

NORME DE SECTEUR

Produits de peinture

ICS 87.060

Document technique de caractérisation

Peintures et vernis – Détermination de la concentration en composés organiques volatils des produits de peinture et de la concentration d'exposition résultant de leurs émissions dans l'air intérieur

Méthodes de calcul analytiques

Edition française

norme de secteur Norme française réservée aux utilisateurs de produits relevant des présentes règles, telles que pratiquées par les divers industriels ou enseignes de vente concernées, et qui peut aussi avoir valeur de référentiel pour les prescripteurs, utilisateurs finaux, ou fournisseurs de services liés à la fabrication, à la commercialisation, et/ou à l'emploi desdits produits.

Ce document, établi par des experts de la profession, prend effet à la date sus-indiquée. Il est conforme à la norme NF EN 45020 (cf. § 3.2.2) et reproduit ci-dessous le logo des organisations enregistrées par l'éditeur du document ayant demandé à s'en servir de référentiel.

corrélats A la date d'établissement du document, il existe diverses normes françaises, européennes et internationales sur le sujet, notamment les normes NF EN 11890-1 et 2, et celles de la série NF EN ISO 16000-1 à 11.

objet Le présent document définit des méthodes de calcul analytiques permettant de déterminer les concentrations en composés organiques volatils « COV » caractéristiques des produits de peinture

concepts Produits de peinture, matière organique, matière volatile, composés organiques volatils, substances volatiles polluantes, air intérieur, détermination, caractérisation, calcul, concentration, teneur, émission, concentration d'exposition.

novations La présente édition correspond à la troisième version du document. Elle prend en compte la réglementation française applicable (arrêté du 30 avril 2009 modifié) ainsi que la finalisation du projet de réglementation relatif à l'étiquetage des produits sur leurs émissions en polluants volatils (décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 et arrêté du 19 avril 2011). La première édition d'octobre 2010 a été amendée en conséquence.



Liste des experts ayant participé à l'élaboration de la présente norme

Animateur : M. Roger MICHEL
Secrétaire : M. Jean-Christophe PUJOL

MM. Joseph BIDOLET
Francis MENTHENNE
Pierre PRETI

Avant-propos

La présente norme a été élaborée par des experts d'un groupe industriel pour accompagner la commercialisation de ses produits de peinture, conformément à la réglementation applicable sur le marché français, laquelle lui implique d'avoir à en déclarer, sous sa responsabilité, des caractéristiques d'émissions possibles de composés organiques volatils.

Son objet est d'éviter pour cela la réalisation d'essais qui s'avèrent non indispensables et qui seraient par conséquent inutilement coûteux, surtout dans un contexte de développement durable et de respect de l'environnement.

Elle prend en compte à cet effet les travaux du Conseil Européen de l'industrie des Peintures et Encres « CEPE » ainsi que de la Fédération des Industries des Peintures, Encres, Couleurs, colles et adhésifs « FIPEC » pour la méthode décrite de calcul de la concentration maximale en composés organiques volatils « COV » des produits de peinture.

Sinon, l'attention est attirée sur le fait que pour le reste, la présentation de la méthode de calcul décrite dans le présent document afin de caractériser les émissions des produits dans l'air intérieur est la propriété intellectuelle de l'éditeur iCt.

Au-delà de ces dispositions, l'utilisation du document n'en est pas moins ouverte à d'autres industriels ou fournisseurs de produits ou services, similaires ou non, s'ils demandent à participer au référentiel correspondant, ce qui implique qu'ils attestent de leur prise en charge des engagements consécutifs à son application.

Le document est en outre disponible pour l'établissement d'une norme publique élargie à l'ensemble de la profession en accord avec son éditeur.

Sommaire	Page
0 Introduction	5
1 Domaine d'application	5
2 Références normatives	5
3 Termes et définitions	6
4 Concentration maximale (teneur) en COV	6
4.1 Méthode de calcul	6
4.1.1 Principe	6
4.1.2 Calcul.....	6
4.2 Vérification en laboratoire	7
5 Concentration d'exposition aux COV dans l'air intérieur	7
5.1 Méthode de calcul	7
5.1.1 Principe.....	7
5.1.2 Calcul.....	10
5.2 Vérification en laboratoire	10
Annexe A (informative) Exemple de calcul de la teneur (concentration maximale) en composés organiques volatils (TCOVt)	11
Annexe B (informative) Validation du modèle de calcul des concentrations d'exposition	12
Bibliographie	14

0 Introduction

Ce document définit des méthodes analytiques permettant de calculer :

- d'une part, la concentration maximale (dite aussi : « teneur ») en composés organiques volatils « COV » des produits de peinture,
- d'autre part, la concentration d'exposition résultant de leurs émissions dans l'air intérieur des locaux en prenant en compte leurs propriétés physico-chimiques et les méthodes d'essai normalisées applicables.

1 Domaine d'application

La présente norme s'applique par référence à la norme NS P DTB 001. Ce n'est pas une norme publique. Elle constitue un référentiel privé mis à disposition de ses interlocuteurs contractuels et/ou concernés par un groupe industriel fabriquant et/ou commercialisant des produits de construction et de décoration de la famille des peintures et connexes, pour faciliter les relations commerciales qui s'y rapportent. Ce référentiel peut-être utilisé par d'autres organisations qui en ont fait la demande (cf. Avant-propos).

Il est le neuvième d'une série traitant des spécificités de ces relations d'ordre économique, technique, ou social.

Il constitue lui-même une norme d'application de la norme NF EN ISO 11890-2 et des normes de la série NF ISO 16000, et notamment des parties 3, 6, 9, 10 et 11 de cette série.

Cette norme établit une méthode de calcul pour la détermination de la teneur en composés organiques volatils « COV » et une méthode de calcul des concentrations d'exposition en substances volatiles polluantes ou en composés organiques volatils totaux « COVT » dans l'air intérieur pouvant être émis par des produits de peinture, tels que définis par la norme NF EN ISO 4618, et auxquels elle s'applique à l'exclusion de tout autre type de matériau.

Ces méthodes prennent en compte à la fois les COV visés par la norme NF EN 11890-2 (qui comprennent les composés organiques très volatils « COTV » dont le point d'ébullition initial « PEI » ne dépasse pas 100°C) et ceux dont le point d'ébullition initial peut s'élever au-delà de 250°C jusqu'à 286°C selon les normes NF EN ISO 16000-5 et 6.

Les composés organiques semi-volatils « COSV » dont le point d'ébullition initial peut s'élever au-delà de 286°C jusqu'à 400°C [et même davantage] ne sont pas visés (cf. § 5.1.1.1)¹.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont nécessaires à l'utilisation du présent document. Les références ne sont pas datées volontairement, et c'est donc la dernière édition du document cité qui s'applique (y compris ses éventuels amendements).

NF EN ISO 4618 *Peintures et vernis – Termes et définitions.*

NF EN ISO 2811 *Peintures et vernis – Détermination de la masse volumique – Parties 1 à 4.*

NF T 30-085 *Peintures et vernis – Détermination de l'extrait sec et de la masse volumique du feuil sec.*

NF EN ISO 11890-2 *Peintures et vernis – Détermination de la teneur en composés organiques volatils (COV) – Partie 2 : Méthode par chromatographie en phase gazeuse.*

¹ Essentiellement : acide hexadécanoïque (350°C), ph talate de dibutyle (350°C), phtalate de bis (2-éthylhexyle) (385°C), phtalate de diméthyl (284°C), coprolactane (267°C), 2, 2, 4 –triméthylpe ntanedio- disobutyrate (424°C)

NS P DTC 009

NF EN ISO 16000 *Air intérieur.*

– *Partie 3 : Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés – Méthode par échantillonnage actif.*

– *Partie 5 : Stratégie d'échantillonnage pour les composés organiques volatils (COV).*

– *Partie 6 : Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et enceintes d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS/FID.*

– *Partie 9 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de bâtiment et d'ameublement¹ – Méthode de la chambre d'essai d'émission.*

– *Partie 10 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de bâtiment et d'ameublement¹ – Méthode de la cellule d'essai d'émission.*

– *Partie 11 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de bâtiment et d'ameublement¹ – Echantillonnage, conservation des échantillons et préparation d'échantillons pour essai.*

ASTM D 6886-03 *Standard test method for specification of the Volatile Organic Compounds (VOCs) in low content waterborn air-dry coatings by gas chromatography.*

NS P DTB 001 *Normalisation nationale, européenne ou internationale, et normalisation de secteur.*

3 Termes et définitions

Le vocabulaire utilisé et les définitions afférentes correspondent à la terminologie des documents cités en références normatives (cf. art. 2) et à la signification qu'ils en donnent.

4 Concentration maximale en COV

4.1 Méthode de calcul

4.1.1 Principe

Le fabricant du produit, concepteur de sa formulation, connaît les différentes matières premières qui le composent, et qu'il obtient de différents fournisseurs : liants ; pigments et matières de charges (les premiers pouvant être sans COV, les secondes toujours sans COV) ; dispersant/s, biocide/s, et autre/s additif/s ; solvant.

Chaque fournisseur concerné connaît par définition la part de composé/s organique/s volatil/s constitutive de la matière livrée, et le fabricant qui en est informé peut ainsi l'affecter au poids de celle effectivement introduite dans sa formule de production, pour ensuite la convertir en g / l à partir de la masse volumique du produit de peinture formulé (déterminée conformément à la norme NF EN ISO 2811-1, 2, 3 ou 4).

La concentration maximale en COV du produit, qui peut se symboliser « TCOVT »², s'établit à partir des données susvisées qui doivent prendre en compte le cas échéant les ajouts prévus avant sa mise en œuvre (dilution par addition de solvant, réactif à mélanger pour les produits bi-composants) afin que le produit de peinture soit prêt à l'emploi.

4.1.2 Calcul

Le calcul consiste à préciser pour chacune des matières premières constitutives du produit la part de COV qu'elle contient, en le rapportant à la part qu'elle représente elle-même dans sa formulation, et à additionner le tout pour obtenir la valeur de la TCOVT. Se reporter à l'exemple donné en Annexe A, où la valeur de la TCOVT, incluant les COV de PEI jusqu'à 286°C, a été ajoutée en tant qu'élément de comparaison.

¹ Terminologie corrigée pour traduire correctement la version anglaise de la norme

² T pour « teneur » selon la terminologie de NF EN 11890-2, et qui exprime de façon plus compréhensible la part de COV constituant le produit tout en évitant la confusion avec les concentrations d'exposition dans l'air, COVT pour « composés organiques volatils totaux ».

4.2 Vérification en laboratoire

Conformément à la réglementation officielle applicable¹, le résultat de la méthode de calcul exposée au § 4.1.2 ci-dessus peut être vérifié en laboratoire sur des échantillons prélevés du produit conformément à la norme d'essai NF EN ISO 11890-2. Selon l'article 11 de cette norme, deux déterminations au moins par la méthode d'essai spécifiée sont indispensables pour que les résultats obtenus ne diffèrent pas de plus de 8%.

Le résultat à prendre en compte correspond à la moyenne des deux résultats obtenus dans ces conditions, affecté d'une tolérance de 11% pour tenir compte de la limite de reproductibilité définie par la norme dans l'article susvisé.

5 Concentrations d'exposition aux COV dans l'air intérieur

5.1 Méthode de calcul

5.1.1 Principe

5.1.1.1 Généralités

Les concentrations d'exposition aux COV² dans l'air intérieur peuvent se déterminer pour les produits de bâtiment et d'ameublement conformément aux normes NF EN ISO 16000-9 ou 10 décrivant la méthode de la chambre d'essai ou de la cellule d'émission.

Mais les mesures des concentrations d'émission qu'elles permettent sont complexes, et donc très coûteuses, alors qu'elles concernent de nombreuses substances, plus la totalité des COV (COVT), et qu'elles comportent une grande part d'incertitude (cf. § 5.2).

Une méthode fiable de détermination par le calcul de ces concentrations est donc indispensable au regard de la réglementation française visant la protection de la qualité de l'air intérieur contre les substances volatiles polluantes³ dont le point d'ébullition initial est compris entre 50°C et 260°C (cf. définitions dans les normes NF EN ISO 16000-5 et 6) sur la base d'un renouvellement d'air de 0,5 volume/heure.

C'est l'objet de la présente norme, qui expose une méthode permettant le calcul de la concentration d'exposition exprimée en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ des COV après 3 et 28 jours, et qui permet de traiter séparément les COV ou de les traiter en globalité à partir de la formulation du produit (cf. § 4.1.1).

5.1.1.2 Revêtement de peinture à prendre en compte

Le revêtement doit être conforme aux spécifications de l'annexe A (normative) de NF EN ISO 16000-11 visant la procédure d'échantillonnage et de préparation des éprouvettes d'essai et qui prescrivent, pour l'essai des peintures, des classes d'épaisseur de feuil sec à choisir conformes au tableau reproduit ci-dessous (en transcrivant les symboles conventionnels conformément à ceux propres à la normalisation des peintures, et en traduisant correctement la version anglaise de la norme).

¹ Décret n° 2006-623 et arrêté du 29 mai 2006 transposant la directive européenne 2004/42/CE sur la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures.

² Il est considéré ici que les différents types de COV décelables dans l'air intérieur à prendre en compte sont inclus dans la définition générique donnée par NF EN ISO 11890-2, laquelle fait référence à la Directive 2004/42/CE, en y ajoutant ceux décelables aussi dont le point d'ébullition initial est compris entre 250°C à 286°C (cf. article 1).

³ - Arrêté du 30 avril 2009 relatif aux conditions de mise sur le marché des produits de construction et de décoration contenant des substances cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégorie 1 ou 2, et Arrêté modificatif du 28 mai 2009, sachant que les phtalates visés dans cette réglementation dont le PEI est >260°C sont considérés ici comme absents des produits de peinture (cf. article 1).

- Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 et arrêté du 19 avril 2011 relatifs à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions en substances volatiles polluantes dont l'élution se produit entre le n-hexane et le n-hexadécane inclus, et qui sont aisément décelables par l'adsorbant TENAX TA® selon NF EN ISO 16000-6.

Tableau 1 : Classes d'épaisseur du feuil sec

Classe	Epaisseur moyenne du feuil sec recommandée par le fabricant E m	Epaisseur du feuil sec choisie pour l'essai E c
minimale	< 5 µm	5 µm
faible	5 à 20 µm	15 µm
moyenne	20 à 60 µm	40 µm
élevée	> 60 µm	60 µm

L'épaisseur moyenne recommandée s'établit à partir du rendement moyen R d'application du produit et de son extrait sec en volume ES (teneur en matières non volatiles exprimée en pourcentage en volume selon NF T 30-085/ISO 3233) donnés par le fabricant, conformément à l'équation suivante :

$$E_m = 10 \text{ ES/R}$$

où R est exprimé en m²/l
et ES en valeur absolue du pourcentage

La quantité de produit M applicable en l/m² pour la préparation de l'éprouvette normalisée s'en déduit :

$$M = \frac{1}{R} \cdot \frac{E_c}{E_m}$$

Pour les enduits, l'épaisseur choisie de la couche de produit applicable doit être uniformément de 3 mm, et la quantité M est calculée en conséquence.

5.1.1.3 Méthode

La méthode se fonde sur un modèle mathématique pertinent décrivant l'émission des COV d'une peinture dans la pièce de référence conventionnelle décrite dans la réglementation (cf. § 5.1.1.1).

La bibliographie permet d'établir la liste des modèles appropriés proposés dans la littérature scientifique et technique et d'en évaluer la pertinence.

L'informatisation de ces modèles permet d'effectuer les calculs de concentration d'exposition en µg.m⁻³ des COV après 3 et 28 jours à partir de la concentration centésimale en COV des peintures à partir de leur formulation.

Les résultats de mesures réelles réalisées conformément à la méthode décrite dans la norme NF EN ISO 16000-9 permettent de valider les résultats des calculs obtenus grâce au modèle mathématique le plus significatif. La synthèse de ces résultats qui a conduit à valider le modèle est présentée en Annexe B, et ce modèle donne la possibilité de calculer aussi bien la concentration en composés organiques volatils totaux (COVT) que la part propre à chacun des COV correspondants.

Le modèle retenu permet ainsi d'optimiser également le choix et la combinaison des COV utilisés dans des peintures à formuler.

5.1.1.4 Références

La recherche bibliographique fait apparaître de nombreuses méthodes de la mesure des émissions diffuses et fugitives de gaz et vapeurs de COV. Elles ont été motivées principalement par la volonté de connaître l'importance de l'émission des COV sur les lieux de travail (imprimeries offset, pâtisseries industrielles, ...) mais également dans des locaux d'habitation (panneaux de particules de bois, dalles de sol, moquettes, dalles acoustiques de plafond, colles diverses, peintures, vernis et mastics).

Les publications intéressantes (cf. Bibliographie) mettent en oeuvre une ou plusieurs méthodes de mesure des COV dans le temps en conditions réelles. Les paramètres opératoires pris en compte sont très larges : localisation des émissions, leur répartition spatio-temporelle, les dimensions du local, le taux du renouvellement de l'air, etc.

Parmi ces méthodes, on trouve le traçage gazeux des COV in situ [1] et [2], la mesure en cabine [3], la mesure en régime établi dans le local [4] et la mesure en régime transitoire in situ ou en cabine [5] et [6].

La méthode de la norme NF EN ISO 16000-9 est une méthode de mesure en cabine et en régime établi.

Les auteurs ont cherché à modéliser leurs systèmes pour effectuer des simulations par le calcul.

Les formules mathématiques proposées sont plus ou moins complexes.

5.1.1.5 Modélisation

Le modèle le plus pertinent pour les produits de peintures a été développé par le National Research Council Canada [7]. Il s'appuie sur une base de données de mesures de COV réalisées sur 48 matériaux du bâtiment dont neuf peintures et vernis. Le taux de renouvellement de l'air est de $1.0h^{-1}$. Les COV sont collectés sur un adsorbant et mesurés selon la norme ASTM D 6886-03.

Le système est décrit par trois modèles mathématiques, correspondant aux trois phases d'émission des COV après application de la peinture : évaporation des COV, transition (le feuil se forme), et diffusion des COV présents dans le feuil formé.

Les COV spécifiques de la formulation du produit à caractériser sont analysés séparément (exemple : nonane, décane, éthylène glycol, propylène glycol, texanol, etc.) et groupés (COVT).

- *Phase d'évaporation des COV :*

Elle varie de 4 à 8 heures selon la nature des COV.

$$E = Km \left[C_v \frac{M(t)}{M_{01}} - C(t) \right] \quad (0 < t < t_1)$$

- *Phase transitoire :*

Elle est en moyenne de 24 heures pour tous les COV.

$$E = E(t_1) e^{-k(t-t_1)} \quad (t_1 < t < t_2)$$

- *Phase de diffusion des COV :*

Elle commence à partir du deuxième jour après l'application du produit pour tous les COV.

$$E = a t^{-b} \quad (t_1 > t_2)$$

où :

E est le facteur d'émission ($mg\ m^{-2}\ h^{-1}$)

a et b sont des constantes déterminées par l'expérience

t est le temps écoulé depuis l'application de la peinture (h)

Km est le coefficient de transfert de masse ($m\ h^{-1}$)

C_v est la pression de vapeur initiale à la surface du film de peinture ($mg\ m^{-3}$)

$C(t)$ est la concentration en COV dans l'air ($mg\ m^{-3}$)

M_{01} est la concentration surfacique de COV initiale à la surface ($mg\ m^{-2}$)

$M(t)$ est la concentration surfacique de COV à l'instant t ($mg\ m^{-2}$)

$E(t_1)$ est le facteur d'émission à $t = t_1$ ($mg\ m^{-2}\ h^{-1}$)

k est la constante d'émission (h^{-1})

t_1 est le temps de début de la période de transition (t)

t_2 est le temps de début de la période de diffusion (t)

NS P DTC 009

5.1.2 Calcul

Le calcul consiste à introduire les équations détaillées au § 5.1.1.5 ci-dessus dans un tableur et à saisir les données fournies en annexe du document bibliographique susvisé [7] : pour chaque COV, on saisit t_1 , t_2 , a , b , Km , M_{01} et C_v . On calcule E ($\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$) pour chaque COV et pour chaque temps t allant de 0 à 672 h (28j).

On en déduit la concentration d'exposition C_{expo} ($\mu\text{g m}^{-3}$) de chaque COV à chaque instant t en ramenant à la surface type (S) et au volume ($V= 30 \text{ m}^3$) de la pièce définie dans la réglementation (cf. § 5.1.1.1). On tient compte du taux de renouvellement de l'air de $0,5 \text{ h}^{-1}$

A un temps t , $C_{\text{expo}}(t) = E(t_1)/2 + E(t)*S/V$,
on relève les valeurs de C_{expo} à $J = 3$ et $J = 28$.

5.2 Vérification en laboratoire

Selon les normes NF EN ISO 16000-9 ou 10, qui font référence à NF EN ISO 16000-6, les caractéristiques de performances des méthodes d'essais spécifiées sont relativement difficiles à maîtriser en matière d'exactitude et de répétabilité.

Il a ainsi été relevé selon ces normes des incertitudes relatives (à un niveau de confiance de 95%) pouvant atteindre +/- 23%, des tolérances de répétabilité de l'ordre de 10 à 12%, qui peuvent même être supérieures quand on additionne les concentrations d'exposition pour chaque COV, identifié ou non, et dont l'importance nécessite d'être prise en compte dans les résultats d'essais et la comparaison avec la méthode de calcul qui se révèle de ce fait beaucoup plus fiable.

ANNEXE A
(informative)

Exemple de calcul de la teneur (concentration maximale) en composés organiques volatils « TCOVT » à partir d'une formule de production.

Produit analysé : peinture en phase aqueuse de revêtement pour murs intérieurs et plafonds, catégorie Aa, masse volumique $d = 1,57$ suivant NF EN ISO 2811-2, extrait sec en volume calculé suivant NF T 30-085 ES : 42 %, teneur maximale en COV suivant Directive 2004/42/CE : 30g/l.

Tableau 2 : Présentation du calcul

Référence matière première	Nature matière première	Quantité g/kg dans la préparation	Part COV %	COV g/kg dans la préparation	COV g/l (g/kg.d) dans la préparation
Liant/s					
L 200	copol. acrylique	30	0	0	
L 201	copol. vinyl. acryl	70	0	0	
Pigment/s et charges					
P 200	dioxyde de titane (slurry)	175	7,21	12,6175	19,809475
C 200	silicate d'alumine	20	0	0	
C 201	carbonate de calcium fin (slurry)	120	0	0	
C 202	carbonate de calcium moyen (slurry)	180	0,045	0,081	0,13041
C 203	carbonate de calcium grossier (slurry)	300	0,045	0,135	0,21195
Additifs					
A 200	dispersant	1	0,01	0,0001	0,000157
A 201	biocide	2	0	0	
A 202	épaississant	0	0	0	
A 203	antimousse	4	0	0	
A 204	mouillant	1	90	0,9	1,413
A 205	coalescent	5	0	0	
A 206	plastifiant	10	0	0	
A 207	stabilisant	1	0	0	
A 208	antiflash-rust	4	0	0	
Solvant					
S 200	eau	71	0	0	
TCOVT 2010 \leq 30	Totaux	1000		13,7336	21,561752
Rappel matières premières (COV : 250°C < PEI < 286°C)					
A 205	coalescent	5	0,1	0,5	0,785
				TCOVT²⁸⁶	22,346752

ANNEXE B (informative)

Validation du modèle de calcul des concentrations d'exposition

B1 Comparatif

La validation a consisté d'abord à calculer avec le modèle les concentrations d'exposition de plusieurs peintures et de les comparer à des valeurs mesurées.

Comme ces valeurs étaient cohérentes, le modèle a permis ensuite de calculer les valeurs théoriques de peintures de composition connue pour en déduire les valeurs de la COVT à 3 et 28 jours.

Les peintures de référence sont prises ici dans une étude du laboratoire d'un industriel (produits ① à ⑦) et dans deux analyses effectuées par un laboratoire privé indépendant (produits ⑧ et ⑨), toujours selon la norme NF EN ISO 16000-9.

Tableau 3 : Synthèse des résultats

Produits	Mesures			Simulations	
	Type de peinture	T _{COVT} (g/l)	COVT (3 jours) µg/m ³	COVT (28 jours) µg/m ³	COVT (3 jours) µg/m ³
① WB Matt wall paint	50	19 894	1 181	20 000	2 000
② WB Mattwall paint lower VOC	30	26 940	139	30 000	200
③ WB Gloss wall paint	130	150 766	4 558	150 000	5 000
④ Transparent WB Primer	23	29 493	49	40 000	50
⑤ WB trim paint Matt	100	212	9	200	50
⑥ WB Alkyd Gloss	85	191	0	200	50
⑦ SB Trim paint	324	691	65	1 000	100
⑧ SID52 (phase aqueuse)	90	> 54 000	1 500	75 000	1 500
⑨ IL671 (phase solvant)	300	7 400	910	10 000	1 000

Vu l'imprécision des mesures de laboratoire (cf. § 5.2), les résultats des calculs ont été arrondis.

Les résultats obtenus, qui sont ainsi des ordres de grandeurs, n'en sont pas moins significatifs.

Les simulations ont été faites aussi sur des COV pris séparément tel que l'éthylène glycol, le propylène glycol et le Texanol. Cela ouvre la perspective de pouvoir rechercher le meilleur compromis entre efficacité (rétention d'eau, mouillage de surface, stabilité au stockage, etc.) et émission de COV.

B. 2 Conclusion

La validation a permis de retenir un modèle mathématique pour calculer la concentration d'exposition exprimée en $\mu\text{g.m}^{-3}$ des COV après 3 et 28 jours à partir de la composition centésimale de la peinture en comparant les résultats obtenus avec des mesures réalisées selon la norme NF EN ISO 16000-9.

Les simulations réalisées avec ce modèle laissent apparaître que la COVT après 28 jours d'émission de plusieurs peintures en phase aqueuse peut dépasser le seuil de $1000 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Globalement, les résultats des mesures selon la norme NF EN ISO 16000-9 et les simulations montrent de façon incontestable que :

- pour les peintures en phase solvant, la COVT à 28 jours peut être aisément inférieure ou égale à $1000 \mu\text{g.m}^{-3}$, l'essentiel des COV s'évaporant dans la phase de séchage et les COV restants diffusant lentement du feuil mais à dose faible ;
- paradoxalement, les peintures en phase aqueuse peuvent conduire à une COVT à 28 jours supérieure à $1000 \mu\text{g.m}^{-3}$;
- la rétention de certains cosolvants par le feuil des peintures aqueuses est en effet telle qu'ils s'évaporent très lentement ; leur élimination est faible aussi bien dans la phase d'évaporation de l'eau que dans la phase transitoire de formation du feuil car ils se trouvent « piégés » dans le feuil sec de peinture et sont émis régulièrement de telle manière que le renouvellement de l'air ne suffit pas toujours à faire diminuer la COVT résiduelle à 28 jours en dessous du seuil de $1000 \mu\text{g.m}^{-3}$.
- mais il est possible de respecter largement ce seuil au moyen de formulations adaptées (cf. § B. 1, produits ②, ④ à ⑥), notamment dans le choix des agents de coalescence.

Il s'ensuit qu'en écartant de la formulation les COV considérés comme dangereux pour la santé des occupants, il est tout à fait possible de concevoir, au moyen du modèle retenu, des produits à faible émission satisfaisant au classement A⁺ de la réglementation (cf. § 5.1.1.1), et de les justifier comme tels.

Bibliographie

- [1] ANTONSSON A.B., MARTIN J. *Développement d'une méthode de mesure de débits des sources polluantes dans les atmosphères de travail. Solna, Arbetarsmilsofonden, 1987, rapport B874.N1249 (Traduction INRS n°525-91).*
- [2] BEMER D., DESSAGNE J.M. AUBERTIN G. *Traçage à l'hélium – Mise au point d'une méthode de mesure de débit d'émission d'une source gazeuse. Cahier de notes documentaires, 1995, 161, pp. 509 – 518.*
- [3] NF EN 1093-3 *Sécurité des machines – Evaluation de l'émission de substances dangereuses véhiculées par l'air. Partie 3 : Débit d'émission d'un polluant donné – Méthode sur banc d'essai utilisant le polluant réel. Paris La Défense. AFNOR, 1995.*
- [4] BREMER D., LECLER M.T., REGNIER R., HECHT G. GERBER J.M. *Measuring the emission rate of aerosol source placed in a ventilated room using a tracer gas: influence of particule wall deposition. Ann. Occup. Hyg., 2002, Vol46, n°3, pp. 347-354.*
- [5] WADDEN R.A., BAIRD D.I., FRANKE J.E., SCHEFF P.A., CONROY L.M. *Ethanol emission factors for glazing during candy production. American Industrial Hygiene Association Journal, April 1994, 55, pp. 343-351.*
- [6] WADDEN R.A., SCHEFF P.A., FRANKE J.E., CONROY L.M., JAVOR M., KEIL C.B., MILZ S.A. *VOC emission rates and emission factors for a sheet fed offset printing shop. American Industrial Hygiene Association Journal, April 1995, 56, pp. 368-376.*
- [7] WON D., MAGEE R.J., LUSZTYK E., NONG G., ZHU J.P., ZHANG J.S., REARDON J.T., SHAW C.Y. *A comprehensive VOC emission database for commonly-used building materials. National Research Council Canada – Institute for Research in Construction. Proceedings of the 7th International Conference of Healthy Buildings, Dec. 2003, pp. 1-6.*