

RAPPORT D'ÉTUDE  
N°DRC-09-104121-01494B

10/04/2009

**Données disponibles relatives aux émissions  
des produits de consommation courante dans  
l'environnement intérieur**

**INERIS**

*maîtriser le risque |  
pour un développement durable |*

# **Données disponibles relatives aux émissions des produits de consommation courante dans l'environnement intérieur**

Étude conduite pour le Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, dans le cadre du programme d'appui technique DRC-30 2008 dédié à l'évaluation des risques sanitaires liés aux expositions dans les environnements intérieurs

Étude réalisée par Vincent GRAMMONT, Direction des risques chroniques

## PRÉAMBULE

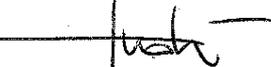
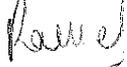
Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Étant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
<b>NOM</b>	Vincent GRAMMONT	Corinne MANDIN	Martine RAMEL
<b>Qualité</b>	Ingénieur Unité Impact sanitaire et expositions	Ingénieur Unité Impact sanitaire et expositions	Déléguée à l'appui technique, Direction des risques chroniques
<b>Visa</b>			

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>7</b>
1.1 Contexte et objectifs.....	7
1.2 Champs couverts et présentation du travail .....	7
1.3 Sources documentaires.....	8
1.4 Résumé succinct des méthodes de caractérisation des émissions.....	8
1.5 État des données françaises .....	8
<b>2. ÉMISSIONS DES PRODUITS D'ENTRETIEN .....</b>	<b>9</b>
2.1 Composition .....	9
2.2 Résultats des tests d'émission en chambre d'émission .....	11
2.2.1 Taux d'émission.....	11
2.2.2 Note relative à la réactivité avec l'ozone et aux émissions de composés secondaires associées .....	11
2.3 Résultats des tests en utilisation simulée.....	11
<b>3. DÉSORISANTS D'AMBIANCE.....</b>	<b>14</b>
3.1 Composition .....	14
3.2 Résultats des tests en chambre d'émission .....	15
3.3 Résultats des tests en utilisation simulée.....	16
3.3.1 Diffuseurs électriques .....	16
3.3.2 Vaporisateurs .....	18
3.3.3 Bougies et encens .....	18
<b>4. APPAREILS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES.....</b>	<b>19</b>
<b>5. DISCUSSION SUR LES ASPECTS SANITAIRES.....</b>	<b>23</b>
<b>6. CONCLUSION.....</b>	<b>24</b>
<b>7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>25</b>
7.1 Publications scientifiques .....	25
7.2 Études sur les substances chimiques dans les produits de consommation par l'Agence de protection de l'environnement danoise .....	27
7.3 Rapports.....	27
<b>8. ANNEXE .....</b>	<b>28</b>

## LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

**BE** : 2-butoxyéthanol (synonymes : butylglycol - EGBE - éther monobutylique de l'éthylène-glycol)

**COV** : Composés Organiques Volatils

**COSV** : Composés Organiques Semi-Volatils

**Danish EPA** : Agence de Protection de l'Environnement du Danemark

**FLEC** : *Field and Laboratory Emission Cell* (Cellule d'émission)

**GC/MS** : Chromatographie Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**PM<sub>1,1</sub>** : particules (*Particulate Matter*) en suspension dans l'air d'un diamètre inférieur à 1,1 micromètres

**TRA** : Taux de Renouvellement d'Air

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Molécules de parfum identifiées dans 36 produits de nettoyage .....	9
Tableau 2 : Molécules de parfum identifiées dans 29 produits de nettoyage (Steinemann, 2009 ; Zhu et al, 2001 ; Kwon et al, 2007) .....	10
Tableau 3 : Concentrations en 2-butoxyéthanol (BE) et taux d'émission de cinq produits de nettoyage (Zhu et al, 2001).....	11
Tableau 4 : Émissions et concentrations de COV dans l'air après des activités de nettoyage (Singer et al, 2006a).....	12
Tableau 5 : Concentrations (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de COV dans l'air après nettoyage d'un plan de travail avec un produit multi-usage dilué (Singer et al, 2006b).....	13
Tableau 6 : Formation de particules après nettoyage d'un plan de travail avec un produit multi-usage dilué (Singer et al, 2006b).....	13
Tableau 7 : Principaux constituants (parfums) analysés dans 19 produits désodorisants (Danish EPA, no.30-2003) .....	14
Tableau 8 : Principaux COV identifiés par (Steinemann, 2009 ; Kwon et al, 2007 ; Singer et al, 2006a).....	14
Tableau 9 : Caractérisation de sources de particules (Géhin et al, 2008).....	15
Tableau 10 : Emissions de COV par des bâtons et cônes d'encens (Danish EPA, no.39-2004).....	15
Tableau 11 : Taux d'émission et concentrations dans l'air de COV pendant 3 jours d'utilisation d'un diffuseur électrique (Singer et al, 2006a) .....	16
Tableau 12 : Taux d'émission et concentration dans l'air de COV pendant et après 24 heures d'utilisation d'un diffuseur électrique (Liu et al, 2004).....	16
Tableau 13 : Concentrations en COV et composés carbonylés pendant l'utilisation d'un diffuseur, sans et avec ozone (Singer et al, 2006b) .....	17
Tableau 14 : Concentration en COV et composés carbonylés pendant l'utilisation d'un diffuseur, sans et avec ozone (Liu et al, 2004) .....	17
Tableau 15 : Émissions de particules ( $20 \text{ nm} < \varnothing < 1 \mu\text{m}$ ) par un spray et deux bougies (Afshari et al, 2005) .....	18
Tableau 16 : Émissions de composés organiques volatils et semi-volatils par des appareils électriques (Danish EPA, no. 66-2005 et no.32-2003)) .....	20
Tableau 17 : Concentrations en COV dans l'air dues aux appareils électriques (Danish EPA, no.32-2003) .....	21
Tableau 18 : Concentrations en COV dans l'air dues aux appareils électriques (Danish EPA, no. 65-2003) .....	21
Tableau 19 : Émissions de composés organiques volatils et semi-volatils par des ordinateurs avec écrans (Destailats et al, 2008) .....	22
Tableau 20 : Taux d'émission spécifiques par surface ou par unité d'appareils électroniques (Kemmllein et al, 2003).....	22

## RÉSUMÉ

De nombreuses études ont montré que l'air intérieur est souvent plus pollué que l'extérieur, s'agissant des composés organiques volatils (COV), et que cette pollution a des effets sanitaires non négligeables. À ce jour, les déterminants de cette pollution des environnements intérieurs ne sont pas identifiés de façon exhaustive, tout au moins la part contributive de chacun n'est-elle pas cernée. Ainsi, pour les COV, il reste actuellement difficile d'affirmer si les émissions des matériaux et des constituants et équipements du bâtiment, très faibles mais continues, sont plus ou moins déterminantes que celles des produits de consommation introduits par les occupants, plus massives en quantité de polluants émis mais restant très ponctuelles. En outre, pour ces produits, en l'absence de protocoles normalisés de caractérisation des émissions de COV, comme il en existe pour les matériaux, les données s'avèrent éparses et hétérogènes.

Ce rapport vise à recenser les données disponibles sur les émissions de substances chimiques, COV ou particules, dans l'air intérieur par des produits de consommation courante, en particulier les produits d'entretien, les désodorisants et les équipements électroniques, pour lesquels se posent régulièrement des questionnements.

Les **produits d'entretien** et les **désodorisants** émettent essentiellement des terpènes et dérivés qui sont utilisés comme parfums. D'autres substances, comme les solvants, peuvent aussi être émises, mais ne sont pas systématiquement recherchées dans les études. Les données relatives à la composition chimique elle-même sont quasi inexistantes du fait du secret industriel. Par ailleurs, les terpènes émis peuvent réagir avec l'ozone (provenant de l'extérieur ou des émissions d'appareils électriques) et former des polluants dits secondaires : composés carbonylés et particules fines et ultrafines notamment. Enfin, quasiment aucune des études recensées n'a été réalisée pour des produits en vente sur le marché français ; il conviendrait d'approfondir la validité d'une extrapolation des résultats obtenus dans d'autres pays aux cas de produits vendus actuellement en France.

Les **équipements électroniques** sont quant à eux des sources de composés volatils ou semi-volatils : toluène, phénols, phtalates, retardateurs de flamme organophosphorés ou bromés. Pour ces produits, il n'y a pas lieu de penser que les données obtenues par des équipes de recherche dans d'autres pays ne puissent être extrapolées à la situation française, dès lors que les appareils testés sont récents. Ceci serait à vérifier.

En terme sanitaire, compte tenu du peu de données disponibles, il n'est à ce jour pas possible de déterminer les impacts sanitaires liés à ces émissions dans les environnements intérieurs. Certains des COV et aldéhydes émis sont connus pour être des irritants des voies respiratoires (limonène, formaldéhyde, par exemple). Par ailleurs, des travaux scientifiques récents mettent en avant des liens possibles entre l'exposition à certains phtalates présents dans les poussières domestiques et l'apparition de pathologies respiratoires et allergiques chez les enfants. Enfin, la toxicité des retardateurs de flamme bromés est encore mal connue ; les études sont pour la plupart anciennes et conduites chez l'animal. Elles tendent à montrer que, pour certains congénères, le foie, la thyroïde, et dans une moindre mesure le rein, sont les principaux organes cibles. De rares études épidémiologiques, menées récemment, ont montré des effets sur la santé (maux de tête, augmentation de l'incidence de l'asthme, notamment) liés à l'utilisation de nettoyants et désodorisants en spray. Ces études, encore peu nombreuses, méritent d'être poursuivies, notamment via une meilleure caractérisation des expositions de la population, ce qui passe, en amont, par une vision plus complète des émissions des produits de consommation courante en vente sur le marché français.

# 1. INTRODUCTION

## 1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les préoccupations relatives à la qualité de l'air intérieur ont été grandissantes ces dernières années. En effet, de nombreuses études ont montré que l'air intérieur est généralement plus pollué que l'air extérieur, s'agissant notamment des composés organiques volatils (COV).

Les sources de polluants dans l'air intérieur sont multiples :

- matériaux de construction et de décoration (revêtements sols, murs...) ;
- équipements (chauffe-eau, chaudières...) ;
- objets présents dans les pièces (meubles, appareils électriques...) ;
- produits utilisés couramment (détergents, désodorisants...) ;
- activités diverses (tabagisme, cuisson des aliments, feux de cheminée...) ;
- air extérieur, garage attenant et communiquant.

Les produits de consommation courante sont probablement les sources les plus variées et les moins bien connues. Depuis quelques années, des études ont permis de caractériser les émissions de ces produits. Après un premier panorama de la littérature réalisé en 2005 (Mandin et Maupetit, 2005), **le présent rapport vise à recenser de façon plus complète les études disponibles et à rapporter leurs principaux résultats.**

## 1.2 CHAMPS COUVERTS ET PRÉSENTATION DU TRAVAIL

Le champ des produits dits de consommation courante peut être très large. Le présent rapport se concentre exclusivement sur :

- les produits d'entretien : des sols et surfaces, lessives et adoucissants, produits vaisselles... ;
- les désodorisants : vaporisateurs, diffuseurs, bougies et encens... ;
- les équipements électroniques des ménages : téléviseurs, ordinateurs...

La recherche s'est limitée à ces principaux produits, dans la mesure où des questionnements les concernant (émanant des gestionnaires de risque et du grand public) sont fréquents. Il est évident que d'autres produits de consommation courante pourront être considérés en cas de poursuite de ces travaux.

Par ailleurs, les matériaux et produits de construction, ainsi que les appareils de combustion, qui relèvent de domaines nettement mieux connus, sont exclus. Enfin, dans la mesure où la sphère domestique a été privilégiée, les équipements de bureau (photocopieurs, imprimantes...) ne sont pas traités, car moins fréquents dans les foyers.

### 1.3 SOURCES DOCUMENTAIRES

De manière générale, la recherche documentaire a été réalisée :

- dans la littérature scientifique (veille scientifique du réseau RSEIN, Recherche Santé Environnement Intérieur, basée notamment sur les *Current Contents*) ;
- sur Internet : sites des agences et instituts de recherche en santé-travail et santé-environnement, des laboratoires ou organismes de référence pour la mesure des émissions de COV...

### 1.4 RÉSUMÉ SUCCINCT DES MÉTHODES DE CARACTÉRISATION DES ÉMISSIONS

De façon générale et sans prétendre à l'exhaustivité, plusieurs méthodes peuvent être employées pour caractériser les émissions de produits.

La première est l'analyse directe de la **composition chimique des produits**. Cette technique, relativement simple à mettre en œuvre, permet une identification assez complète des substances émises, mais ne mesure pas les quantités émises, critère clé lorsque l'on s'intéresse aux expositions de la population.

La deuxième méthode est la mesure des **facteurs d'émission dans des cellules ou chambres de petits volumes** (de quelques cm<sup>3</sup> à quelques m<sup>3</sup>). Ces équipements permettent de mesurer, dans des conditions contrôlées, des taux d'émission caractéristiques des produits et objets testés. Les réactions secondaires, des terpènes avec l'ozone en particulier, peuvent aussi être observées et caractérisées lors d'essais en chambre.

Enfin, les **essais d'activités simulées** ont pour but de reproduire des usages normaux de produits et de mesurer les émissions de composés volatils ou leurs concentrations dans l'air, dans des chambres expérimentales de tailles comparables à des pièces d'habitation, dans des conditions définies (température, humidité, ventilation).

Pour chaque type de produits considérés dans la présente étude, seront rapportés successivement et dans des chapitres dédiés, les résultats des études ayant mis en œuvre ces différentes méthodes.

### 1.5 ÉTAT DES DONNÉES FRANÇAISES

En France, très peu d'études ont été réalisées à ce jour. Pour le compte de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) et dans le cadre des saisines « Formaldéhyde » et « Éthers de glycol », le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) a testé les émissions de plusieurs produits d'entretien et désodorisants, dans des chambres d'essai d'émission ou dans la maison expérimentale MARIA (AFSSET, 2008a, b). Le lecteur est invité à consulter les rapports de l'AFSSET pour des résultats détaillés. D'autre part, dans le cadre d'un projet PRIMEQUAL piloté par le CSTB, les émissions de divers produits de consommation courante ont été caractérisées en chambre expérimentale ; les résultats sont partiellement rapportés ici (Géhin et al, 2008).

Compte tenu de la rareté des données françaises, ce sont les résultats d'études conduites dans d'autres pays qui sont rapportés dans le présent rapport<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Il convient donc de garder à l'esprit les limites liées à toute extrapolation au marché français.

## 2. ÉMISSIONS DES PRODUITS D'ENTRETIEN

Les produits d'entretien sont utilisés couramment dans toutes les habitations. Ceux-ci libèrent pendant, et parfois après utilisation, des composés organiques volatils parmi lesquels des terpènes, constituants principaux des parfums, des éthers de glycol et des alcools ou autres solvants.

### 2.1 COMPOSITION

L'Agence de protection de l'environnement du Danemark (Danish EPA) a analysé 36 produits de nettoyage (des surfaces (12), du linge (15), de la vaisselle (6)) à la recherche de composés de parfums par GC/MS (Danish EPA, no.8-2002). Les composés identifiés sont listés dans le Tableau 1.

Un seul des produits testés ne contient aucun des parfums recherchés. Le limonène est le composé le plus courant, présent dans plus des deux tiers des produits. Les autres composés identifiés à plus de 40 % sont le lialal® (ou 2-(4-tert-butylbenzyl)propionaldéhyde), le  $\gamma$ -méthylionone et l'hexyl cinnamaldéhyde. À noter que cette étude visait spécifiquement les constituants de parfum reconnus allergènes.

*Tableau 1 : Molécules de parfum identifiées dans 36 produits de nettoyage (Danish EPA, étude no. 8-2002)*

Substance (n° CAS)	présent dans		contenu maximal % m/m
	N produits	x% des produits	
d-Limonene (5989-27-5)	25	69 %	0,77
Lialal® (80-54-6)	22	61 %	0,05
$\gamma$ -Methylionone (127-51-5)	17	47 %	0,16
Hexyl cinnamaldehyde (101-86-0)	15	42 %	0,05
Linalool (78-70-6)	14	39 %	0,03
Coumarin (91-64-5)	12	33 %	0,03
Benzyl alcohol (100-51-6)	11	31 %	0,24
Citronellol (106-22-9)	10	28 %	0,08
Benzyl salicylate (118-58-1)	9	25 %	0,06
Geraniol (106-24-1)	8	22 %	0,15
Eugenol (97-53-0)	8	22 %	0,012
Benzyl benzoate (120-51-4)	6	17 %	0,02
Citral (5392-40-5)	6	17 %	0,050
Lylal® (31906-04-4)	3	8 %	0,011
Isoeugenol (97-54-1)	3	8 %	0,010
Cinnamyl alcohol (104-54-1)	2	6 %	0,007
Hydroxycitronellal (107-75-5)	2	6 %	0,008
Amyl cinnamal (122-40-7)	2	6 %	0,028
Amylcinnamyl alcohol (101-85-9)	2	6 %	-
Cinnamal (104-55-2)	1	3 %	0,006

- : substance détectée, mais concentration non quantifiée

Plusieurs études menées dans le même but par des équipes américaine (Steinemann, 2009), canadienne (Zhu et al, 2001) et asiatique (Kwon et al, 2007), reportent la recherche et l'analyse de COV dans les produits ménagers courants par chromatographie gazeuse avec prélèvement par espace de tête.

Sur les 29 produits nettoyants testés dans ces trois études (des surfaces (11), du linge (7), de la vaisselle (4), désinfectants (7)), 23 contiennent du limonène. Les autres composés identifiés à plus de 40 % sont l'éthanol et le  $\beta$ -pinène. Les composés identifiés sont listés dans le Tableau 2.

*Tableau 2 : Molécules de parfum identifiées dans 29 produits de nettoyage (Steinemann, 2009 ; Zhu et al, 2001 ; Kwon et al, 2007)*

Substance (n° CAS)	présent dans	
	N produits	x% des produits
d-limonène (5989-27-5)	23	79 %
Éthanol (64-17-5)	14	48 %
$\beta$ -pinène (127-91-3)	12	41 %
$\alpha$ -pinène (80-56-8)	9	31 %
2-butoxyéthanol (111-76-2)	6	21 %
$\beta$ -myrcène (123-35-3)	5	17 %
1,8-cinéole (470-82-6)	4	14 %
Chloroforme (67-66-3)	4	14 %
Décane (124-18-5)	3	10 %
Hexane (110-54-3)	3	10 %
2-hexyloxyéthanol (112-25-4)	3	10 %
Camphène (79-92-5)	3	10 %

Singer *et al.* ont également analysé cinq produits de nettoyage pour surface en vente sur le marché américain et ont identifié le limonène dans deux d'entre eux et le 2-butoxyéthanol dans quatre d'entre eux (Tableau 4) (Singer et al, 2006a).

Dans une étude plus ancienne, Sack *et al.* ont analysé 1 159 produits courants du marché américain dont 111 nettoyants ménagers (Sack et al, 1992). Les composés les plus souvent détectés étaient le m-xylène (33 %), l'acétone et le trichloroéthane. Le trichlorotrifluoroéthane, le toluène et le tétrachloroéthylène ont également été mesurés en quantité importante dans certains produits (+ de 20 %). Cette étude est la plus large recensée. Cependant, on peut penser que les produits ont largement évolués depuis 17 ans. Par conséquent, son application aux produits disponibles actuellement en France apparaît très limitée.

Il n'existe pas d'études publiées sur la composition des produits français. On peut penser, sans certitude, que les produits testés par la Danish-EPA peuvent éventuellement être représentatifs de ceux en vente sur le marché européen, donc français. En revanche, l'extrapolation à la situation française à partir des résultats des études américaines ou asiatiques apparaît plus hasardeuse. En tout état de cause, **il conviendrait d'approfondir la validité d'une extrapolation de ces données au cas de produits vendus actuellement en France.**

## 2.2 RÉSULTATS DES TESTS D'ÉMISSION EN CHAMBRE D'ÉMISSION

### 2.2.1 TAUX D'ÉMISSION

Une équipe canadienne a utilisé une cellule FLEC pour mesurer le taux d'émission de 2-butoxyéthanol (BE) de cinq produits de nettoyage (Zhu et al, 2001).

Les résultats (Tableau 3) montrent une assez bonne corrélation entre les compositions des produits et les taux d'émission de BE.

Tableau 3 : Concentrations en 2-butoxyéthanol (BE) et taux d'émission de cinq produits de nettoyage (Zhu et al, 2001)

Produit	Concentration BE (%)	Taux d'émission (mg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )
1	3,72	938
1 dilué	0,74	176
2	0,87	223
3	0,50	145
4	0,83	169
5	1,28	426

### 2.2.2 NOTE RELATIVE À LA RÉACTIVITÉ AVEC L'OZONE ET AUX ÉMISSIONS DE COMPOSÉS SECONDAIRES ASSOCIÉES

Une équipe de Berkeley a étudié la réaction des composés volatils insaturés, en particulier les terpènes, provenant de produits courants parfumés (nettoyants ou désodorisants) avec l'ozone. Les résultats de deux études réalisées avec une chambre de 198 litres montrent bien que les terpènes et dérivés réagissent avec l'ozone pour produire des composés carbonylés volatils (acétone, formaldéhyde, acides acétique et formique) et des particules fines et ultrafines (Sarwar et al, 2006 ; Destailats et al, 2006 ; Coleman et al, 2008).

## 2.3 RÉSULTATS DES TESTS EN UTILISATION SIMULÉE

Singer *et al.* ont mesuré le taux d'émission de COV (terpènes et éthers de glycol notamment) et leurs concentrations dans une chambre expérimentale de 50 m<sup>3</sup> faiblement ventilée (TRA = 0,5 h<sup>-1</sup>) suite à l'utilisation de différents produits de nettoyage (Tableau 4, Tableau 5) (Singer et al, 2006a,b). La concentration de terpènes dans l'air peut atteindre plusieurs mg/m<sup>3</sup> après l'utilisation de produits ménagers.

Ces auteurs ont également étudié l'évolution des concentrations dans le temps, sans et avec ozone (Tableau 5). Sans ozone, après 12 heures, des concentrations de plusieurs dizaines de µg/m<sup>3</sup> subsistent. En présence d'ozone, les terpènes non saturés se dégradent beaucoup plus rapidement en formant notamment des composés carbonylés (formaldéhyde, acétaldéhyde, acétone) et des particules fines et ultrafines (Tableau 6).

Tableau 4 : Émissions et concentrations de COV dans l'air après des activités de nettoyage (Singer et al, 2006a)

Produits / utilisation	Substance	Taux d'émission	Concentration dans l'air (1h)
		mg/g produit	µg/m <sup>3</sup>
<b>Spray pour surfaces</b>			
Plan de travail, non dilué	2-butoxyéthanol	2,6 - 8	270 - 330
	2-hexyloxyéthanol	1,9 - 4,8	170 - 190
<b>Multi-usage flacon</b>			
Plan de travail, non dilué	11 terpenoïdes dont	21,7-40,7	3118-3640
	. limonène	6,8-10,2	960-1100
	. terpinolène	5,5-10,3	890-1040
	. terpinéols	4,2-11,8	431-545
	p-cymène et eucalyptol	2,8-4,6	472-504
Sol, dilué	11 terpenoïdes dont	8	4339
	. limonène	1,6	1130
	. terpinolène	1,8	1270
	. terpinéols	3,3	1102
	p-cymène et eucalyptol	0,7	504
<b>Spray multi-usage (3 produits)</b>			
Plan de travail, non dilué	limonène	6,8-32	2200-2500
	2-butoxyéthanol	7-34	680-2300
Sol, dilué	limonène	2,7-3,7	2900-6200
	2-butoxyéthanol	0,7-1,3	380-1300

Tableau 5 : Concentrations (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de COV dans l'air après nettoyage d'un plan de travail avec un produit multi-usage dilué (Singer et al, 2006b)

Substances	Sans ozone				Avec ozone	
	0-30 min	30-90 min	1,5-4 h	4-12 h	0-30 min	30-90 min
<b>Total terpénoïdes :</b>	2800	1466	457	133	2881	1118
Terpènes, dont	2040	99	243	50	1933	669
. $\alpha$ -Terpinène	111	49	7	1	22	non détecté
. d-Limonène	923	456	128	27	884	367
. $\gamma$ -Terpinène	100	50	14	3	97	37
. Terpinolène	813	384	74	18	844	208
Terpinéols	860	535	242	94	1074	508
<b>Carbonylés volatils :</b>				<b>0-12 h</b>	<b>0-4 h</b>	<b>4-12 h</b>
formaldéhyde				8,9	19,6	14,7
acétaldéhyde				2,3	3,0	3,4
acétone				5,0	73,3	29,3

Tableau 6 : Formation de particules après nettoyage d'un plan de travail avec un produit multi-usage dilué (Singer et al, 2006b)

	Nombre max ( $\text{cm}^{-3}$ )	Concentration max ( $\mu\text{g}.\text{cm}^{-3}$ )	Concentration (moyenne 12 h) ( $\mu\text{g}.\text{cm}^{-3}$ )
Particules ( $\text{PM}_{1,1}$ )	<b>Sans ozone</b>		
	580	3,7	2,9
	<b>Avec ozone</b>		
	36 000	134	34

### 3. DÉSODORISANTS D'AMBIANCE

#### 3.1 COMPOSITION

Qu'ils soient sous forme liquide ou solide, de diffuseur électrique ou de vaporisateur, les désodorisants d'ambiance ont tous une composition riche en composés organiques volatils. Leurs parfums sont essentiellement composés de terpènes et dérivés, au premier rang desquels le limonène.

L'étude la plus complète a été menée par l'Agence de protection de l'environnement du Danemark qui a analysé 24 constituants de parfums dans 19 désodorisants par GC/MS (Danish EPA, no.30-2003).

Les produits testés contiennent jusqu'à 16 % des constituants recherchés (5,5 % en moyenne). Les principaux constituants analysés sont listés dans le Tableau 7. L'Agence a également recherché qualitativement les solvants. Les plus courants sont l'éthanol et l'isopropanol.

*Tableau 7 : Principaux constituants (parfums) analysés dans 19 produits désodorisants (Danish EPA, no.30-2003)*

Substance (n° CAS)	Composition moyenne (% en masse)	F réquence
Linalool (78-70-6)	1,4%	79 %
d-Limonène (5989-27-5)	0,6%	79 %
Hexyl cinnamaldehyde (101-86-0)	0,5%	68 %
Benzyl benzoate (120-51-4)	0,3%	68 %
Eugenol (97-53-0)	0,2%	63 %
Lilial® (80-54-6)	0,8%	55 %
γ-méthylionone (127-51-5)	0,6%	53 %
Benzyl alcohol (100-51-6)	0,5%	53 %
Citronellol (106-22-9)	0,5%	53 %
Benzyl salicylate (118-58-1)	0,4%	53 %
Lyal© (31906-04-4)	2,5%	47 %
Éthanol (64-17-5)	Non quantifié	21 %
Isopropanol (67-63-0)	Non quantifié	16 %

D'autres études rapportent les analyses de COV par GC/MS avec prélèvement par espace de tête (Tableau 8) (Steinemann, 2009 ; Kwon et al, 2007 ; Singer et al, 2006a).

*Tableau 8 : Principaux COV identifiés par (Steinemann, 2009 ; Kwon et al, 2007 ; Singer et al, 2006a)*

Steinemann	Kwon	Singer
<b>3 désodorisants</b>	<b>6 désodorisants</b>	<b>1 désodorisant</b>
Limonène, Éthanol, Carène, 3-hexèn-1-ol	Décane, Limonène, Éthanol, α-pinène	Benzyl acétate, Dihydromyrcénol, Linalool, Bornyl acétate

### 3.2 RÉSULTATS DES TESTS EN CHAMBRE D'ÉMISSION

Dans le cadre d'un projet financé par le programme de recherche français PRIMEQUAL, Géhin *et al.* ont caractérisé les particules émises par la vaporisation de désodorisants et par la combustion de bougies ou d'encens dans une chambre d'essai : taux d'émission et granulométrie dans la gamme de diamètres de 5 nm à 1 µm (Géhin *et al.*, 2008). Les résultats sont reportés dans le Tableau 9 (le mode correspond au diamètre médian des particules émises).

Tableau 9 : Caractérisation de sources de particules (Géhin *et al.*, 2008)

Produit	taux d'émission (x10 <sup>10</sup> part/sec)	mode (nm)
bougie blanche	0,12	170
bougie parfumée	11	6
encens 1	1	180
encens 2	1	100
spray désodorisant 1	3	10
spray désodorisant 2	4	20

L'Agence de Protection de l'Environnement danoise (Danish-EPA) a analysé les particules et COV émis par 6 bâtons ou cônes d'encens, puis modélisé les concentrations maximales associées dans l'air d'une pièce aérée de 20 m<sup>3</sup> (Tableau 10) (Danish EPA, no.39-2004).

Tableau 10 : Emissions de COV par des bâtons et cônes d'encens (Danish EPA, no.39-2004)

Substance (n° CAS)	Fréquence de détection	Émission	Concentration modélisée associée
		µg/unité	µg/m <sup>3</sup> /unité
Total COV	6/6	4250-29250	20-950
Acétaldéhyde (75-07-0)	6/6	1070-4480	46-141
Acroléine (107-02-8)	6/6	330-1390	15-60
Formaldéhyde (50-00-0)	6/6	1266-5922	49-210
Furfural (98-01-1)	6/6	43-330	2-12
Benzène (71-43-2)	6/6	266-7451	11-281
Styrène (100-42-5)	6/6	69-582	3-21
Toluène (108-88-3)	6/6	236-1252	9-47
Xylène (1330-20-7)	6/6	81-425	3-16
Benzofurane (271-89-6)	4/6	94-512	4-19
4,4'-bi-o-toluidine (119-93-7)	3/6	18-139	1-3
2-Méthoxy-4-vinylphénol (7786-61-0)	5/6	20-130	1-5
Vanilline (121-33-5)	6/6	40-448	2-24
α-Terpinéol (98-55-5)	2/6	374-1004	17-38
Dihydromyrcénol (18479-58-8)	1/6	1514	63

### 3.3 RÉSULTATS DES TESTS EN UTILISATION SIMULÉE

#### 3.3.1 DIFFUSEURS ÉLECTRIQUES

Singer *et al.* ont mesuré le taux d'émission d'un diffuseur électrique de parfum et la concentration de COV dans l'air pendant 3 jours d'utilisation normale dans une chambre expérimentale de 50 m<sup>3</sup> faiblement ventilée (TRA = 0,5 h<sup>-1</sup>) (Tableau 11).

Tableau 11 : Taux d'émission et concentrations dans l'air de COV pendant 3 jours d'utilisation d'un diffuseur électrique (Singer *et al.*, 2006a)

Substance	Taux d'émission	Concentration dans l'air
	mg/j*	µg/m <sup>3</sup> *
COV totaux identifiés, dont :	1350	1197
.dihydromyrcénol	180	160
.linalool	148	132
.bornyl acétate	460	410
.benzyl acétate	320	280

\* : moyenne sur les 3 premiers jours d'utilisation

Liu *et al.* ont mesuré les émissions de COV d'un diffuseur électrique et modélisé les concentrations associées après 24 heures dans une chambre expérimentale de 24 m<sup>3</sup> (Tableau 12) (Liu *et al.*, 2004).

Tableau 12 : Taux d'émission et concentration dans l'air de COV pendant et après 24 heures d'utilisation d'un diffuseur électrique (Liu *et al.*, 2004)

Substance	Taux d'émission µg/h (moy/24h)	Concentration dans l'air µg/m <sup>3</sup> (après 24h)
benzyl alcohol	2 441	180
isobornyl acétate	8 406	580
limonène	3 221	220
α-pinène	2 516	175
β-pinène	2 308	150

Les terpènes (et dérivés) formés réagissent avec l'ozone, venant de l'extérieur ou formé à l'intérieur par les appareils électriques notamment, pour former des composés carbonylés, le formaldéhyde en particulier, et des particules fines et ultrafines. Deux études ont été réalisées avec des diffuseurs électriques, avec et sans ozone, dans des chambres expérimentales de 24 à 50 m<sup>3</sup> (Singer *et al.*, 2006b ; Liu *et al.*, 2004).

Les résultats (Tableau 13 et Tableau 14) montrent qu'environ 50 % des COV insaturés sont consommés lorsque l'ozone est introduit.

Tableau 13 : Concentrations en COV et composés carbonylés pendant l'utilisation d'un diffuseur, sans et avec ozone (Singer et al, 2006b)

Substance	Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*		Différence (-% ou + $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	Sans O <sub>3</sub>	Avec O <sub>3</sub>	
COV réactifs	175	108	- 37 %
<i>d</i> -Limonène	15	8	- 47 %
Linalool	46	16	- 64 %
Linalyl acétate	29	11	- 63 %
$\beta$ -Citronellool	11	6	- 50 %
<i>Composés carbonylés formés</i>			
formaldéhyde	6,6	13,7	+ 7,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
acétaldéhyde	0,9	1,3	+ 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
acétone	1,7	33,6	+ 31,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>Particules (PM<sub>1,1</sub>)</i>			
	1,3	3,9	+ 2,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

\* : moyennes sur 12 heures

Tableau 14 : Concentration en COV et composés carbonylés pendant l'utilisation d'un diffuseur, sans et avec ozone (Liu et al, 2004)

Substance	Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*		Différence (-%)
	Sans O <sub>3</sub>	Avec O <sub>3</sub>	
<i>COV réactifs</i>			
Total terpènes	690	260	-62%
limonène	220	40	-80%
$\alpha$ -pinène	175	70	-60%
$\beta$ -pinène	150	100	-33%
<i>Composés carbonylés formés</i>			
Formaldéhyde	-	28	
Total aldéhydes	-	50	
<i>Particules</i>	-	47	

\* : moyennes approximatives sur 24 heures pour les COV et les particules, maximales mesurées pour les composés carbonylés

### 3.3.2 VAPORISATEURS

Les désodorisants en spray sont une source de particules fines et ultrafines. Selon Afshari *et al.*, la vaporisation de 20 g de désodorisant aux huiles essentielles « 100 % naturel » génère une concentration maximale de 30 000 particules (diamètre de 20 nm à 1 µm) par cm<sup>3</sup> dans une pièce de 32 m<sup>3</sup> (Tableau 15) (Afshari et al, 2005).

### 3.3.3 BOUGIES ET ENCENS

Afshari *et al.* ont caractérisé le taux d'émission de particules ultrafines de diamètre compris entre 20 nm et 1 µm, par la combustion de deux bougies, ainsi que la concentration induite de particules dans l'air dans une chambre expérimentale de 32 m<sup>3</sup> (Tableau 15) (Afshari et al, 2005).

*Tableau 15 : Émissions de particules (20 nm < Ø < 1 µm) par un spray et deux bougies (Afshari et al, 2005)*

Produit	Concentration maximale en particules (particules/cm <sup>3</sup> )	Taux d'émission (particules/min x10 <sup>11</sup> )
spray huiles essentielles	29 900	2,34
bougies parfumées	69 600	0,88
bougies cire pure	241 500	3,65

Les bâtons d'encens émettent aussi des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), pour certains adsorbés sur des particules et des COV. Lung et Hu ont mesuré les émissions de HAP par deux bâtons d'encens (Lung et Hu, 2003). Ces bâtons émettent environ 30 µg de HAP chacun, soit environ 0,5 µg par minute. Ce sont pour les trois quarts des hydrocarbures tricycliques (surtout phénanthrène et acénaphène) ; environ 15 % des HAP émis sont classés cancérigènes (soit environ 5 µg par bâton).

#### **4. APPAREILS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES**

Les appareils électriques ou électroniques, tels que les téléviseurs, les ordinateurs et les appareils audio-vidéo, émettent également des composés organiques volatils ou semi-volatils et des particules. Seuls des tests d'émission en chambre d'essai sont disponibles.

L'Agence de protection de l'environnement du Danemark a publié deux études en 2003 et 2005, contenant une synthèse bibliographique et des résultats d'essai (Danish EPA, no. 66-2005 et no.32-2003). Quelques résultats de la synthèse bibliographique sont reportés dans le Tableau 16, et les résultats d'essai pour certaines substances (les plus émises ou dangereuses) sont reportés dans le Tableau 17 et le Tableau 18.

Pour les téléviseurs, les taux d'émission les plus forts sont mesurés pour le phénol et le toluène. Des émissions de benzène et dibutylphtalate sont également mesurées. On constate que les émissions de COV décroissent plus ou moins rapidement avec le temps (5-20 % de l'émission initiale après 4 mois pour la plupart des composés). Les téléviseurs émettent aussi des retardateurs de flammes phosphorés, semi-volatils, notamment le tributyl phosphate (TBP), le tri(2-chloroéthyl)-phosphate (TCE) et le tri(chloropropyl)-phosphate (TCPP). Ces émissions sont beaucoup plus lentes et se poursuivent de ce fait plus longtemps (plusieurs mois ou années).

Comme les téléviseurs, les moniteurs d'ordinateurs et les magnétoscopes émettent du toluène et d'autres COV, dont les taux d'émission décroissent avec le temps. Les principaux retardateurs de flamme phosphorés émis sont le triphényl phosphate (TPP), le tri(2-chloroéthyl)-phosphate (TCEP) et le tri(chloropropyl)-phosphate (TCPP).

Les tours d'ordinateurs émettent aussi des COV, principalement du toluène.

Les émissions de petits appareils électriques (téléphones, rasoirs, baladeurs CD, consoles portables) ont également été mesurées. Ceux-ci émettent 10 à 100 fois moins de COV que les téléviseurs. Les mesures réalisées par l'agence danoise sur les transformateurs et les chargeurs de batterie montrent que ce sont aussi de forts émetteurs de COV.

Tableau 16 : Émissions de composés organiques volatils et semi-volatils par des appareils électriques (Danish EPA, no. 66-2005 et no.32-2003))

Produit	Ref.**	COV émissions en µg/h	COSV* concentration en ng/m <sup>3</sup> en chambre d'essai à condensation
Téléviseurs neufs	1,3	Total : 189-2036 benzène : 0,3-7,1 toluène : 1-203 phénol : 12-236 formaldéhyde : <0,5-9,9 dibutylphtalate : 0,1-11,1	TBP: 31 TCEP: 102 TCPP: 1,7 (après 500h d'utilisation)
Téléviseurs après 4 mois	1,3	Total : <25-157 benzène : <0,1-1,2 toluène : 0,2-6,4 phénol : 1,6-35 formaldéhyde : <0,5-6,6 dibutylphtalate : 0,1-4,4	
Moniteurs	3,4	Neufs : TVOC : 526-2534 toluène : 64-1045 anciens : TVOC : 36-301 toluène : 11-35	TPP: 54-254 TCEP: 11-121 TCPP: <10-45 (après 12-14 j d'utilisation)
Téléphones fixes	7	TVOC : 34 toluène : 4,7	
Téléphones portables	7	TVOC : 5,9 diethylphtalate : 1,6	
baladeurs CD	7	TVOC : 61 trimethylbenzène : 5,5	
Magnétoscopes neufs	1	Total : 116-391 benzène : <0,1-1,2 toluène : 2,5-67 phénol : 18-65 formaldéhyde : 8-40 dibutylphtalate : <0,1-1,7	
Magnétoscopes après 4 mois	1	Total : 32-119 benzène : <0,1-1,0 toluène : 0,4-5,3 phénol : 2,8-36 formaldéhyde : 2,4-19 dibutylphtalate : 0,2-0,9	

\* TBP = tributyl phosphate, TCE = tri(2-chloroéthyl)-phosphate, TPP = triphényl phosphate, TCEP = tri(2-chloroéthyl)-phosphate et TCPP = tri(chloropropyl)-phosphate.

\*\* Ref. 1 Wensing, M., Determination of Organic Chemical Emissions from Electronic Devices, Raw G., Aizlewood C. and Warren O. (eds) Proceedings of the 8th International Conference on Indoor Air and Climate, Edinburgh, UK, Vol.5, pp. 87-92, 1999

Ref. 3 Salthammer, T., Uhde, E., Wensing, M., Bestimmung von SVOC in Prüfkammern - Flammschutzmittel und Weichmacher KRdL im VDI und DIN (2002): Neuere Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität, VDI-Berichte Nr. 1656, VDI-Verlag, Düsseldorf

Ref. 4 Wensing, M., Kummer, T., Riemann, A., Schwampe, W., Emissions from Electronic Devices: Examinations of Computer Monitors and Laser Printers in a 1 m3 Emission Test Chamber, Accepted for Publication Indoor Conference 2002

Ref. 7 Braungart, M., Bujanowski, A., Schäding, J., Sinn, C., Poor design gaseous emissions from Complex Products. Hamburger Umweltinstitut e.V., Project Report, Hamburg (1997)

Tableau 17 : Concentrations en COV dans l'air dues aux appareils électriques  
(Danish EPA, no.32-2003)

Substance	Émissions (µg/unité/h) après 9 jours			
	TV	Moniteur	Console de jeux	Transformateurs
Phénol	26	55	4	37
Toluène	19	140	2	129
Triméthylbenzène	-	107	-	115
Somme C11-C18	-	-	21	200
Benzène	5	6.5	-	-
Formaldéhyde	2	24	4	38

Tableau 18 : Concentrations en COV dans l'air dues aux appareils électriques  
(Danish EPA, no. 65-2003)

Substance	Émissions (µg/unité/h) après 9 jours						
	Sèche-cheveux	Fer à repasser	Lampe déco	Téléphone mobile	PC	TV	Batterie en charge
Xylène	15	-	41	-	-	<2	46
Siloxanes	-	25	-	<1	40	-	-
Phénol	-	1,5	-	-	140	<2	-
Toluène	-	0.64	8.6	<1		-	9,4
Ethylbenzène	11	-	28	-	51	-	34
Hydrocarbones*	120	16	120	-	260	9,4	<1
Formaldéhyde	5,8	<0,1	43	-	32	<1	-
2-(2-éthoxyéthoxy)éthanol	-	-	-	-	-	40	-
Butanol	14	0,9	88	-	88	-	-

\* : différentes coupes entre C6 et C18

Destailats *et al.* ont publié une revue des données d'émission des équipements de bureau (Destailats et al, 2008). Les données d'émission de COV par des ordinateurs pendant leur fonctionnement sont reprises dans le Tableau 19. Ces résultats permettent d'observer que :

- les écrans plats (TFT) émettent moins que les écrans cathodiques (CRT) ;
- les ordinateurs portables émettent moins que les ordinateurs de bureau et ils émettent des substances différentes.

Tableau 19 : Émissions de composés organiques volatils et semi-volatils par des ordinateurs avec écrans (Destailats et al, 2008)

Substance	PC-CRT	PC-TFT	Portable
	Taux d'émission (µg/h)		
COV Totaux	180	113	
toluène	47		0,15
C6-C10 aromatiques	46-103	32	
formaldéhyde	5,2-12,8	9,7	
acétaldéhyde	3,6	1,5	
hexaldéhyde	4,6	2,7	
méthylcarbonate			1,3
2-butoxyéthanol			2,14
2-éthyl-1-hexanol	19,6		0,52

Références :

Z. Bakó-Biró, P. Wargocki, C.J. Weschler and P.O. Fanger. Effects of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices, *Indoor Air* **14** (3) (2004), pp. 178–187

Nakagawa, T., Wargocki, P., Tanabe, S. et al. 2003. Chemical emission rates from personal computers. In: Proceedings of the International Conference on Energy-efficient Healthy Buildings 2003, Singapore

Hoshino, K., Ogawa, S., Kato, S. et al. 2003. Measurement of SVOCs emitted from building materials and electric appliances using thermal desorption test chamber method. In: Proceedings of the International Conference on Energy-efficient Healthy Buildings 2003, Singapore

Kemmlin *et al.* ont caractérisé les émissions de retardateurs de flamme, bromés ou organophosphorés, de deux ordinateurs complets (avec écran, souris, clavier), de boîtiers d'ordinateur et de PC et d'un circuit imprimé avec boîtier (Kemmlin et al, 2003). Ils ont utilisé des chambres de 1 m<sup>3</sup> ou 0,02 m<sup>3</sup>. Les principaux résultats obtenus sont reportés dans le Tableau 20. Les auteurs notent que pour les émissions des PC, mesurées en chambre de 1 m<sup>3</sup>, les valeurs sont sous-estimées à cause des phénomènes d'absorption sur les surfaces.

Tableau 20 : Taux d'émission spécifiques par surface ou par unité d'appareils électroniques (Kemmlin et al, 2003)

Substance	PC A	PC B	Boîtier TV	Boîtier PC	Circuit imprimé + boîtier (à 60°C)
TBBPA	-	-	-	0,4 ng/m <sup>2</sup> /h	
HB	< LOQ	< LOQ	-	-	-
PBDE, dont tetraBDE octa BDE	< LOQ	< LOQ	17,8 ng/m <sup>2</sup> /h 7,1 ng/m <sup>2</sup> /h 1,5 ng/m <sup>2</sup> /h	-	21,2 ng/unité/h 14,6 ng/unité/h -
RDP	13 ng/unité/h	2 ng/unité/h	-	-	18 ng/unité/h
BDP	20 ng/unité/h	44 ng/unité/h	-	-	182 ng/unité/h
TPP	85 ng/unité/h	25 ng/unité/h	-	-	496 ng/unité/h

TBBPA : tetrabromobisphenol A, HB : hexabromobenzene, PBDE : polybrominated diphenyl ether , RDP : resorcinol-bis-biphenylphosphate, BDP : bisphenolA-bis-biphenylphosphate, TPP : triphenylphosphate

## **5. DISCUSSION SUR LES ASPECTS SANITAIRES**

En terme sanitaire, compte tenu du peu de données disponibles, il n'est à ce jour pas possible de déterminer les impacts sanitaires liés à ces émissions dans les environnements intérieurs.

Certains des composés organiques émis sont connus pour être des irritants des muqueuses et des voies respiratoires, comme le formaldéhyde (AFSSET, 2008a). L'oxydation du limonène forme des radicaux libres irritants (Wolkoff, 1999, 2000). La littérature scientifique est plutôt riche en publications relatives au caractère irritant des terpènes par inhalation. Par ailleurs, des travaux récents mettent en avant des liens possibles entre l'exposition à certains phtalates présents dans les poussières domestiques et l'apparition de pathologies respiratoires et allergiques chez les enfants (Bornehag et al, 2004 ; Kolarik et al, 2008). Enfin, la toxicité des retardateurs de flamme bromés est encore mal connue ; les études sont pour la plupart anciennes et conduites chez l'animal. Elles tendent à montrer que, pour certains congénères, le foie, la thyroïde, et dans une moindre mesure le rein, sont les principaux organes cibles (Thouzeau, 2006). Pour certains polybromodiphényl-éthers, des travaux récents confirment les effets potentiels de perturbation endocrine (sur la thyroïde) observés chez les mammifères (Suzuki et al, 2008).

De rares études épidémiologiques, menées ces dernières années, ont montré des effets sur la santé (maux de tête, augmentation de l'incidence de l'asthme, sifflement chez l'enfant, notamment) liés à l'utilisation domestique de nettoyeurs et désodorisants en spray (Farrow et al, 2003 ; Sherriff et al, 2005 ; Zock et al, 2008). La caractérisation des expositions reste relativement qualitative, car basée sur des questionnaires.

Au bilan, les études, encore trop peu nombreuses, méritent d'être poursuivies, notamment via une meilleure caractérisation des expositions de la population, ce qui passe, en amont, par une vision plus complète des émissions des produits de consommation courante en vente sur le marché français.

## **6. CONCLUSION**

Les études récentes documentant les émissions des produits d'entretien, des désodorisants et des appareils électriques et électroniques dans l'environnement intérieur ont été compilées.

Le programme de l'Agence de protection de l'environnement du Danemark est à ce jour le plus vaste et, de ce fait, le plus intéressant. Les compositions et émissions d'un grand nombre de produits et d'équipements différents ont été caractérisées dans près de 90 études. Récemment, l'Agence les a exploités dans leur ensemble afin d'identifier les COV prioritaires et d'en estimer les concentrations dans l'air des pièces (chambres, séjour) contenant des appareils électriques et autres produits courants étudiés. L'évaluation des risques pour la santé des habitants réalisée met en avant certains COV aux concentrations intérieures préoccupantes, notamment le benzène et les xylènes.

De façon générale, on retiendra les principaux points suivants :

- **il existe peu de travaux français dans le domaine, et globalement peu de données dans les autres pays**, en regard des informations relatives aux émissions des matériaux de construction notamment. Ceci s'explique en partie par l'absence de protocoles de caractérisation des émissions, elle-même potentiellement liée à la difficulté d'élaborer ces derniers eu égard à la diversité des produits et des usages qui en sont faits ;
- **du fait de l'absence de protocoles formalisés, les données disponibles s'avèrent relativement hétérogènes et de facto peu comparables** ;
- **les quelques données disponibles montrent la diversité des substances émises, parmi lesquelles on compte fréquemment des terpènes**. Bien que ces données ne puissent être *stricto sensu* extrapolées au marché français, tant qualitativement que quantitativement, elles permettent de disposer d'un panorama des substances potentiellement émises et des gammes de facteurs d'émission attendues. Pour les appareils électriques et électroniques, il n'y a pas lieu de penser que les données obtenues dans d'autres pays ne puissent être extrapolées, dès lors que les appareils testés sont récents ;
- **la réactivité chimique est un phénomène courant qui ne doit pas être négligé**, dans la mesure où des composés secondaires pouvant avoir des effets sur la santé, tels que le formaldéhyde ou les particules ultrafines, peuvent être émis. Cependant, les réactions entre ozone et terpènes demeurent quasiment les seules à être documentées ; il conviendrait donc de s'intéresser à d'autres réactions possibles. La part attribuable à la réactivité chimique dans les concentrations usuellement rencontrées dans les bâtiments reste également à mieux appréhender ;
- **la contribution des émissions des produits de consommation courante aux expositions humaines et les potentiels effets sanitaires induits restent insuffisamment étudiés**.

Il apparaît donc nécessaire, à ce jour, de développer des protocoles harmonisés de caractérisation des COV par les produits de grande consommation et de mieux appréhender les expositions humaines et effets sanitaires qui en découlent.

## 7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### 7.1 PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

**Afshari A., Matson U., Ekberg L.E. (2005)** Characterization of indoor sources of fine and ultrafine particles: a study conducted in a full-scale chamber. *Indoor Air*. 2005, Vol. 15, Issue 2, pp. 141-150.

**Bornehag C.G., Sundell J., Weschler C.J. et al. (2004)** The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case-control study. *Environmental Health Perspectives*, 112(14): 1393-1397.

**Coleman B. K., Lunden M. M., Destailats H., Nazaroff W. W. (2008)** Secondary organic aerosol from ozone-initiated reactions with terpene-rich household products. *Atmospheric Environment*, Vol. 42, Issue 35, pp. 8234-8245.

**Destailats H., Lunden M.M., Singer B.C., Coleman B.K., Hodgson A.T., Weschler C.J., Nazaroff W.W. (2006)** Indoor Secondary Pollutants from Household Product Emissions in the Presence of Ozone: A Bench-Scale Chamber Study. *Environ. Sci. Technol.* 2006, Vol. 40 (14), pp. 4421-4428.

**Destailats H., Maddalena R.L., Singer B.C., Hodgson A.T., McKone T.E. (2008)** Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs. *Atmospheric Environment*. 2008, Vol. 42, Issue 7, pp. 1371-1388.

**Farrow A., Taylor H., Northstone K. et al. (2003)** Symptoms of mothers and infants related to volatile organic compounds in household products, *Archives of Environmental Health*, 58: 633-641.

**Géhin E., Ramalho O., Kirchner S. (2008)** Size distribution and emission rate measurement of fine and ultrafine particle from indoor human activities. *Atmospheric Environment*. 2008, Vol. 42, Issue 35, pp. 8341-8352.

**Kemmlin S., Hahn O. and Jann O. (2003)** Emissions of organophosphate and brominated flame retardants from selected consumer products and building materials. *Atmospheric Environment*. 2003, Vol. 37, Issues 39-40, pp. 5485-5493.

**Kolarik B., Naydenov K., Larsson M. et al. (2008)** The association between phthalates in dust and allergic diseases among Bulgarian children. *Environmental Health Perspectives*, 116(1): 98-103.

**Kwon K-D., Jo W-K., Lim H-J., Jeong W-S. (2007)** Characterization of emissions composition for selected household products available in Korea. *Journal of Hazardous Materials*. 2007, Vol. 148, pp. 192-198.

**Liu X., Mason M., Krebs K., Sparks L. (2004)** Full-Scale Chamber Investigation and Simulation of Air Freshener Emissions in the Presence of Ozone. *Environ. Sci. Technol.* 2004, Vol. 38 (10), pp. 2802-2812.

**Lung, SCC et Hu, SC. (2003)** Generation rates and emission factors of particulate matter and particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons of incense sticks. *Chemosphere*. 2003, pp. 673-679.

- Mandin C. et Maupetit F. (2005)** Émissions dans l'environnement intérieur par les produits de consommation et les matériaux. *Pollution Atmosphérique* N°186, 2005
- Nazaroff W.W., Weschler C.J. (2004)** Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutant. *Atmospheric Environment*. 2004, Vol. 38, 18, pp. 2841-2865.
- Sack T.M., Steele D.H., Hammerstrom K., Remmers J. (1992)** A survey of household products for volatile organic compounds. *Atmospheric Environment*. Part A. 1992, Vol. 26, Issue 6, pp. 1063-1070.
- Sarwar G. et al. (2004)** Indoor fine particles: The role of terpene emissions from consumer products, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 54(3): 367-377
- Sherriff A., Farrow A., Golding J. et al. (2005)** Frequent use of chemical household products is associated with persistent wheezing in pre-school age children. *Thorax*, 60: 45-49.
- Singer B.C., Destailats H., Hodgson A.T., Nazaroff W.W. (2006a)** Cleaning products and air fresheners: emissions and resulting concentrations of glycol ethers and terpenoids. *Indoor Air*. 2006a, Vol. 16, Issue 3, pp. 179-191.
- Singer B.C., Coleman B.K., Destailats H., Hodgson A.T., Lunden M.M., Weschler C.J., Nazaroff W.W. (2006b)** Indoor secondary pollutants from cleaning product and air freshener use in the presence of ozone. *Atmospheric Environment*. 2006b, Vol. 40, Issue 35, pp. 6696-6710.
- Steinemann, A.C. 2009.** Fragranced consumer products and undisclosed ingredients. *Environmental Impact Assessment Review*. 2009, Vol. 29, pp. 32-38.
- Suzuki G., Takigami H., Watanabe M. et al. (2008)** Identification of brominated and chlorinated phenols as potential thyroid-disrupting compounds in indoor dusts. *Environmental Science & Technology*, 42(5): 1794-1800.
- Wolkoff P. (1999)** Formation of strong airway irritants in a model mixture of (+)-alpha-pinene/ozone, *Atmospheric Environment*, 33: 693-698
- Wolkoff P. (2000)** Formation of strong airway irritants in terpene/ozone mixtures, *Indoor Air*, 10: 82-91
- Zhu J., Cao X-L., Beauchamp R. (2001)** Determination of 2-butoxyethanol emissions from selected consumer products and its application in assessment of inhalation exposure associated with cleaning tasks. *Environment International*. 2001, Vol. 26, pp. 589-597.
- Zock J.P., Plana E., Jarvis D. et al. (2007)** The use of household cleaning sprays and adult asthma - An international longitudinal study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 176(8):735-741.

## 7.2 ÉTUDES SUR LES SUBSTANCES CHIMIQUES DANS LES PRODUITS DE CONSOMMATION PAR L'AGENCE DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT DANOISE

En ligne sous : [www.mst.dk/English/Chemicals/Consumer\\_Products/Surveys-on-chemicals-in-consumer-products.htm](http://www.mst.dk/English/Chemicals/Consumer_Products/Surveys-on-chemicals-in-consumer-products.htm)

À ce jour, 93 études ont été publiées, sur des produits variées. La liste complètes est données en Annexe 1. Les études citées dans ce rapport sont :

**Danish EPA. no.8-2002.** *Contents of selected fragrance materials in cleaning products and other consumer products.* S. C. Rastogi. no.8-2002.

**Danish EPA. no.30-2003.** *Mapping of chemical substances in air fresheners and other fragrances liberating products.* J. Pors, R. Fuhlendorff. no.30-2003.

**Danish EPA. no.32-2003.** *Emission and evaluation of chemical substances from selected electrical and electronic products.* B. Malmgen-Hansen, S. Olesen, K. Pommer, L. Winther Funch, E. Pedersen, O. Willum, S. Olsen. no.32-2003.

**Danish EPA. no.39-2004.** *Survey and emission of chemical substances from incense.* T. Eggert, O. C. Hansen. no.39-2004.

**Danish EPA. no. 66-2005.** *Emission and evaluation of chemical substances from selected electrical and electronic products – part 2.* P. B. Mortensen. no. 66-2005.

**Danish EPA. no.75-2006.** *Total health assessment of chemicals in indoor climate from various consumer products.* A. A. Jensen, H. N. Knudsen. no.75-2006.

## 7.3 RAPPORTS

**AFSSET (2008a)** Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs, Évaluation des risques sanitaires pour la population générale, Avis de l'AFSSET et rapport d'expertise collective ; Mai 2008 – 103 pages. <http://www.afsset.fr>

**AFSSET (2008b)** Les éthers de glycol : synthèse des connaissances sur les expositions de la population générale et professionnelle en France ; Septembre 2008 – 146 pages. <http://www.afsset.fr>

**Thouzeau A. (2006)** Estimation des expositions multisources à une substance : les retardateurs de flamme bromés, rapport INERIS réf. DRC-ERSA-67654-05

## 8. ANNEXE

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>	<b>Nb pages</b>
Annexe 1	Liste des études sur les substances chimiques dans les produits de consommation publiées par l'EPA danoise	5

**Données disponibles relatives aux émissions des  
produits de consommation courante dans  
l'environnement intérieur**

**ANNEXE 1**

**Liste des études sur les substances  
chimiques dans les produits de  
consommation publiées par l'EPA danoise**

## **ANNEXE 1 : LISTE DES ÉTUDES SUR LES SUBSTANCES CHIMIQUES DANS LES PRODUITS DE CONSOMMATION PUBLIÉES PAR L'ÉPA DANOISE**

Disponibles sous : [www.mst.dk/English/Chemicals/Consumer\\_Products/Surveys-on-chemicals-in-consumer-products.htm](http://www.mst.dk/English/Chemicals/Consumer_Products/Surveys-on-chemicals-in-consumer-products.htm)

**Survey no. 93**

Survey and health assessment of chemical substances in hobby products for children

**Survey no. 92 :**

Survey and health assessment of chemical substances in essential oils and fragrance oils

**Survey no. 91:**

Survey of chemical substances in headphones and hearing protection aids

**Survey no. 90**

Survey, emission and health assessment of chemical substances in baby products

**Survey no. 89**

Analysis of chemical substances in balloons

**Survey no. 88**

A survey and health assessment of cosmetic products for children

**Survey no. 87**

Not available in english

**Survey no. 86**

Survey and risk assessment of chemical substances in deodorants

**Survey no. 85**

A mapping of products and material used within live role-play

**Survey nr. 84**

Survey as well as health assessment of chemical substances in school bags, toy bags, pencil cases and erasers

**Survey no. 83**

Registration of chemical substances in cleaning agents used for cleaning after fire or smoke damage in private homes

**Survey nr. 82**

Survey and health assessment of selected respiratory sensitizers in consumer products

**Survey no.81**

Survey of nanotechnological consumer products

**Survey no.80**

Mapping of decabromodiphenylether (decaBDE) in other products than electrical and electronic products

**Survey no. 79**

Survey and health risk assessment of products for treatment of sports injuries and pains

**Survey no. 78**

Survey and health assessment of chemical substances in massage oils

**Survey no. 77**

Survey and health assessment of chemicals substances in sex toys

**Survey no. 76**

Survey and health assesment of chemicals substances in pleasure gel

**Survey no. 75**

Total health assessment of chemicals in indoor climate from various consumer products

**Survey no. 74**

Evaluation of the health risk to animals playing with phthalate containing toys

**Survey no.73**

Not available in english

**Survey no. 72**

Assessment of DHA in self-tanning creams applied in spray booths

**Survey no. 70**

Survey, migration and health evaluation of chemical substances in toys and childcare products produced from foam plastic

**Survey no. 69**

Survey of liquid hand soaps, including health and environmental assessments

**Survey no. 68**

Mapping of perfume in toys and children's articles

**Survey no. 67**

Survey and release of chemical substances in "slimy" toys

**Survey no.66**

Emission and evaluation of chemical substances from selected electrical and electronic products - part 2

**Survey no. 65**

Chemical substances in kohl and henna products

**Survey no. 61**

Colorants in transferable picture tattoos for the skin

**Survey no. 60**

Migration and health assessment of chemical substances in surface treated wooden toys

**Survey no. 59**

Survey and assessmens of chemical substances in glass and porcelain colours

**Survey no. 58**

Survey of chemical substances in textile colorants

**Survey no. 57**

Screening for health effects from chemical substances in textile colorants

**Survey no. 56**

Chemical substances in toys for animals

**Survey no. 55**

Lip care products with fragrance and flavour

**Survey no. 54**

PAH's and aromatic amines from tyres

**Survey no. 53**

Chemical substances in dandruff shampoo

**Survey no. 52**

Chemical substances in shoe care products (pdf)

**Survey no. 51**

Releasing of substances from products made of chloroprene

**Survey no. 50**

Chemical substances in selected impregnating agents

**Survey no. 49**

Emission of chemical compounds from products made of exotic wood (pdf)

**Survey no. 48**

Survey and assessment of chemical substances in window colours (pdf)

**Survey no. 47**

Mapping the occurrence of potential or suspected PBT/vPvB substances in consumer products

**Survey no. 46**

Chemical substances from tents and tunnels for children (pdf)

**Survey no. 45**

Chemical substances in spray paint

**Survey no. 44**

Chemical substances in animal care products (pdf)

**Survey no. 43**

Mapping of stain removers (pdf)

**Survey no. 42**

Chemical substances in toothbrushes (pdf)

**Survey no. 41**

Chemical substances in auto polish and wax (pdf)

**Survey no. 40**

Fluorescent substances in consumer products (pdf)

**Survey no. 39**

Emission of chemical substances from incense (pdf)

**Survey no. 38**

Survey and liberation of chemical substances in joint sealants (pdf)

**Survey no. 37**

Mapping and exposure of chemical substances in Christmas decorations (pdf)

**Survey no. 36**

Survey, emission and evaluation of volatile organic chemicals in printed matter (pdf)

**Survey no. 35**

The consumption of PVC and phthalates in Denmark in the years 2000 and 2001 (pdf)

**Survey no. 34**

Survey of Chemical Substances in Paper Handkerchiefs and Toilet Paper (pdf)

**Survey no. 33**

Report of natural toys made of plant fibres, woollen fibres and solid wood (pdf)

**Survey no. 32**

Emission and evaluation of chemical substances from selected electrical and electronic products (pdf)

**Survey no. 31**

Analysis of chemical hair-removal products (pdf)

**Survey no. 30**

Mapping of chemical substances in air fresheners and other fragrance liberating products (pdf)

**Survey no. 29**

Survey and assessment of chemical substances in hobby adhesives (pdf)

**Survey no. 28**

Mapping of chemical substances in earplugs Phase 2: Analysis of substances (pdf)

**Survey no. 27**

Surveying of chemical substances in earplugs Phase 1: Collection of earplugs (pdf)

**Survey no. 26**

Mapping and liberation of organic tin compounds in mattress pads, top mattresses, and baby/junior duvets (pdf)

**Survey no. 25**

Survey of the content of certain chemical substances in mattress pads (pdf)

**Survey no. 24**

Antibacterial compounds in clothing articles (pdf)

**Survey no. 23**

Survey of chemical compounds in textile fabrics (pdf)

**Survey no. 22**

Liberation of MBT in natural rubber (pdf)

**Survey no. 21**

Mapping of chemicals in dry-cleaned textiles from Rynex and hydrocarbon dry-cleaning shops (pdf)

**Survey no. 20**

Ornamental products with decorative liquids (pdf)

**Survey no. 19**

Mapping and exposure of chemical substances in Christmas sprays (pdf)

**Survey no. 18**

Survey of chemical substances in hairstyling products

**Survey no. 17**

Analysis of perfluorooctanesulfonate compounds in impregnating agents, wax and floor polish products (pdf)

**Survey no. 16**

Cleaning materials and polishes for metal (pdf)

**Survey nr. 14**

Mapping of Chemical Substances Discharge when heating Clay (pdf)

**Survey nr. 13**

Mapping of Chemical Substances from Sanitary Towels (pdf)

**Survey no. 12**

Mapping of Chemical Substances from Tampons (pdf)

**Survey no. 11**

Selected Plant Substances in "Natural" Cosmetics (pdf.)

**Survey no. 10**

An investigation of chemical substances in "do it yourself" cosmetics (pdf-version)

**Survey no. 9**

Validity of a GC and GC–MS method for the quantification of potential contact allergens in cosmetics containing plant extracts and/or essential oils (pdf.)

**Survey no. 8**

Contents of selected fragrance materials in cleaning products and other consumer products (pdf)

**Survey no. 7**

Mapping of compound discharge when ironing beads

**Survey no. 6**

Chemical ingredients in candles sold in Danish retail shops, March 2002

**Survey no. 5**

Mapping of chemicals in shrovetide and stage make-ups

**Survey no. 3**

Investigation of the Content of Cr(VI) og Cr(III) in Leather Products on the Danish Market, January 2002 (pdf)

Press release 31/01/02: Allergy-provoking substances in leather goods

**Survey no. 2**

Investigation of pigments in tattoo colours, January 2002 (pdf)

**Survey no. 1**

Phthalates and organic tincompounds in PVC products, August 2001 (pdf.)