 18829-55-5 57266-86-1 29381-66-6	2-Heptenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI	2015
7-16	2363-89-5 2548-87-0 25447-69-2 20664-46-4	2-Octenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI	2015
7-17	2463-53-8 18829-56-6 60784-31-8	2-Nonenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI	2015
7-18	3913-71-1 2497-25-8 3913-81-3	2-Decenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI	2015
7-19	2463-77-6 53448-07-0 1337-83-3	2-Undecenal	<u>7</u>	Derived EU-LCI	2015
7-20*	98-01-1	Furfural	10	Derived EU-LCI	2017
7-21*	111-30-8	Glutaraldehyde	1	Derived EU-LCI	2018
8		<i>Ketones</i>			
8-1	78-93-3	2-Butanone (ethylmethylketone)	<u>20000</u>	Derived EU-LCI	2016
8-2	563-80-4	3-Methyl-2-butanone	7000	Ascribed EU-LCI	2013
8-3	108-10-1	4-Methyl-2-pentanone (methylisobutylketone)	<u>1000</u>	Derived EU-LCI	2016
8-4	120-92-3	Cyclopentanone	900	Ascribed EU-LCI	2013
8-5	108-94-1	Cyclohexanone	410	Ascribed EU-LCI	2013
8-7	583-60-8	2-Methylcyclohexanone	2300	Ascribed EU-LCI	2013
8-8	98-86-2	Acetophenone	490	Ascribed EU-LCI	2013
9		<i>Acids</i>			
9-1	64-19-7	Acetic acid	<u>1200</u>	Derived EU-LCI	2016
9-2	79-09-4	Propionic acid	<u>1500</u>	Derived EU-LCI	2016
9-3*	79-31-2	Isobutanoic acid (isobutyric acid)	1800	Derived EU-LCI	2018
9-4*	107-92-6	Butanoic acid (butyric acid)	1800	Derived EU-LCI	2018
9-5*	75-98-9	2,2-Dimethylpropanoic acid (pivalic acid)	2100	Derived EU-LCI	2018
9-6*	109-52-4	n-Pentanoic acid (valeric acid)	2100	Derived EU-LCI	2018

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI (µg/m ³)	Status of EU-LCI value	Year of adoption
9-7*	142-62-1	n-Hexanoic acid (caproic acid)	2100	Derived EU-LCI	2018
9-8*	111-14-8	n-Heptanoic acid	2100	Derived EU-LCI	2018
9-9*	124-07-2	n-Octanoic acid	2100	Derived EU-LCI	2018
9-10	149-57-5	2-Ethylhexanoic acid	<u>150</u>	Derived EU-LCI	2014
10		<i>Ester</i>			
10-1	108-21-4	Propyl acetate (n-, iso-)	4200	Ascribed EU-LCI	2013
10-2	108-65-6	2-Methoxy-1-methylethyl acetate	2700	Ascribed EU-LCI	2013
10-5	80-62-6	Methyl methacrylate	<u>750</u>	Derived EU-LCI	2016
10-7	110-19-0	Isobutyl acetate	4800	Ascribed EU-LCI	2013
10-8	123-86-4	n-Butyl acetate	4800	Ascribed EU-LCI	2013
10-10	96-33-3	Methyl acrylate	180	Ascribed EU-LCI	2013
10-11	140-88-5	Ethyl acrylate	200	Ascribed EU-LCI	2013
10-12	141-32-2	n-Butyl acrylate	110	Ascribed EU-LCI	2013
10-13	103-11-7	2-Ethylhexyl acrylate	380	Ascribed EU-LCI	2013
10-14		Other acrylates (acrylic acid esters)	110	Ascribed EU-LCI	2013
10-15	627-93-0	Dimethyl adipate	50	Ascribed EU-LCI	2013
10-16	106-65-0	Dimethyl succinate	50	Ascribed EU-LCI	2013
10-17	1119-40-0	Dimethyl glutarate	50	Ascribed EU-LCI	2013
10-20	105-75-9	Dibutyl fumarate	50	Ascribed EU-LCI	2013
10-21	105-76-0	Maleic acid dibutylester	50	Ascribed EU-LCI	2013
10-22	13048-33-4	Hexamethylene diacrylate	10	Ascribed EU-LCI	2013
10-23*	96-48-0	Butyrolactone	2800	Derived EU-LCI	2018
11		<i>Chlorinated hydrocarbons</i>			
11-3	106-46-7	1,4-Dichlorobenzene	<u>150</u>	Derived EU-LCI	2013
12		<i>Others</i>			
12-1	123-91-1	1,4-Dioxane	<u>400</u>	Derived EU-LCI	2015
12-2	105-60-2	Caprolactame	<u>300</u>	Derived EU-LCI	2013
12-3	872-50-4	N-Methyl-2-pyrrolidone	<u>1800</u>	Derived EU-LCI	2016
12-4	556-67-2	Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)	1200	Ascribed EU-LCI	2013
12-7	100-97-0	Hexamethylenetetramine	30	Ascribed EU-LCI	2013
12-8	96-29-7	2-Butanonoxime	<u>15</u>	Derived EU-LCI	2015
12-9	126-73-8	Tributyl phosphate	<u>300</u>	Derived EU-LCI	2016
12-11	26172-55-4	5-Chloro-2-methyl-2H-isothiazol-3-one (CIT)	1	Ascribed EU-LCI	2013
12-12	2682-20-4	2-Methyl-4-isothiazolin-3-one (MIT)	100	Ascribed EU-LCI	2013
12-13*	121-44-8	Triethylamine	<u>60</u>	Derived EU-LCI	2017
12-17	2687-91-4	N-Ethyl-2-pyrrolidone	<u>400</u>	Derived EU-LCI	2016

ANNEXE 1b : Substances with insufficient data (juillet 2018)

No.	CAS no.	Compound	EU-LCI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Status of EU-LCI value	Year of adoption
1		<i>Aromatic hydrocarbons</i>			
1-13	104-72-3	Phenyl decane and isomers	-	No EU-LCI value due to insufficient data	2016
1-14	6742-54-7	Phenyl undecane and isomers	-	No EU-LCI value due to insufficient data	2016
1-15	4994-16-5	4-Phenyl cyclohexene (4-PCH)	-	No EU-LCI value due to insufficient data	2015
1-19	536-74-3	Phenyl acetylene	-	No EU-LCI value due to insufficient data	2015
7		<i>Aldehydes</i>			
7-22	100-52-7	Benzaldehyde	-	No EU-LCI value due to insufficient data	2013

ANNEXE 2a : Liste des COV non cancérigènes (selon annexe G « normative » de la norme NF EN 16516)

N°	CAS	COV
1		Hydrocarbures aromatiques
1-1	108-88-3	Toluène
1-2	100-41-4	Éthylbenzène
1-3	1330-20-7 106-42-3 108-38-3 95-47-6	Xylène (o-, m-, p-) et mélange d'isomères du o-, m- et du p-xylène
1-4	98-82-8	Isopropylbenzène (cumène)
1-5	103-65-1	n-Propylbenzène
1-6	108-67-8 95-63-6 526-73-8	Triméthylbenzène (1,2,3-,1,2,4-,1,3,5-)
1-7	611-14-3	2-Éthyltoluène
1-8	527-84-4 535-77-3 99-87-6 25155-15-1	Cymène (o-, m-, p-,) (1-isopropyl-2(3,4)-méthylbenzène) et mélange de o-, m- et p-cymène
1-9	95-93-2	1,2,4,5-Tétraméthylbenzène
1-10	104-51-8	n-Butylbenzène
1-11	99-62-7 100-18-5	Diisopropylbenzène (1,3-, 1,4-)
1-12	2189-60-8	Phényloctane et ses isomères
1-13	104-72-3	Phényldécane et ses isomères
1-14	6742-54-7	Phénylundécane et ses isomères
1-15	4994-16-5	4-Phénylcyclohexène (4-PCH)
1-16	100-42-5	Styrène
1-17	98-83-9	2-Phénylpropène (α -méthylstyrène)

N°	CAS	COV
1-18	637-50-3	1-Propénylbenzène (β -méthylstyrène)
1-19	536-74-3	Phénylacétylène
1-20	611-15-4 100-80-1 622-97-9 25013-15-4	Vinytoluène (o-, m-, p-) et mélange d'isomères du o-, m- et du p-vinytoluène
1-21	1074-17-5 1074-43-7	1-Méthyl-2(3)-propylbenzène
1-22		Autres alkylbenzènes, sous réserve que les isomères individuels ne doivent pas être évalués différemment
1-23	91-20-3	Naphtalène
1-24	91-17-8	Décahydronaphtalène
1-25	95-13-6	Indène
2		Hydrocarbures aliphatiques saturés (n-, iso- et cyclo-)
2-1	110-54-3	n-Hexane
2-2	110-82-7	Cyclohexane
2-3	108-87-2	Méthylcyclohexane
2-4	142-82-5	n-Heptane
2-5		Autres hydrocarbures aliphatiques saturés de C6 à C8
2-6		Autres hydrocarbures aliphatiques saturés de C9 à C16
3		Terpènes
3-1	498-15-7	3-Carène
3-2	80-56-8	α -Pinène
3-3	127-91-3	β -Pinène
3-4	138-86-3	Limonène
3-5		Autres hydrocarbures terpéniques
4		Alcools aliphatiques
4-1	75-65-0	2-Méthyl-2-propanol (tert-butanol)
4-2	78-83-1	2-Méthyl-1-propanol
4-3	71-36-3	1-Butanol
4-4	71-41-0 30899-19-5 94624-12-1 6032-29-7 584-02-1 137-32-6 123-51-3 598-75-4 75-85-4 75-84-3	1-Pentanol (tous les isomères)
4-5	111-27-3	1-Hexanol

N°	CAS	COV
4-6	108-93-0	Cyclohexanol
4-7	104-76-7	2-Éthyl-1-hexanol
4-8	111-87-5	1-Octanol
4-9	123-42-2	4-Hydroxy-4-méthyl-pentan-2-one (diacétone alcool)
4-10	105-08-8	Diméthanol-1,4 cyclohexane
4-11		Autres alcools saturés en C4 à C13, n- et iso-
5		Alcools aromatiques
5-1	108-95-2	Phénol
5-2	128-37-0	BHT (2,6-di-tert-butyl-4-méthylphénol)
5-3	100-51-6	Alcool benzylique
6		Glycols, éthers de glycol
6-1	107-21-1	Éthanediol (éthylène glycol)
6-2	96-49-1	Carbonate d'éthylène
6-3	7397-62-8	Glycolate de butyle
6-4	111-46-6	Diéthylène glycol
6-5	57-55-6	Propylène glycol (1,2-dihydroxypropane)
6-6	108-32-7	Carbonate de propylène
6-7	623-84-7	Diacétate de propylène glycol
6-8	110-98-5 25265-71-8	Dipropylène glycol
6-9	110-63-4	1,4-Butanediol
6-10	107-41-5	Hexylène glycol (2-méthyl-2,4-pentanediol)
6-11	6846-50-0	Diisobutyrate de 2,2,4-triméthylpentanediol (TXIB)
6-12	109-86-4	Éther monométhylique de l'éthylène glycol (2-méthoxyéthanol)
6-13	110-49-6	Acétate de 2-méthoxyéthyle
6-14	110-71-4	1,2-Diméthoxyéthane
6-15	111-96-6	Éther diméthylique du diéthylène glycol (1-méthoxy-2-(2-méthoxy-éthoxy)éthane)
6-16	25265-77-4	Monoisobutyrate de 2,2,4-triméthyl-1,3-pentanediol (Texanol®)
6-17	109-59-1	Isopropyléther de l'éthylène glycol (2-méthyléthoxyéthanol)
6-18	112-49-2	Éther diméthylique du triéthylène glycol
6-19	110-80-5	Éther monoéthylique de l'éthylène glycol (2-éthoxyéthanol)
6-20	111-15-9	Acétate de 2-éthoxyéthyle
6-21	629-14-1	1,2-Diéthoxyéthane
6-22	111-90-0	Éther monoéthylique du diéthylène glycol (2-(2-éthoxyéthoxy)éthanol)
6-23	2807-30-9	Éther monisopropylique de l'éthylène glycol (2-propoxyéthanol)
6-24	111-76-2	Monobutyléther de l'éthylène glycol (2-butoxyéthanol)

N°	CAS	COV
6-25	112-07-2	Acétate de 2-butoxyéthyle
6-26	112-34-5	Éther monobutylique du diéthylène glycol
6-27	124-17-4	Acétate d'éther monométhylique du diéthylène glycol (butyldiglycolacétate, acétate de 2-(2-butoxyéthoxy)éthyle)
6-28	122-99-6	2-Phénoxyéthanol
6-29	112-25-4	Éther n-hexylique de l'éthylène glycol (2-hexoxyéthanol)
6-30	112-59-4	Éther n-hexylique du diéthylène glycol (2-(2-hexoxyéthoxy)éthanol)
6-31	107-98-2	Éther monométhylique du propylène glycol (1-méthoxy-2-propanol)
6-32	1589-47-5	Éther 2-méthylique du 1-propylène glycol (2-méthoxy-1-propanol)
6-33	70657-70-4	Acétate d'éther 2-méthylique du 1-propylène glycol (acétate 2-méthoxy-1-propylique)
6-34	7777-85-0	Éther diméthylique du 1,2-propylène glycol
6-35	34590-94-8	Éther monométhylique du dipropylène glycol
6-36	88917-22-0	Acétate d'éther monométhylique du dipropylène glycol
6-37	29911-27-1	Éther mono-n-propylique du dipropylène glycol
6-38	29911-28-2 35884-42-5 132739-31-2	Éther mono-n(t)-butylique du dipropylène glycol
6-39	20324-33-8 25498-49-1	Éther monométhylique du tripropylène glycol
6-40	63019-84-1 89399-28-0 111109-77-4	Éther diméthylique du dipropylène glycol
6-41	2517-43-3	3-Méthoxybutanol-1-ol
6-42	1569-01-3 30136-13-1	Éther monopropylique du propylène glycol (1-Propoxypropan-2-ol)
6-43	5131-66-8 29387-86-8 15821-83-7 63716-40-5	3-Butoxypropan-2-ol, Butoxypropane-1-ol, 2-butoxy-1-propanol, éther butylique du propylène glycol
6-44	104-68-7	Éther butylique du 1,2-propylène glycol
6-45	126-30-7	2,2-Diméthyl-1,3-propanediol
7		Aldéhydes
7-1	123-72-8	Butanal
7-2	110-62-3	Pentanal
7-3	66-25-1	Hexanal
7-4	111-71-7	Heptanal
7-5	123-05-7	2-Éthyl-hexanal
7-6	124-13-0	Octanal

N°	CAS	COV
7-7	124-19-6	Nonanal
7-8	112-31-2	Décanal
7-9	4170-30-3 123-73-9 15798-64-8	2-Buténal (crotonaldéhyde)
7-10	1576-87-0 764-39-6 31424-04-1	2-Penténal
7-11	6728-26-3 505-57-7 16635-54-4 1335-39-3 73543-95-0	Hexénal
7-12	2463-63-0 18829-55-5 57266-86-1 29381-66-6	2-Hepténal
7-13	2363-89-5 2548-87-0 25447-69-2 20664-46-4	2-Octénal
7-14	2463-53-8 18829-56-6 60784-31-8	2-Nonénal
7-15	3913-71-1 2497-25-8 3913-81-3	2-Décénal
7-16	2463-77-6 53448-07-0 1337-83-3	2-Undécénal
7-17	98-01-1	Furfural
7-18	111-30-8	Glutaraldéhyde
7-19	100-52-7	Benzaldéhyde
8		Cétones
8-1	78-93-3	2-Butanone (éthylméthylcétone)
8-2	563-80-4	3-Méthyl-2-butanone
8-3	108-10-1	4-Méthyl-2-pentanone (méthylisobutylcétone)
8-4	120-92-3	Cyclopentanone
8-5	108-94-1	Cyclohexanone
8-6	1120-72-5	2-Méthylcyclopentanone
8-7	583-60-8	2-Méthylcyclohexanone

N°	CAS	COV
8-8	98-86-2	Acétophénone
8-9	116-09-6	1-Hydroxyacétone (1-hydroxy-2-propanone)
9		Acides
9-1	64-19-7	Acide acétique
9-2	79-09-4	Acide propionique
9-3	79-31-2	Acide isobutyrique
9-4	107-92-6	Acide butyrique
9-5	75-98-9	Acide 2,2-diméthylpropanoïque (acide pivalique)
9-6	109-52-4	Acide n-pentanoïque (acide valérique)
9-7	142-62-1	Acide n-hexanoïque (acide caproïque)
9-8	111-14-8	Acide n-heptanoïque
9-9	124-07-2	Acide n-octanoïque
9-10	149-57-5	Acide 2-éthylhexanoïque
10		Esters
10-1	108-21-4	Acétate de propyle (n-, iso-)
10-2	108-65-6	Acétate de 2-méthoxy-1-méthyléthyle
10-3	107-31-3	Formiate de méthyle
10-4	592-84-7	Formiate de n-butyle
10-5	80-62-6	Méthacrylate de méthyle
10-6		Autres méthacrylates
10-7	110-19-0	Acétate d'isobutyle
10-8	123-86-4	Acétate de n-butyle
10-9	103-09-3	Acétate de 2-éthylhexyle
10-10	96-33-3	Acrylate de méthyle
10-11	140-88-5	Acrylate d'éthyle
10-12	141-32-2	Acrylate de n-butyle
10-13	103-11-7	Acrylate du 2-éthylhexyle
10-14		Autres acrylates (esters de l'acide acrylique)
10-15	627-93-0	Adipate de diméthyle
10-16	106-65-0	Succinate de diméthyle
10-17	1119-40-0	Glutarate de diméthyle
10-18	71195-64-7	Glutarate de diisobutyle
10-19	925-06-4	Succinate de diisobutyle
10-20	105-75-9	Fumarate de dibutyle
10-21	105-76-0	Maléate de dibutyle
10-22	13048-33-4	Diacrylate d'hexaméthylène
10-23	96-48-0	Butyrolactone

N°	CAS	COV
10-24	115-95-7	Acétate de linalol
11		Hydrocarbures chlorés
11-1	127-18-4	Tétrachloroéthène
11-2	56-23-5	Tétrachlorométhane
11-3	106-46-7	1,4-Dichlorobenzène
12		Autres
12-1	123-91-1	1,4-Dioxane
12-2	105-60-2	Caprolactame
12-3	872-50-4	N-Méthyl-2-pyrrolidone
12-4	556-67-2	Octaméthylcyclotétrasiloxane (D4)
12-5	541-02-6	Décaméthylcyclopentasiloxane (D5)
12-6	540-97-6	Dodécaméthylcyclohexasiloxane (D6)
12-7	100-97-0	Hexaméthylènetétramine
12-8	96-29-7	2-Butanonoxime
12-9	126-73-8	Phosphate de tributyle
12-10	78-40-0	Phosphate de triéthyle
12-11	26172-55-4	5-Chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one (CIT)
12-12	2682-20-4	2-Méthyl-4-isothiazolin-3-one (MIT)
12-13	121-44-8	Triéthylamine
12-14	109-99-9	Tétrahydrofurane (THF)
12-15	68-12-2	N,N-Diméthyl formamide (DMF)
12-16	2687-91-4	N-Éthyl-2-pyrrolidinone

ANNEXE 2b : Liste des COV cancérigènes (selon annexe H « informative » de la norme NF EN 16516)

N°	CAS	Nom
1.	79-06-1	Acrylamide
2.	107-13-1	Acrylonitrile
3.	71-43-2	Benzène
4.	1464-53-5	2,2'-Bioxirane
5.	542-88-1	Éther de bis(chlorométhyle)
6.	106-47-8	4-Chloroaniline
7.	106-89-8	Épichlorohydrine
8.	51594-55-9	(R)-(-)-Épichlorohydrine
9.	95-69-2	4-Chloro-2-méthylaniline
10.	100-44-7	Chlorure de benzyle
11.	96-12-8	1,2-Dibromo-3-chloropropane
12.	106-93-4	1,2-Dibromoéthane
13.	764-41-0	1,4-Dichlorobut-2-ène
14.	107-06-2	Dichlorure d'éthylène
15.	78-87-5	1,2-Dichloropropane ; dichlorure de propylène
16.	96-23-1	1,3-Dichloro-2-propanol
17.	79-44-7	Chlorure de diméthylcarbamoyle
18.	540-73-8	N,N'-Diméthylhydrazine ; 1,2-diméthylhydrazine
19.	680-31-9	Triamide hexaméthylphosphorique
20.	90-04-0	2-Méthoxyaniline
21.	120-71-8	6-Méthoxy-m-toluidine
22.	592-62-1	Acétate de méthylazoxyméthyle
23.	838-88-0	4,4-Méthylène-di-o-toluidine
24.	79-46-9	2-Nitropropane
25.	621-64-7	Nitrosodipropylamine
26.	1116-54-7	2,2'-(Nitrosoimino)biséthanol

N°	CAS	Nom
27.	88-72-2	2-Nitrotoluène
28.	122-60-1	Éther de phényle et de glycidyle
29.	1120-71-4	3-Propanesultone
30.	91-22-5	Quinoline
31.	94-59-7	5-Allyl-1,3-benzodioxole
32.	96-09-3	Oxyde de styrène
33.	95-06-7	Sulfallate
34.	5216-25-1	4-Chlorobenzotrichlorure
35.	95-53-4	o-Toluidine
36.	79-01-6	Trichloroéthylène
37.	96-18-4	1,2,3-Trichloropropane
38.	98-07-7	(Trichlorométhyl)benzène
39.	137-17-7	2,4,5-Triméthylaniline
40.	51-79-6	Uréthane

ANNEXE 3 : Liste des COV retenus pour le transfert de la méthode d'essai

No.	Substance volatile	Numéro CAS	Critère de choix	EU-LCI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Matériau contrôlé
1. Hydrocarbures aromatiques					
1-1	Toluène	108-88-3	Etiquetage (Fr), calcul TVOC	2900	X
1-2	Ethylbenzène	100-41-4	Etiquetage (Fr)	850	X
1-3	o-Xylène	106-42-3	Etiquetage (Fr)	500	X
	p-Xylène	95-47-6	Etiquetage (Fr)	500	X
1-4	Isopropylbenzène (cumène)	98-82-8	Solvant	non	
1-6	1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	Etiquetage (Fr)	450	X
	1,2,3-Triméthylbenzène	108-67-8	Solvant	450	X
1-7	2-Ethyltoluène	611-14-3	Solvant	550	
1-8	o-Cymène	527-84-4	Composé naturel du bois	1000	
	m-Cymène	535-77-3	Composé naturel du bois	1000	
	p-Cymène	99-87-6	Composé naturel du bois	1000	
1-9	1,2,4,5-Tétraméthylbenzène	95-93-2	Solvant	250	
1-12	Phényloctane	2189-60-8	Solvant	1100	
1-16	Styrène	100-42-5	Etiquetage (Fr)	250	X
1-23	Naphtalène	91-20-3	EU-LCI $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	10	
1-25	Indène	95-13-6	Solvant	450	
-	Benzène	71-43-2	Arrêté (Fr), CMR 1A/1B	-	X
2. Hydrocarbures aliphatiques					
2-1	n-Hexane	110-54-3	Limite basse classe COV	4300	X
2-2	Cyclohexane	110-82-5	Solvant	6000	
2-6	n-Nonane	111-84-2	Solvant	6000	
	n-Décane	124-18-5	Solvant	6000	X
	n-Dodécane	112-40-3	Solvant	6000	X
	n-Hexadécane	544-76-3	Limite haute classe COV	6000	X
3. Terpènes					
3-1	3-Carène	498-15-7	Composé naturel du bois	1500	
3-2	Alpha-pinène	80-56-8	Composé naturel du bois	2500	X
3-3	Béta-pinène	127-91-3	Composé naturel du bois	1400	
3-4	Limonène	138-86-3	Composé naturel du bois	5000	
3-5	Longifolène	475-20-7	Composé naturel du bois	1400	
	Béta-caryophyllène	87-44-5	Composé naturel du bois	1400	
4. Alcools aliphatiques					
4-1	2-Méthyl-2-propanol (tert-butanol)	75-65-0	Solvant	620	
4-3	1-Butanol	71-36-3	Solvant	3000	
4-7	2-Ethyl-1-Hexanol	104-76-7	Solvant	300	
5. Alcools aromatiques					
5-1	Phénol	108-95-2	Colle	70	X
5-2	2,6-di-tert-butyl-4-méthylphénol	128-37-0	EU-LCI $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	100	
5-3	Alcool benzylique	100-51-6	Solvant	440	
6. Glycols, éthers de glycol, esters de glycol					
6-5	Propylène glycol	57-55-6	Solvant	2100	
6-8	Dipropylène glycol	110-98-5	Solvant	670	
6-15	Diéthylène glycol diméthyl éther	111-96-6	EU-LCI $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	28	
6-17	Ethylène glycol isopropyl éther	109-59-1	Solvant	220	
6-22	Diéthylène glycol monoéthyl éther	111-90-0	Solvant	350	
6-23	Ethylène glycol monoisopropyl éther	2807-30-9	Solvant	860	
6-24	2-Butoxyéthanol	111-76-2	Etiquetage (Fr)	1100	X
6-25	Acétate de butoxyéthyle	112-07-2	Solvant	2200	
6-26	Diéthylène glycol butyl éther	112-34-5	Solvant	670	
6-28	2-Phénoxyéthanol	122-99-6	EU-LCI $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	60	
6-31	1-Méthoxy-2-propanol	107-98-2	Solvant	7900	X
6-40	Dipropylène glycol diméthyl éther	111109-77-4	Solvant	1300	
-	1-Méthoxy-2-propyl acétate	108-65-6	Solvant	non	
No.	Substance volatile	Numéro CAS	Critère de choix	EU-LCI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Matériau contrôlé
7. Aldéhydes					
7-2	Pentanal	110-62-3	Composé naturel du bois	800	
7-3	Hexanal	66-25-1	Composé naturel du bois	900	X

7-4	Heptanal	111-71-7	Composé naturel du bois	900	
7-5	2-Ethyl-hexanal	123-05-7	Composé naturel du bois	900	
7-6	Octanal	124-13-0	Composé naturel du bois	900	
7-7	Nonanal	124-19-6	Composé naturel du bois	900	
7-8	Décanal	112-31-2	Composé naturel du bois	900	
7-10	2-Pental	1576-87-0	EU-LCI ≤ 100 µg/m ³	7	
7-11	2-Hexenal	6728-26-3	EU-LCI ≤ 100 µg/m ³	7	
7-12	2-Octenal	2548-87-0	EU-LCI ≤ 100 µg/m ³	7	
7-14	2-Decenal	3913-71-1	EU-LCI ≤ 100 µg/m ³	7	
7-16	2-Undecenal	53448-07-0	EU-LCI ≤ 100 µg/m ³	7	
7-17	Furfural	98-01-1	Composé naturel du bois	20	
7-18	Glutaraldéhyde	111-30-8	Sensibilisant reconnu	1	
7-19	Benzaldéhyde	100-52-7	Présent (origine inconnue)	non	
8. Cétones					
8-1	Ethylméthylcétone	78-93-3	Solvant	20000	
8-3	Méthylisobutylcétone	108-10-1	Solvant	1000	X
8-5	Cyclohexanone	108-94-1	Solvant	410	X
8-8	Acétophénone	98-86-2	Solvant	490	
9. Acides					
9-1	Acide acétique	64-19-7	Composé naturel du bois	1200	
9-2	Acide propionique	79-09-4	Composé naturel du bois	150	
9-7	Acide hexanoïque	142-62-1	Composé naturel du bois	2100	
9-10	Acide 2-éthylhexanoïque	149-57-5	Composé naturel du bois	150	
10. Esters					
10-1	Acétate d'isopropyle	108-21-4	Solvant	4200	
10-5	Méthacrylate de méthyle	80-62-5	Colle	750	
10-8	Acétate de n-butyle	123-86-4	Solvant	4800	X
10-12	Acrylate de n-butyle	141-32-2	Colle	110	
10-13	Acrylate de 2-éthylhexyle	103-11-7	Colle	380	
10-15	Adipate de diméthyle	627-93-0	EU-LCI ≤ 100 µg/m ³	50	
10-16	Succinate de diméthyle	106-65-0	EU-LCI ≤ 100 µg/m ³	50	
10-17	Glutarate de diméthyle	1119-40-0	EU-LCI ≤ 100 µg/m ³	50	
-	2,2,4-Triméthyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate	25265-77-4	Solvant	non	
-	2,2,4-Triméthyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	6846-50-0	Solvant	non	
11. Hydrocarbures chlorés					
11-1	Tétrachloroéthylène	127-18-4	Etiquetage (Fr)	non	X
11-3	1,4-Dichlorobenzène	106-46-7	Etiquetage (Fr)	150	X
-	Trichloroéthylène	79-01-6	Arrêté (Fr), CMR 1A/1B	-	X
12. Autres					
12-1	1,4-Dioxane	123-91-1	Solvant	400	
12-2	Caprolactame	105-60-2	Polyuréthane	300	
12-3	1-Méthyl-2-pyrrolidinone	872-50-4	Solvant	1800	
12-4	Octaméthylcyclotétrasiloxane	556-67-2	Colle	1200	
12-5	Décaméthylcyclopentasiloxane	541-02-6	Colle	non	
12-6	Dodécaméthylcyclohexasiloxane	540-97-6	Colle	non	
12-7	Hexaméthylènetétramine	100-97-0	EU-LCI ≤ 100 µg/m ³	30	
12-15	N,N-Diméthylformamide	68-12-2	Solvant	non	
12-16	1-Ethyl-2-pyrrolidinone	2687-91-4		400	

ANNEXE 4 : Etape de pré validation

Substance volatile	Temps de rétention (min)	Ion quantifiant (m/z)	Ion qualifiant (m/z)	Intervalle de mesure (ng)
n-Hexane	5,8	57	56	5-500
Benzène	6,9	78	77/51	2,5-250
1-Méthoxy-2-propanol	7,1	45	47	5-500
Trichloroéthylène	7,8	132	130	2,5-250
Méthylisobutylcétone	9,0	43	100	5-500
Toluène	10,3	91	92/65	5-500
Hexanal	11,9	56	72	5-500
Tétrachloroéthylène	12,7	166	164	5-500
Acétate de n-butyle	12,9	43	56	5-500
Ethylbenzène	16,7	91	106	5-500
p-Xylène	17,4	91	106	5-500
Styrène	19,5	104	78	5-500
Cyclohexanone	16,6	55	59/78	5-500
o-Xylène	19,7	91	106	5-500
2-Butoxyéthanol	21,2	57	87	25-2500
Alpha-pinène	24,7	93	71/91	5-500
Phénol	33,4	94	65/66	25-2500
1,2,4-Triméthylbenzène	33,6	105	120	5-500
n-Décane	35,4	57	71	5-500
1,4-Dichlorobenzène	36,6	146	111/148	5-500
1,2,3-Triméthylbenzène	38,0	105	120	5-500
n-Dodécane	46,1	57	85	5-500
n-Hexadécane	50,2	57	85	5-500

ANNEXE 5 : Résultats détaillés de la validation de méthode d'analyse par TD/GC/MS

✓ Etude de la linéarité

Le laboratoire a souhaité évaluer une fonction linéaire, comme choix d'étalonnage de routine du type $y = b x$ avec, b la pente de la droite correspondant au facteur de réponse de l'étalon en spectrométrie de masse (MS) obtenu à partir de l'extraction de l'ion quantifiant (annexe 4).

Pour chaque substance retenue dans le matériau de contrôle, huit étalons indépendants ont été préparés sur deux périodes différentes. Les grandeurs expérimentales ont été calculées selon le modèle linéaire retenu. La grandeur retrouvée par rapport à la grandeur théorique a été représentée graphiquement et le coefficient de détermination (r^2) de la droite ainsi obtenue a été calculé (Tableau 25).

Figure 9 : Exemples de représentation graphique des grandeurs retrouvées par rapport aux grandeurs théoriques et calcul du coefficient de détermination (r^2)

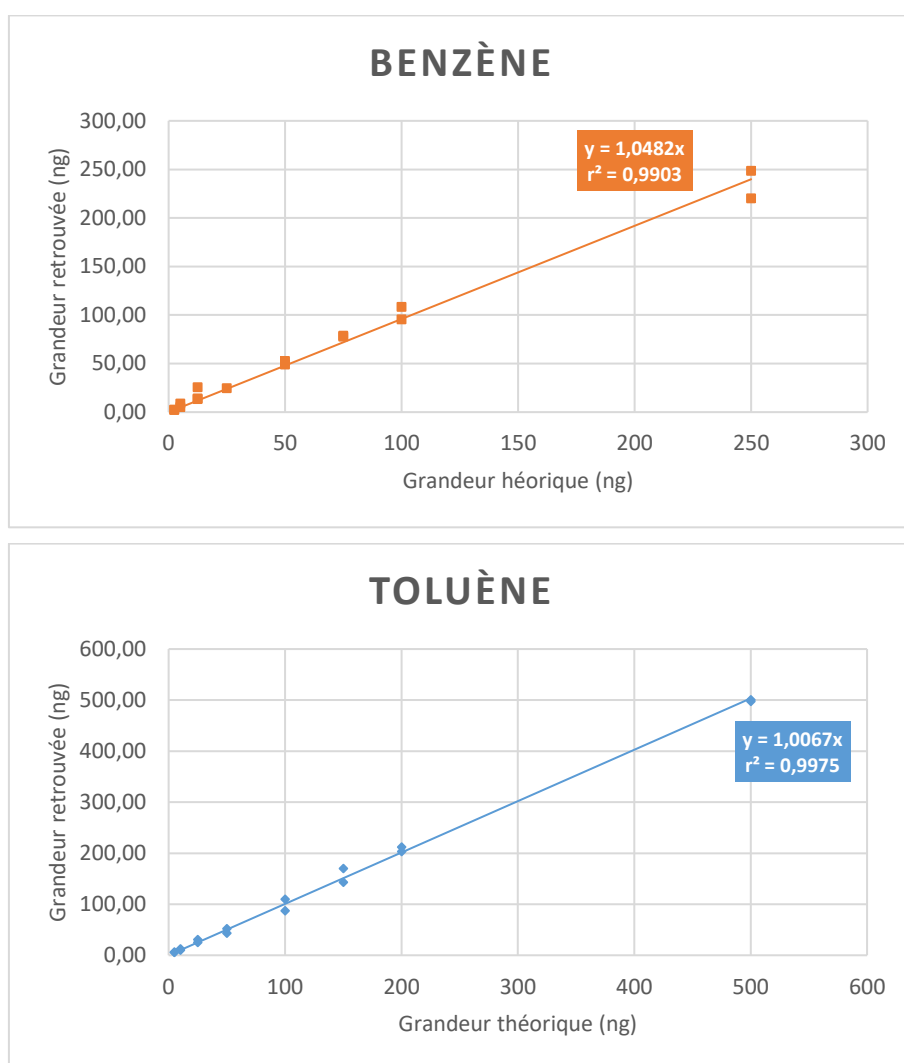


Tableau 25 : Etude de la fonction d'étalonnage

Substance volatile	Type d'étalonnage	r ²	Conclusion
n-Hexane	$y = cx^2 + bx + a$	0,9974	Fonction quadratique
Benzène	$y = bx + a$	0,9903	Fonction linéaire
1-Méthoxy-2-propanol	$y = bx$	0,9969	Fonction linéaire
Trichloroéthylène	$y = bx$	0,9932	Fonction linéaire
Méthylisobutylcétone	$y = bx$	0,9979	Fonction linéaire
Toluène	$y = bx$	0,9975	Fonction linéaire
Hexanal	$y = bx$	0,9950	Fonction linéaire
Tétrachloroéthylène	$y = bx$	0,9969	Fonction linéaire
Acétate de n-butyle	$y = bx$	0,9982	Fonction linéaire
Ethylbenzène	$y = bx$	0,9984	Fonction linéaire
p-Xylène	$y = bx$	0,9984	Fonction linéaire
Styrène	$y = bx$	0,9958	Fonction linéaire
Cyclohexanone	$y = bx$	0,9973	Fonction linéaire
o-Xylène	$y = bx$	0,9989	Fonction linéaire
2-Butoxyéthanol	$y = bx$	0,9931	Fonction linéaire
Alpha-pinène	$y = bx$	0,9985	Fonction linéaire
Phénol	$y = bx$	0,9944	Fonction linéaire
1,2,4-Triméthylbenzène	$y = bx$	0,9981	Fonction linéaire
n-Décane	$y = bx$	0,9988	Fonction linéaire
1,4-Dichlorobenzène	$y = bx$	0,9980	Fonction linéaire
1,2,3-Triméthylbenzène	$y = bx$	0,9981	Fonction linéaire
n-Dodécane	$y = bx$	0,9981	Fonction linéaire
n-Hexadécane	$y = bx$	0,9865	Fonction non linéaire

✓ **Etudes de la justesse et de la fidélité**

Six tubes Tenax ont été analysés à trois niveaux de concentration : à la limite de quantification présumée, au milieu de gamme et en haut de gamme. Chaque analyse a été répétée deux fois dans des conditions de fidélité intermédiaire (même opérateur, périodes différentes).

Les taux de recouvrement et les biais relatifs sont calculés à partir des écarts entre les résultats théoriques et expérimentaux. La fidélité (répétabilité et fidélité intermédiaire) est exprimée en termes de coefficients de variation. Les coefficients de variation de répétabilité (CV_r) et de fidélité Intermédiaire (CV_R) sont obtenus en divisant l'écart-type obtenu par la moyenne des quantités introduites correspondantes. Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 26 : Résultats de la justesse et de la fidélité à la limite de quantification présumée

Substance volatile	Quantité injectée (ng)	Biais relatif (%)	CVr (%)	CVR (%)
n-Hexane	5	8,6	15,7	58,8
Benzène	2,5	2,7	4,4	4,4
1-Méthoxy-2-propanol	5	4,8	6,9	21,3
Trichloroéthylène	5	16,4	6,1	10,8
Méthylisobutylcétone	5	7,6	5,7	6,2
Toluène	5	19,9	5,8	6,5
Hexanal	5	10,7	9,1	9,8
Tétrachloroéthylène	5	9,2	4,8	5,9
Acétate de n-butyle	5	1,2	8,3	9,2
Ethylbenzène	5	10,7	6,6	6,6
p-Xylène	5	11,7	5,2	5,2
Styrène	5	7,1	11,5	12,5
Cyclohexanone	5	1,7	4,4	5,1
o-Xylène	5	15,3	4,4	4,5
2-Butoxyéthanol	50	9,7	12,4	13,3
Alpha-pinène	5	0,0	5,3	6,7
Phénol	50	14,7	3,3	3,3
1,2,4-Triméthylbenzène	5	0,0	7,4	7,4
n-Décane	5	5,5	6,0	6,0
1,4-Dichlorobenzène	5	0,8	9,4	9,4
1,2,3-Triméthylbenzène	5	3,0	8,2	8,2
n-Dodécane	5	7,1	7,7	7,7
n-Hexadécane	5	0,3	18,6	18,9

Tableau 27 : Résultats de la justesse et de la fidélité au point de milieu de gamme

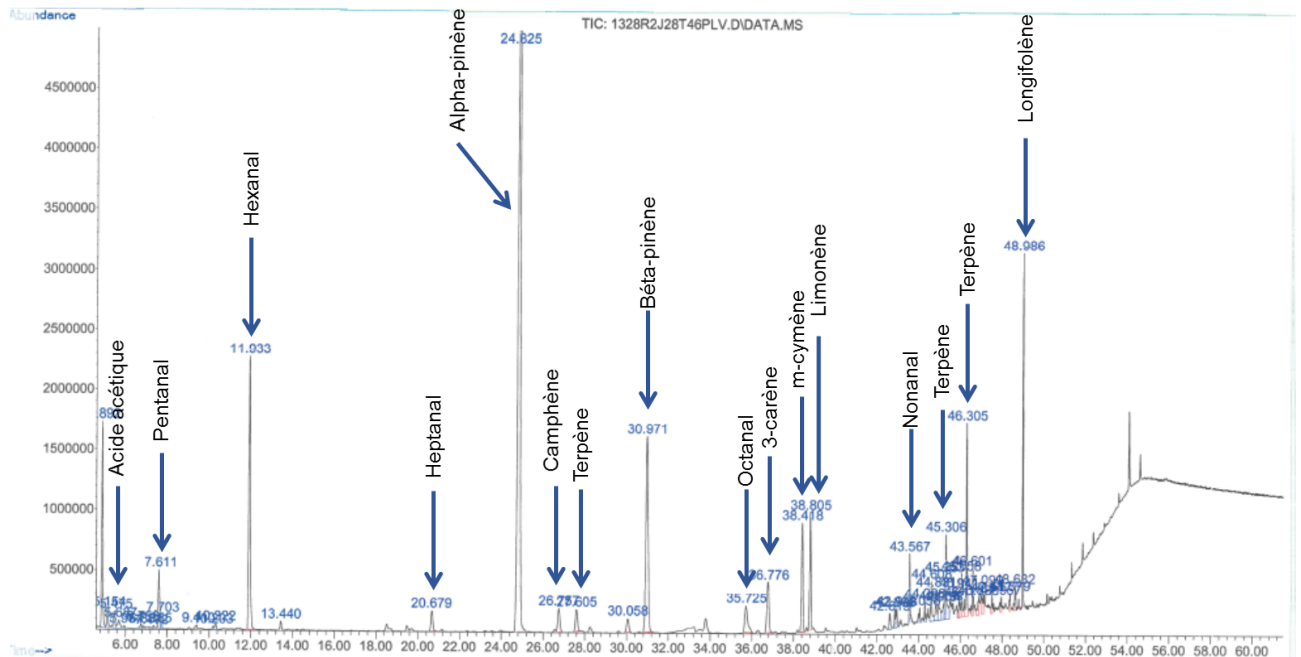
Substance volatile	Quantité injectée (ng)	Biais relatif (%)	CVR (%)	CVR (%)
n-Hexane	100	42,3	13,8	13,8
Benzène	50	5,0	4,9	6,3
1-Méthoxy-2-propanol	100	7,3	7,6	7,6
Trichloroéthylène	50	8,3	5,3	5,3
Méthylisobutylcétone	100	10,1	6,2	7,3
Toluène	100	7,2	4,4	5,2
Hexanal	100	6,7	5,6	5,6
Tétrachloroéthylène	100	5,1	4,0	4,0
Acétate de n-butyle	100	11,0	5,7	6,0
Ethylbenzène	100	8,4	4,1	4,1
p-Xylène	100	9,2	4,1	4,1
Styrène	100	3,3	4,9	4,9
Cyclohexanone	100	11,9	5,7	5,7
o-Xylène	100	13,7	4,1	4,1
2-Butoxyéthanol	500	16,9	7,3	10,8
Alpha-pinène	100	4,1	4,9	4,9
Phénol	500	14,0	5,7	8,7
1,2,4-Triméthylbenzène	100	9,1	4,5	4,5
n-Décane	100	7,5	4,3	5,0
1,4-Dichlorobenzène	100	9,2	4,5	4,7
1,2,3-Triméthylbenzène	100	10,0	4,1	4,1
n-Dodécane	100	15,9	4,6	4,6
n-Hexadécane	100	16,1	4,6	4,6

Tableau 28 : Résultats de la justesse et de la fidélité au point de haut de gamme

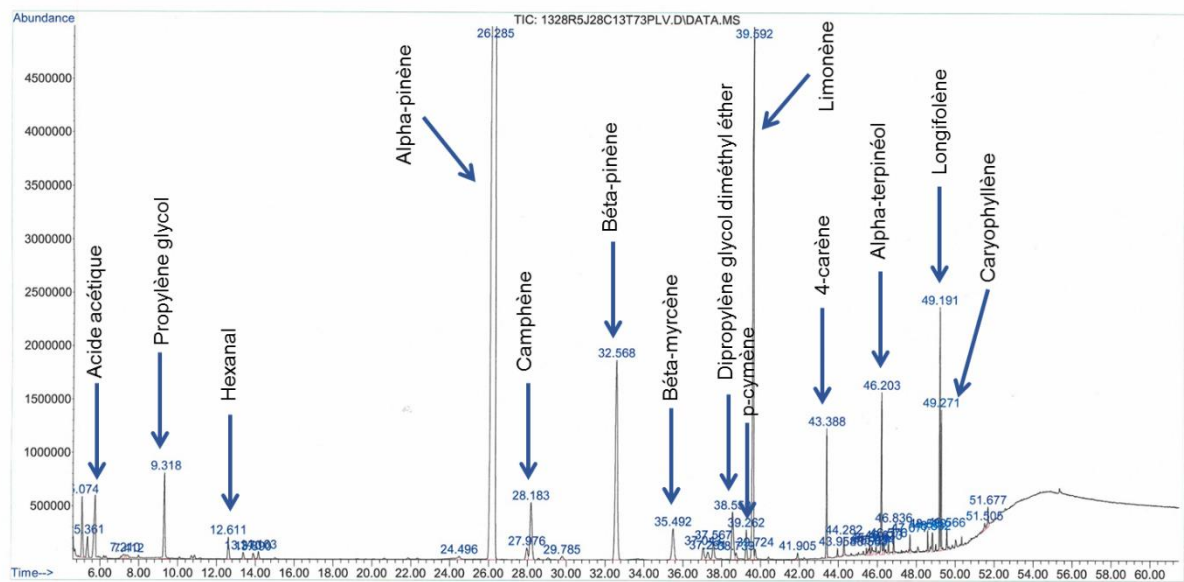
Substance volatile	Quantité injectée (ng)	Biais relatif (%)	CVR (%)	CVR (%)
n-Hexane	500	68,3	9,2	10,5
Benzène	250	6,0	1,7	7,4
1-Méthoxy-2-propanol	500	15,4	1,9	2,8
Trichloroéthylène	250	3,8	3,0	3,0
Méthylisobutylcétone	500	11,3	1,7	4,8
Toluène	500	2,4	2,0	3,4
Hexanal	500	17,0	2,6	2,6
Tétrachloroéthylène	500	1,9	2,0	2,3
Acétate de n-butyle	500	11,5	1,5	3,5
Ethylbenzène	500	7,9	1,5	3,5
p-Xylène	500	8,0	1,5	3,4
Styrène	500	11,8	1,7	2,8
Cyclohexanone	500	12,8	1,9	2,9
o-Xylène	500	7,5	1,3	3,0
2-Butoxyéthanol	2500	27,0	2,9	9,6
Alpha-pinène	500	6,7	1,7	4,3
Phénol	2500	21,0	2,8	7,9
1,2,4-Triméthylbenzène	500	10,7	1,7	2,3
n-Décane	500	7,8	1,6	3,2
1,4-Dichlorobenzène	500	11,9	1,7	1,7
1,2,3-Triméthylbenzène	500	10,7	1,7	1,8
n-Dodécane	500	9,5	2,2	3,1
n-Hexadécane	500	18,0	3,0	3,0

ANNEXE 6 : Exemples de chromatogrammes obtenus par TD/GC/MS

✓ *Panneau OSB*



✓ *Bois lamellé collé (BLC)*



✓ **Bois lamellé croisé (CLT)**

