

Notes techniques

PORT DE MASQUES CHIRURGICAUX: DES ÉMISSIONS CHIMIQUES TRÈS FAIBLES

Avec le port du masque rendu obligatoire dans tous les lieux publics, ainsi que dans la plupart des lieux professionnels, il est apparu intéressant de réaliser une étude sur les émissions chimiques des masques chirurgicaux de type II. Celle-ci a révélé des émissions très faibles et ne représentant pas de risque toxicologique pour les utilisateurs.

LAURENCE ROBERT, JENNIFER KLINGLER, ROMAIN GUICHARD
INRS, département Ingénierie des procédés

Dans le contexte pandémique actuel, le port du masque est devenu obligatoire dans tous les lieux publics, ainsi que dans la plupart des lieux professionnels. Les odeurs émanant de certains masques chirurgicaux, assorties parfois de plaintes liées à des irritations cutanées ou respiratoires, ont conduit l'INRS à s'interroger sur les émissions chimiques de ces masques qui peuvent être portés par certains salariés pendant plusieurs heures sur leur lieu de travail. Quels types de composés les masques émettent-ils? Existe-t-il des disparités d'émission en composés chimiques entre différents masques? Pendant combien de temps? Une étude, portant sur un ensemble de masques chirurgicaux de provenance et de fabrication différentes, a donc été menée par le département Ingénierie des procédés de l'INRS, pour répondre à ces interrogations. D'autres études relatives aux masques, portant par exemple sur leur efficacité et leur adaptabilité aux différents visages, sont conduites à l'INRS; la présente étude ne traite que des émissions chimiques des masques, qui sont susceptibles d'être inhalées par les personnes qui les portent.

Cinq échantillons et deux protocoles de test

Cinq lots de cinquante masques différents ont été étudiés. Un lot est de fabrication française, les masques B. Les quatre autres échantillons proviennent tous de Chine mais de fabricants différents. L'ensemble des masques chirurgicaux de cette étude sont tous de type II selon la norme EN 14638¹. Le *Tableau 1* rassemble les caractéristiques des différents échantillons de cette étude.

Étant donné que les masques B ne sont pas ensachés dans un plastique contrairement à l'ensemble des

autres échantillons, il est important de préciser à quel moment ils sont utilisés pour des essais. Aussi, il a été défini la notion d'« âge » pour les masques B, cet âge correspondant au temps écoulé en jours entre le moment de fabrication du masque (ici, le 7 août 2020) et le jour d'utilisation pour un essai donné. Deux protocoles de mesures ont été conduits. Un premier protocole met en œuvre une enceinte cylindrique étanche de 17 litres et un analyseur de

RÉSUMÉ

Une étude menée sur les émissions chimiques de masques chirurgicaux de type II a révélé une signature chimique spécifique pour ce type de masque. Les hydrocarbures aliphatiques composent à plus de 95% les émissions en composés organiques volatils issues des masques. Ces émissions sont très faibles et ne représentent pas de risque toxicologique au regard de ces composés et de leur teneur.

Use of surgical masks: very low chemical emissions

A study conducted on the chemical emissions of type II surgical masks revealed a specific chemical signature for this type of mask. Aliphatic hydrocarbons contribute more than 94% of the total volatile organic compound emissions from the masks. These emissions are very low and do not represent a toxicological risk with regard to these compounds and their levels.

ÉCHANTILLONS	MASQUE A	MASQUE B	MASQUE C	MASQUE D	MASQUE E
Pays de fabrication	Chine	France	Chine	Chine	Chine
Précision	Masque 3 plis blanc et bleu	Masque 3 plis blanc	Masque 3 plis blanc et bleu	Masque 3 plis blanc et bleu	Masque 3 plis blanc et bleu grisé
Packaging	Boîte cartonnée de 50 masques ensachés dans un plastique	Boîte cartonnée de 50 masques non ensachés	50 masques ensachés dans un plastique. Une boîte cartonnée est fournie séparément	50 masques ensachés dans un plastique	Boîte cartonnée de 50 masques ensachés dans un plastique
Date de fabrication	2 mai 2020	7 août 2020	9 avril 2020	12 août 2020	7 mai 2020
Nombre de boîtes de 50 masques	5	8	2	2	1
Surface utile du masque en cm ²	140	140	139	130	120
Poids du masque en g (hors élastique et pince nez)	2,44	3,17	2,24	1,95	1,91

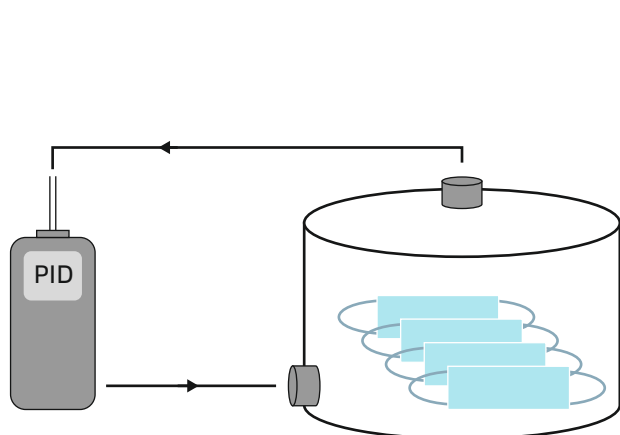
composés organiques volatils totaux (COV) à détection par photo-ionisation (PID) représentés sur la *Figure 1*. Ce montage permet de mesurer les émissions d'un lot entier de 50 masques. Pour ce faire, les masques sont sortis de leur emballage et disposés dans le fond de l'enceinte. L'analyseur de COV totaux est relié à l'enceinte et enregistre pendant 24 heures les émissions en COV totaux. L'analyseur est un ppbRAE 3000 qui permet de mesurer des concentrations en COV à partir de quelques centaines de ppb (parties par milliard) en équivalent isobutylène².

Un second protocole met en œuvre une microchambre thermorégulée (Cf. *Figure 2*). Il s'agit de procéder au dégazage d'un seul masque à la fois,

puis à un dosage, sur des supports adéquats, des COV et aldéhydes émis. La température de dégazage a été volontairement choisie à 30 °C (température voisine de l'air exhalé) et la durée de dégazage est d'une heure. Ces essais ont été sous-traités au laboratoire TERA – Environnement de Fuveau (Bouches-du-Rhône), qui a mis en œuvre un protocole de test éprouvé. Un lot neuf de chacun des masques testés a été envoyé à ce laboratoire. Juste avant l'introduction dans la microchambre de dégazage, le masque est sorti du lot. Il n'est conservé que la partie « tissu » ; les élastiques et le pince-nez sont retirés. Le masque est ensuite plié en deux et roulé avant d'être introduit dans la microchambre d'émission.

↑ **TABLEAU 1**
Principales caractéristiques des masques testés dans cette étude.

↓ **FIGURE 1**
Schéma et photos du montage expérimental.



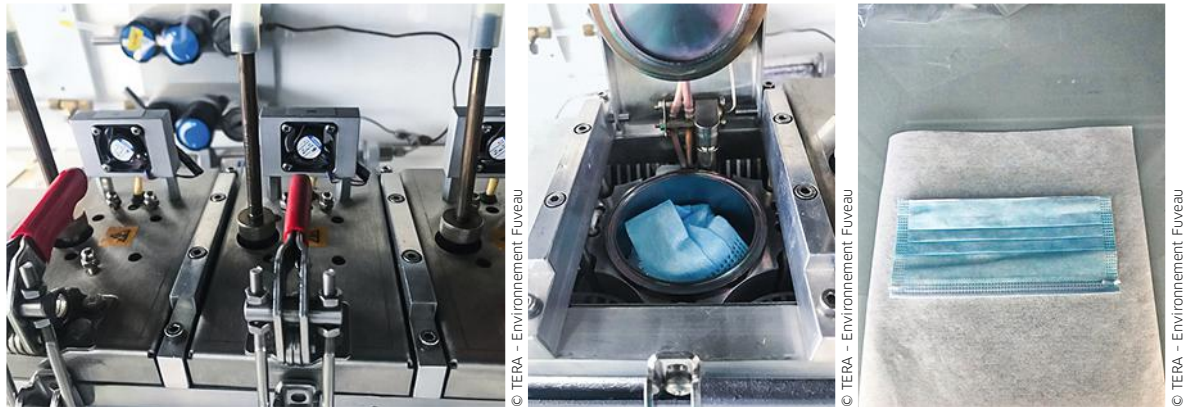


FIGURE 2 → Photos des essais en microchambre.

Différence d'émission en COV totaux entre les masques

À l'aide de l'enceinte étanche et de l'analyseur ppbRAE3000, les masques A, B, C et D ont été comparés en termes d'émission de COV totaux sur des périodes de 24 heures. N'ayant pas pu obtenir deux lots identiques de masques E fabriqués à la même date, ces derniers n'ont pas été testés avec ce protocole. La température dans l'enceinte lors des essais est de 25°C +/- 1,5°C, correspondant à la température ambiante à laquelle est soumis un masque lorsqu'il n'est pas porté. En suivant un mode opératoire identique, il apparaît sur la Figure 3 que les différents masques testés n'émettent pas la même quantité de COV totaux. La valeur affichée par le ppbRAE300 indiquant une réponse globale en équivalent isobutylène, il n'est pas possible de savoir quel COV a été émis spécifiquement. C'est pourquoi le recours à une caractérisation plus approfondie des principaux COV émis par chaque masque a été nécessaire.

En outre, si l'ensemble des masques en provenance de Chine sont conservés emballés dans un film plastique, il n'en est pas de même pour les masques français B. L'ensachage des masques A, C et D dans un plastique ne leur permet pas d'échanger les COV avec l'air environnant. À l'inverse, le mode de conditionnement

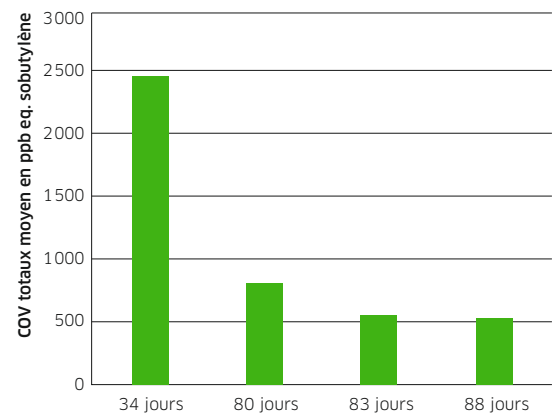
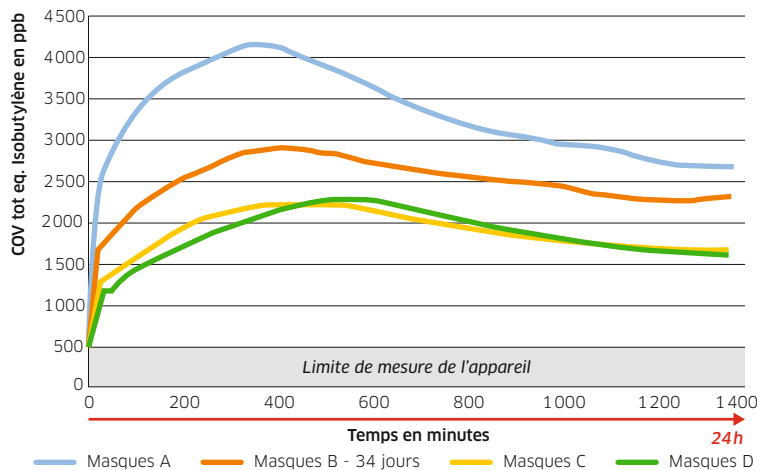
des masques B dans une simple boîte en carton favorise les échanges avec l'environnement, eux-mêmes très dépendants des conditions environnementales (température et humidité). La Figure 4 montre la baisse d'émission de COV totaux des masques B en fonction de la durée de conservation du lot avant son ouverture: son âge, c'est-à-dire la durée entre sa date de fabrication et l'ouverture de la boîte pour un essai en enceinte.

Émissions des masques: une même signature chimique

Le recours à la microchambre thermorégulée permet une caractérisation plus approfondie des émissions des masques consistant à définir la nature des composés émis et à calculer les taux d'émission exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$; c'est-à-dire ce qui est susceptible d'être émis en une heure par unité de surface de masque. Pour ce protocole, un seul masque de chaque lot a été étudié en microchambre. Compte tenu des cinétiques d'émissions très proches des lots C et D (Cf. Figure 3), il a été choisi de ne conserver que les échantillons A, B, D et E pour ces essais. Après dégazage dans la microchambre, le dosage des COV sur tube Tenax et des aldéhydes sur cartouche DNPH a été réalisé conformément aux normes existantes. Les

↓ FIGURE 3 (À gauche) Cinétiques d'émissions de COV totaux de différents masques chirurgicaux pendant 24 heures.

↓ FIGURE 4 (À droite) Émissions initiales moyennes de COV totaux des masques B en fonction de leur âge au moment des essais.



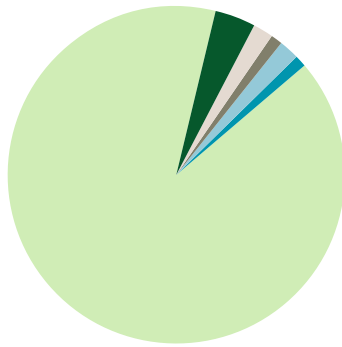
COMPOSÉ	N° CAS	MASQUE A	MASQUE B - 45 JOURS	MASQUE D	MASQUE E
Aldéhydes :					
Hexanal	66-25-1	< LQ	3,1	1,1	1,5
Nonanal	124-19-6	11,3	28,3	14	28,3
Benzaldéhyde	100-52-7	< LQ	2,1	0,8	0,9
Hydrocarbures aromatiques :					
Toluène	108-88-3	< LQ	0,5	0,8	1,1
Éthylbenzène	100-41-4	< LQ	3,2	0,6	1,2
<i>m-,p-,o-</i> Xylène	108-38-3/106-42-3/95-47-6	< LQ	5,3	1,4	3,9
Terpène :					
α-Pinène	80-56-8	1,3	0,6	0,4	3
Organosilicones :					
Tétradécaméthylhexasiloxane	107-52-8	2,2	7,2	0,3	15,6
Octaméthyltétrasiloxane	556-67-2	0,3	< LQ	< LQ	0,3
Cétone :					
Cyclohexanone	108-94-1	0,2	4,4	2,9	2,4
Hydrocarbures (* C indique le nombre d'atomes de carbone) :					
2,4-Diméthylheptane	C ₉ 2213-23-2	0,6	< LQ	< LQ	0,4
2,4-Diméthyl-1-heptène	C ₉ 19549-87-2	0,5	0,9	0,4	0,4
4-Méthyl-octane	C ₉ 2216-34-4	0,9	0,7	< LQ	0,6
2,4-Diméthyl-1-décène	C ₁₀ 55170-80-4	30,5	213,9	5,7	147,5
Hydrocarbures en C ₁₀ /C ₁₁	--	8,9	52,6	1,3	30
Hydrocarbures en C ₁₁ H ₂₂	--	2,6	16	0,3	11,2
2,6-Diméthylnonane	C ₁₁ 17302-28-2	9,6	60,4	1,4	34,2
3,7-Diméthyl-décane	C ₁₂ 17312-54-8	155,1	149,1	19,4	189,3
Hydrocarbures en C ₁₂ /C ₁₃	--	19,6	17,2	2,2	21,1
Hydrocarbures en C ₁₁ /C ₁₃	--	29,9	52,9	5,4	65,8
4,6-Diméthyl-dodécane	C ₁₄ 61141-72-8	9,1	46,5	7,7	53,9
Hydrocarbures en C ₁₄ /C ₁₅	--	16,4	52,2	16,8	61,2
2,6,11-Triméthyl-dodécane	C ₁₅ 31295-56-4	58,8	31,8	46,5	67,4
2,7,10-Triméthyl-dodécane	C ₁₅ 74645-98-0	30,3	32,9	27,8	34,9
Hydrocarbures en C ₁₅	--	6	7,3	5,5	11,2
Hydrocarbures en C ₁₅ /C ₁₆	--	22,9	16,7	23,6	31,1
1-Hexadécène	C ₁₆ 629-73-2	11,1	56,7	12,9	63,6
Hydrocarbures > C ₁₆	--	1	< LQ	1	1,5

COV sont dosés puis analysés par chromatographie gazeuse selon les normes NF EN Iso 16000-25 et NF EN Iso 16017-1. Les aldéhydes sont analysés par HPLC conformément à la norme NF EN Iso 16000-3³. Le *Tableau 2* recense les principaux COV et aldéhydes émis par chaque masque, tandis que la *Figure 5* présente la répartition moyenne des composés émis par famille chimique. Il apparaît très nettement que tous les masques présentent la même signature chimique: ils émettent majoritairement des hydrocarbures aliphatiques présentant un nombre d'atomes de carbone entre 9 et 16. La signature chimique résultant de ces analyses laisse donc envisager que

les hydrocarbures émis par les différents masques sont des oligomères du propylène, formés lors de la fabrication de la matière première utilisée. En ce qui concerne la toxicité des hydrocarbures tels que ceux trouvés, elle est généralement faible et se manifeste par des effets communs à la plupart des hydrocarbures pétroliers⁴. De façon générale les hydrocarbures représentent entre 90 et 97% des émissions totales d'un masque. On note également la présence nettement plus modérée d'aldéhydes, entre 2 et 7%, essentiellement du nonanal. Le nonanal est un produit retrouvé dans les parfums, susceptible d'irriter la peau et les yeux. Les autres familles chimiques

↑ **TABLEAU 2**
Nature et taux d'émission des différents COV et aldéhydes émis par les masques (exprimés en µg/m³/h).
LQ: Limite de quantification





- Aldéhydes (3,9%)
- Hydrocarbures aromatiques (0,7%)
- Terpènes (0,2%)
- Organosilicones (0,7%)
- Cétones (0,5%)
- Autres hydrocarbures (94,1%)

↑ FIGURE 5 Répartition moyenne des émissions des masques par famille chimique (en %).

détectées : cétones, hydrocarbures aromatiques, terpènes, etc., représentent chacune moins de 1% des émissions totales.

À ce jour, les principaux composés détectés (hydrocarbures aliphatiques) ne sont pas classés CMR et ne possèdent pas de VLEP spécifique, ni de VGAI⁵. Rappelons que les taux d'émission indiqués ici ne sont en aucun cas comparables à des VLEP, qui correspondent à des concentrations dans l'air assorties de stratégies de mesurage réglementées, ou à des VGAI. Les taux d'émission, qui quantifient la quantité de composés émis par unité de surface en une heure, sont généralement exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$. Si la surface utile des différents masques est très proche entre les échantillons, de 120 à 140 cm^2 , leur poids diffère. Selon leur fabrication, les masques de ce panel pèsent en moyenne (hors élastiques et pince-nez) entre 1,91 à 3,17 g. Il a donc été choisi d'exprimer le taux d'émission par unité de masse (en $\mu\text{g}/\text{g}/\text{h}$) et le taux d'émission par masque (en $\mu\text{g}/\text{h}$). Ces données concernent les COV totaux issus des analyses en microchambre, dont le nombre d'atomes de carbone est compris entre 5 et 20. Il apparaît nettement que les masques n'émettent pas la même quantité de COV (Cf. *Tableau 3*) ; les quantités variant dans un rapport de 4,5 entre les moins et les plus émissifs. Les masques B, les plus épais, émettent la plus grande quantité de COV.

↓ TABLEAU 3 Taux d'émission des COV totaux émis par unité de surface de masque, par unité de masse et par masque.

Émissions des masques : quelle durée ?

En raison de la très petite quantité de matière qui compose les masques et de la faible inertie



© Claude Almedovar pour l'INRS/2020

d'émission, la durée d'émission et la quantité de COV émise par les masques A ont été étudiées en utilisant le montage avec l'enceinte cylindrique. La durée entre le moment où le lot de masques est déballé et le moment où il est introduit dans l'enceinte pour enregistrer son émission a été progressivement augmentée. Ainsi, quatre configurations ont été testées : La première, au temps T, correspond à la mise en œuvre des masques dans l'enceinte dès l'ouverture du lot. La deuxième configuration équivaut à la mise en œuvre des masques dans l'enceinte, après douze heures laissés à l'air libre (T+12h). Les masques sont déballés et étendus individuellement sur une pailasse de laboratoire pendant douze heures avant leur introduction dans l'enceinte pour enregistrement des émissions.

		MASQUE A	MASQUE B - 45 JOURS	MASQUE D	MASQUE E
COV totaux C5-C20					
Taux d'émission par unité de surface	$\mu\text{g}/(\text{m}^2.\text{h})$	460	1015	243	1064
Taux d'émission par unité de masse	$\mu\text{g}/(\text{g}.\text{h})$	2,64	4,48	1,62	6,68
Taux d'émission du masque	$\mu\text{g}/\text{h}$	6,44	14,21	3,16	12,77

Cette configuration sert à simuler une sortie du masque la veille au soir pour son utilisation le lendemain matin. Les troisième et quatrième configurations correspondent au déballage des masques, respectivement 24 heures et 48 heures avant leur introduction dans l'enceinte pour mesure. Ces essais pourraient simuler une sortie du masque la veille ou l'avant-veille pour leur utilisation le lendemain ou le surlendemain, respectivement.

Chaque essai a été conduit sur un ensemble de cinquante masques issus de lots identiques, fabriqués à la même date. Ces essais ne sont pertinents que pour les masques conservés en sachet plastique, leur conférant une concentration initiale en COV équivalente.

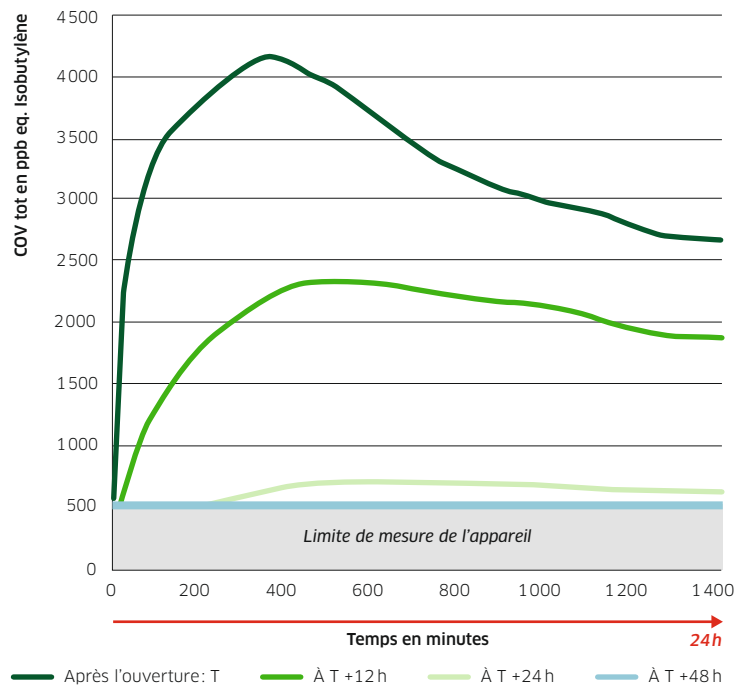
La cinétique d'émission de COV totaux des masques A est représentée sur la Figure 6. Il apparaît clairement que les masques commencent à moins émettre après 24 heures à l'air libre (les émissions diminuent de 81%). La limite de quantification de l'analyseur ne permet pas de déterminer le moment à partir duquel les masques n'émettent plus rien, mais après 48 heures sortis de leur emballage, les émissions de COV diminuent *a minima* de 85%. Bien que non toxiques, les émissions de certains de ces masques peuvent engendrer un dégagement d'odeurs. Ces odeurs peuvent être source de gêne pour les salariés. Laisser aérer les masques peut contribuer à les diminuer, ce qui permettrait de mieux accepter le port du masque pour les sujets sensibles aux odeurs.

Conclusions

L'objectif de cette étude a été de caractériser les émissions chimiques des masques chirurgicaux indépendamment de leur efficacité.

Les masques, quel que soit leur pays de fabrication, présentent la même signature chimique en termes d'émissions: près de 95% des émissions sont des hydrocarbures ayant entre neuf et seize atomes de carbone, pouvant être des oligomères du propylène. Cette caractérisation chimique est cohérente avec la matière première utilisée pour la fabrication des masques chirurgicaux. Ces composés ne sont pas classés CMR et ne présentent pas de VLEP spécifique. Compte tenu des produits et de leurs quantités émises, nous n'avons pas détecté de risques toxicologiques possibles, lors du port de masque. On ne peut pas exclure la possibilité de survenue d'effets de type irritatif dus au contact du masque avec la peau, le port du masque pouvant engendrer ce type d'effet pour plusieurs causes s'associant potentiellement entre elles (émissions, frottements, température et humidité dues à la respiration).

Les masques les plus épais et les plus lourds émettent la plus grande quantité de COV car ils contiennent une plus grande quantité de matière première à l'origine de ces émissions. Au bout de 48 heures, ces masques n'émettent plus de COV détectables par l'analyseur



ppbRAE 3000, ce qui correspond à un abattement minimum de plus de 85% des émissions initiales. Les taux d'émissions restent faibles, voire très faibles avec des composés non répertoriés comme dangereux pour la santé à ces niveaux de concentration. Il est cependant possible que les masques dégagent des odeurs gênantes pour les personnes sensibles à ce sens. La perception de ces odeurs n'est cependant pas synonyme de risque. Aérer les masques pour diminuer les émanations odorantes peut permettre une meilleure acceptation du port dans ce cas. ●

↑ FIGURE 6
Cinétiques
d'émissions
de COV totaux
pour différentes
durées après
ouverture
(masque A).

1. Norme EN 14638 – Spécification géométrique des produits (GPS). Modèle de matrice. Afnor, mars 2015. Accessible sur: www.boutique.afnor.org/
2. C'est-à-dire la quantité d'isobutyliène qui donnerait le même signal sur le PID. Avec cette méthode, on n'a pas d'informations sur la nature des COV.
3. Normes NF EN Iso 16000-25 – Air intérieur – Partie 25: dosage de l'émission de composés organiques semi-volatils des produits de construction – Méthode de la micro-chambre. Afnor, sept. 2011. NF EN Iso 16017-1 – Air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail. Échantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/désorption thermique/ chromatographie en phase gazeuse sur capillaire. Partie 1: échantillonnage par pompage. Afnor, mars 2001. NF EN Iso16000-3 – Air intérieur. Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonyles dans l'air intérieur et dans l'air des chambres d'essai. Partie 3: méthode par échantillonnage actif. Afnor, déc. 2011. Accessibles sur: <https://www.boutique.afnor.org/> (site payant).
4. Pour information, une fiche toxicologique (FT 325) portant sur ces substances sera prochainement publiée sur le site Web de l'INRS. Accessible sur: www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html.
5. VLEP: valeurs limites d'exposition professionnelle. Voir: www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil65. VGAI: valeurs guide pour la qualité de l'air intérieur. Voir: www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai.