

COMPOSES VOLATILS ET PARTICULAIRES EMIS PAR DES DESODORISANTS NON COMBUSTIBLES

PRESSENS : Définition d'un
protocole d'essai,
évaluation des émissions et
analyse des risques sanitaires

SYNTHESE



EXPERTISES

Oct.
2021

REMERCIEMENTS

Mélanie NICOLAS, CSTB, coordination, comité de pilotage & rédaction
François MAUPETIT, CSTB, relecture
Priscilla THIRY, CSTB, validation des données & rédaction
Anaïs MADAULE, Coline DUMOLARD, Alice DELAGOUTTE, Anaëlle GABET, Anaëlle MOLLARET-PONCHON, CSTB, contributions techniques

Etienne QUIVET, LCE, comité de pilotage & rédaction
Laetitia GACEM, Brice TEMIME-ROUSSEL, contributions techniques

Guillaume KARR, Ineris, comité de pilotage & rédaction
Nathalie VELLY, Ineris, relecture
Marine RAMEL, Ineris, relecture

Isabelle AUGEVEN-BOUR, ADEME, comité de suivi & relecture
Souad BOUALLALA-SELMi, ADEME, comité de suivi & relecture
Nadine DUESO, ADEME, relecture

CITATION DE CE RAPPORT

Mélanie NICOLAS, Guillaume KARR, Etienne QUIVET. 2021. Composés volatils et particuliers émis par les désodorisants non combustibles – PRESSENS : définition d'un protocole d'essai, évaluation des émissions et analyse des risques sanitaires. Synthèse. 26 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1762C0002

Étude réalisée par le CSTB, le LCE et l'Ineris pour ce projet cofinancé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : Mélanie NICOLAS (CSTB)

Appel à projet de recherche : Connaissances, réduction à la source et traitement des émissions dans l'air - CORTEA 2017

Coordination technique - ADEME : Isabelle AUGEVEN-BOUR

Direction villes et territoires durables / Service villes et territoires durables

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	4
1. Présentation du projet PRESSENS	5
2. Constitution du panel de désodorisants non combustibles	7
3. Evaluation des émissions de désodorisants non combustibles en conditions maîtrisées.....	10
4. Evaluation des émissions de désodorisants non combustibles en conditions réalistes	12
5. Évaluation des expositions et des risques sanitaires liés aux émissions mesurées dans la maison expérimentale MARIA	14
6. Conclusions.....	16
7. Recommandations.....	19
Références bibliographiques.....	22

RÉSUMÉ

Le présent projet PRESSENS, lauréat de l'appel à projet CORTEA 2017, s'intéresse à l'impact, sur la qualité de l'air intérieur et l'exposition des occupants, des polluants volatils et particuliers émis lors de l'utilisation de désodorisants non combustibles. Il a été mené par la Direction Santé Confort du CSTB, le Laboratoire de Chimie de l'Environnement d'Aix-Marseille Université et la Direction des Risques Chroniques de l'Ineris.

Les objectifs du projet sont de proposer une méthodologie robuste afin d'évaluer les émissions volatiles et particulières de désodorisants non combustibles, en conditions maîtrisées en laboratoire puis en conditions réalistes lors d'une campagne de mesures dans une maison expérimentale, et enfin de réaliser une analyse sanitaire des risques potentiels liés à l'utilisation des désodorisants en air intérieur.

Dans un premier temps, un panel de désodorisants non combustibles est constitué en intégrant plusieurs critères : (i) la typologie du diffuseur, (ii) son mode de fonctionnement, (iii) son conditionnement, (iv) le lieu de distribution, (v) le fabricant et (vi) la présence de propriétés ou labels spécifiques.

Des analyses de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable sont réalisées pour chaque désodorisant non combustible. La comparaison des données expérimentales ainsi obtenues, associée au recueil des éléments fournis par les fabricants sur les étiquettes des désodorisants non combustibles, met en évidence (i) une information parcellaire mise à disposition des utilisateurs et (ii) la nécessité de réaliser une analyse non seulement de la composition liquide, mais également de la fraction organique volatilisable afin de disposer d'indications fiables et pertinentes concernant la composition globale des désodorisants non combustibles.

Ensuite, une méthodologie d'évaluation des émissions est élaborée afin de définir un protocole robuste et fiable permettant de déterminer les facteurs d'émissions spécifiques en composés organiques volatils des désodorisants non combustibles. Une dizaine de désodorisants non combustibles sont ensuite évalués selon ce protocole et leurs facteurs d'émissions spécifiques en composés volatils déterminés.

Dans un troisième temps, les émissions de plusieurs désodorisants non combustibles sont évaluées en conditions réalistes dans la maison expérimentale MARIA du CSTB. Cette campagne in situ permet de disposer d'un nombre significatif de données d'émissions réalistes en terme de composés organiques volatils et de particules émis lors de l'utilisation de désodorisants non combustibles. Ainsi, des informations sont fournies sur l'exposition réelle des occupants aux polluants volatils et particuliers lors de l'utilisation de ces désodorisants non combustibles. Sont notamment comparées la variabilité des émissions entre les différents désodorisants non combustibles testés ainsi que la stabilité des émissions pour un même désodorisant. Ces données d'émission constituent également un ensemble de valeurs repères utilisées lors de la définition de la méthodologie d'évaluation des émissions de ces désodorisants non combustibles en chambres d'essai à échelle réduite.

Pour finir, afin d'identifier les substances émises les plus préoccupantes, puis d'apprécier les enjeux sanitaires associés, la démarche d'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) a été mise en œuvre, sur la base (i) d'un sondage national sur les usages, permettant de construire des scénarios d'exposition génériques, et (ii) des concentrations mesurées dans la maison MARIA. Les résultats obtenus suggèrent (i) que les expositions chroniques les plus courantes sont non préoccupantes ; (ii) un besoin de réduire les expositions chroniques les plus fortes (acroléine, benzène, limonène) ; (iii) un besoin de réduire les expositions aiguës (1 heure) les plus fortes (acroléine, formaldéhyde). De plus, certaines expositions aiguës aux particules pourraient être préoccupantes. Notamment, concernant les particules fines $PM_{2.5}$, des expositions ont dépassé $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour plusieurs sprays. Concernant les potentielles émissions de substances sensibilisantes et de substances à l'état nanoparticulaire, les risques sont imparfaitement quantifiables, faute de connaissances suffisantes.

1. Présentation du projet PRESSENS

La qualité de l'air intérieur est liée principalement à trois facteurs : (i) la qualité de l'air extérieur, (ii) les conditions de ventilation et (iii) les sources de pollution présentes dans les environnements intérieurs. Lorsque le rapport des concentrations mesurées dans l'air intérieur sur les concentrations mesurées dans l'air extérieur est très nettement supérieur à 1 (ce qui est par exemple le cas du formaldéhyde et du toluène, dans les logements français [1]), cela révèle la prépondérance des sources de pollution intérieures. **L'amélioration de la qualité de l'air des environnements intérieurs passe par le contrôle des sources potentielles d'émissions de polluants et l'optimisation des conditions de ventilation.**

Les sources de pollutions intérieures sont nombreuses et variées : les occupants et leurs activités (fumée de tabac, activités de cuisine, de nettoyage, de bricolage, etc.), les produits de construction, de décoration, d'ameublement et de bureautique, mais aussi les désodorisants d'intérieur et les produits d'entretien. Ainsi, selon la composition chimique et la toxicité de cette pollution, différents effets sur la santé sont reportés : irritation de la peau et des yeux, problèmes respiratoires, maux de tête, allergies mais également risque de développer des maladies chroniques, tel que l'asthme, ou plus graves telles que les cancers [2-5].

Les **produits de grande consommation** en général et les produits désodorisants en particulier constituent une source d'émission de polluants en air intérieur. Ces émissions, ainsi que les expositions associées, sont encore trop peu connues, et sous-estimées par le grand public [6]. **L'exposition à ces polluants est d'autant plus importante qu'elle a lieu dans des milieux confinés, pas toujours bien ventilés, et où l'on passe la grande majorité de notre temps.**

Il apparaît donc indispensable de mieux **caractériser les différentes sources de pollution dans les environnements intérieurs** et leur contribution respective sur la qualité de l'air intérieur. Ces connaissances permettent ensuite de réaliser une évaluation de l'exposition des occupants aux composés présents dans l'air intérieur, ainsi que les risques associés, et une identification des actions possibles à mettre en œuvre pour réduire et limiter l'exposition des populations. « La compréhension des émissions primaires et secondaires ainsi que des processus chimiques associés est essentielle à l'évaluation de la qualité de l'air intérieur » concluent Uhde & Salthammer [7] dans leur revue sur l'impact des produits de réaction issus des émissions de produits de construction et des produits de consommation sur la qualité de l'air intérieur.

Des rapports préliminaires en vue de l'étiquetage des produits de consommation à usage d'entretien ou de modifications des odeurs ont été rédigés par l'Ineris [9, 10, 11]. Ces études recensent les travaux de recherche publiés dans ce domaine et proposent des composés organiques volatils cibles à intégrer dans une réglementation future concernant les désodorisants (bougies, encens, désodorisants non combustibles), et les produits d'entretien. De récents travaux de recherche permettent également de disposer d'informations précises sur la pollution issue des produits d'entretien et des désodorisants d'intérieurs. En particulier, le projet ADOQ [12] s'est intéressé à l'impact des produits d'entretien sur la qualité de l'air intérieur, et les émissions d'une cinquantaine de ces produits ont été analysées en laboratoire et, pour près de la moitié, également en conditions réalistes. Ces travaux ont permis d'améliorer les connaissances sur ces sources de pollution dans les intérieurs et leurs impacts sanitaires. Le projet de recherche PEPS a permis d'élaborer et de proposer un protocole d'essai harmonisé permettant l'analyse des émissions de composés volatils par les produits d'entretien [13]. En ce qui concerne les bougies et les encens, de récents travaux normatifs au sein du groupe de travail WG351 de la Commission Européenne ont abouti à l'élaboration d'un protocole d'essai afin d'évaluer leurs émissions [14] auquel sont associées deux prénormes relatives aux pictogrammes d'informations [15] et à l'analyse de l'exposition [16]. De plus, le projet de recherche EBENE a permis d'améliorer les connaissances sur les émissions des bougies et des encens ainsi que les risques sanitaires associés à leur utilisation, dans les environnements intérieurs [17-20]. Il est donc désormais maintenant possible de réaliser une évaluation robuste des émissions liées à l'utilisation des bougies et des encens.

Toutefois, il n'en est pas de même pour les désodorisants non combustibles (diffuseurs de parfums et d'huiles essentielles actifs ou passifs), pour lesquels il n'existe **pas de cadre réglementaire et/ou normatif**. Les connaissances sur les émissions de composés volatils et particuliers par ces produits sont encore parcellaires et doivent être améliorées, tout comme les expositions et les enjeux sanitaires associés à leur utilisation, pour les occupants. Des données sont encore à apporter sur la nature précise des polluants émis, leurs niveaux d'émission ainsi que leur variabilité. L'impact des conditions

environnementales (température, humidité relative, renouvellement d'air notamment) sur les émissions de polluants par ces produits doit également faire l'objet d'études dédiées.

En ce qui concerne les **désodorisants non combustibles** (appelés également parfums d'ambiance), les émissions de diffuseurs électriques et de diffuseurs passifs ainsi que de sprays ont été évaluées au cours du projet de recherche européen EPHECT [21]. Des travaux de Uhde et Schultz [51] mettent également en évidence l'identification de plus d'une centaine de COV lors de l'utilisation de différents produits désodorisants. En ce qui concerne les sprays, les caractéristiques des particules émises vont dépendre l'orifice de sortie du spray, du temps de pression, etc. [22]. L'ensemble de ces récents travaux de recherche ont apporté des connaissances sur l'impact sanitaire de certains types de mais des informations sont encore à apporter concernant les désodorisants non combustibles qui comportent de nombreuses typologies différentes.

Le projet de recherche PRESSENS, lauréat de l'appel à projet CORTEA 2017, s'est intéressé à **l'impact, sur la qualité de l'air intérieur et l'exposition des occupants, des polluants volatils et particulaires émis lors de l'utilisation de désodorisants non combustibles**. Il a été mené par la Direction Santé Confort du CSTB, le Laboratoire de Chimie de l'Environnement d'Aix-Marseille Université et la Direction des Risques Chroniques de l'Ineris. Les produits étudiés sont les diffuseurs de parfums d'ambiance et d'huiles essentielles passifs (solides ou matériaux imbibés) ou actifs (à chaleur douce, à ultrasons, sprays, aérosols).

Ainsi le projet de recherche PRESSENS a permis de répondre aux points suivants :

- **L'amélioration des connaissances** sur les émissions en polluants volatils et particulaires par les désodorisants non combustibles utilisés dans les environnements intérieurs ;
- La **proposition d'un protocole d'essai robuste** pour étudier les émissions des désodorisants non combustibles, pour lesquels il n'existe à l'heure actuelle pas de protocole normalisé ;
- La **caractérisation des expositions et des enjeux sanitaires** liés à l'utilisation de désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs, pour les occupants.

Dans un premier temps, un **panel de désodorisants non combustibles** a été constitué en intégrant plusieurs critères : (i) la typologie du diffuseur, (ii) son mode de fonctionnement, (iii) son conditionnement, (iv) le lieu de vente, (v) le fabricant et (vi) la présence de propriétés ou labels spécifiques. Des analyses de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable ont été réalisées pour chaque désodorisant non combustible.

Ensuite, afin de déterminer les facteurs d'émissions spécifiques des composés volatils et particulaires émis par ces désodorisants non combustibles, un **protocole d'évaluation robuste** a été développé. Pour répondre à cet objectif, une étude de robustesse a été menée sur différents paramètres intégrés au protocole d'évaluation des émissions. Ces paramètres ainsi que leurs valeurs ont été déterminés à partir (i) de la littérature et (ii) de travaux réalisés antérieurement sur les bougies et les encens notamment, en les adaptant spécifiquement aux désodorisants non combustibles. Des **scénarios d'exposition et d'utilisation spécifiques** de ces désodorisants non combustibles ont également proposés. Ainsi, un protocole d'évaluation robuste et fiable associant des scénarios de mise en œuvre et une métrologie adaptée a été mis au point. A partir de ces essais, les **facteurs d'émissions spécifiques** des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS ont été déterminés.

Dans un troisième temps, les **émissions de plusieurs désodorisants non combustibles ont été évaluées en conditions réalistes dans la maison expérimentale MARIA** (Maison Automatisée pour des Recherches Innovantes sur l'Air) du CSTB. Cette campagne in situ a permis de disposer d'un nombre significatif de données d'émissions réalistes, avec en particulier des informations sur les polluants émis et leurs niveaux de concentrations, la variabilité des émissions entre les différents désodorisants non combustibles testés et la stabilité des émissions pour un même diffuseur.

Pour finir, **l'évaluation des expositions et des risques sanitaires** encourus par les occupants lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles a été réalisée, sur la base de ces concentrations mesurées en conditions réalistes.

2. Constitution du panel de désodorisants non combustibles

Au cours de cette première phase, les désodorisants non combustibles à tester ont été sélectionnés, en tenant compte en particulier des résultats d'une étude pilote réalisée en 2016 par le CSTB [52] pour la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) ainsi que d'un sondage national sur les usages qui a été réalisé par le Ministère chargé de l'Environnement au printemps 2017¹. La diversité du marché français des désodorisants non combustibles est également prise en compte lors du choix des désodorisants non combustibles pour permettre une sélection pertinente et en adéquation avec les usages des foyers français. Des désodorisants non combustibles portant des labels écologiques ou biologiques sont également intégrés.

Les critères de sélection appliqués concernaient notamment : (i) le **lieu de commercialisation** des désodorisants non combustibles (grandes surfaces, magasins spécialisés, sites internet) ; (ii) le **mode de diffusion** du désodorisant non combustible (diffuseurs électrique, autonome, passif, continu ou non, spray avec gaz propulseur, sous pression ou non etc.) ; (iii) le **type de conditionnement** du désodorisant non combustible (gel, liquide, solide) ; (iv) la présence d'allégations **caractéristiques spécifiques**, tel que l'assainissement ou l'épuration de l'air intérieur.

Ainsi, une **quinzaine de désodorisants non combustibles** ont été choisis pour être évalués en conditions maîtrisées et réalistes. Ce panel est présenté en détail dans le Tableau 1 qui précise la catégorie et le type de désodorisant, son parfum, son fonctionnement et son origine.

Les différentes caractéristiques de désodorisants se définissent comme suit :

- La **catégorie** de désodorisants correspond au mode de diffusion des composés odorants dans l'air et comprend :
 - Les **désodorisants non combustibles passifs**, pour lesquels la dispersion est continue après ouverture et mise en place du désodorisant ;
 - Les **désodorisants non combustibles actifs**, ou transitoires, pour lesquels une action manuelle ou automatisée, est nécessaire afin de permettre de diffuser les parfums dans l'air ;
- La **typologie** de désodorisants définit le type de présentation du produit et distingue :
 - Pour les désodorisants non combustibles passifs : (i) **les désodorisants non combustibles imbibés** avec capillaire ou mèche et (ii) **les désodorisants non combustibles solides** ;
 - Pour les désodorisants non combustibles actifs : (i) **les diffuseurs à chaleur**, (ii) **les diffuseurs à ultra-sons**, (iii) **les sprays** et (iv) **les aérosols**. Pour ces deux dernières typologies de désodorisants non combustibles actifs, il est important de préciser leur définition afin de bien identifier leurs spécificités. Ainsi :
 - Les sprays se présentent sous la forme d'un flacon contenant une matrice liquide qui est diffusée dans l'air par le biais d'une buse actionnée à l'aide d'un poussoir. Ils ne contiennent pas de gaz propulseur ; seule l'action mécanique manuelle permet la montée du liquide vers la buse pour être diffusée sous la forme de gouttelettes. Le principe des sprays peut être assimilé à celui d'un vaporisateur ;
 - Les aérosols contiennent un gaz propulseur et sont donc sous pression². Le liquide contenu dans le récipient est diffusé dans l'air par une action manuelle ou automatique via le gaz propulseur qui va le disperser.

Les **données de composition** fournies par les fabricants ne renseignent pas directement sur les émissions associées à l'utilisation des désodorisants non combustibles. Ainsi, des analyses complémentaires ont été

¹ Le détail du sondage est présenté en Annexe du rapport complet.

² Les aérosols avec gaz propulseur étant des récipients sous pression, ils sont soumis à une obligation d'étiquetage (décret n°2014-840 du 24 juillet 2014 qui transpose la directive 2013/10/UE) afin de préciser notamment (i) la mention de danger, (ii) les conseils de prudence, (iii) le caractère inflammable ou extrêmement inflammable.

réalisées afin d'étudier la composition des désodorisants non combustibles en composés organiques volatils. Ces analyses ont été réalisées pour l'ensemble du panel.

Dans un premier temps, la **composition liquide** de chaque désodorisant non combustible est analysée par chromatographie gazeuse associée à une détection par spectrométrie de masse. Selon la nature du désodorisant non combustible testé, trois techniques différentes (extraction liquide, ...) ont été mises en œuvre afin de préparer les échantillons.

Dans un second temps, l'analyse de la **fraction organique volatilisable** a été réalisée selon une méthodologie développée dans le cadre du projet PEPS³ [13] à l'aide de micro-chambres d'émissions (μ CTE, MARKES, norme NF EN ISO 16000-25).

Les analyses de composition ont permis d'identifier **65 composés pour l'ensemble des compositions liquides et 87 composés pour l'ensemble des fractions organiques volatilisables**. En composition liquide, trois composés ont été retrouvés dans plus de la moitié des désodorisants non combustibles évalués : **le linalool, le limonène et l'eucalyptol**. Ces mêmes composés ont également été identifiés le plus fréquemment lors des analyses de la fraction organique volatilisable. Ils ont alors été complétés par **le γ -terpinène, le géraniol et l' α -terpinéol**, présents dans plus de 50 % des analyses de fractions.

Les résultats des analyses menées en laboratoire ont été comparées aux informations fournies par le fabricant sur la base des renseignements précisés sur les étiquettes et/ou sur les sites internet des fabricants. Pour plusieurs désodorisants non combustibles du panel PRESSENS, les fabricants précisaient de façon relativement détaillée leur composition en composés organiques volatils, en particulier pour les terpènes présentant un caractère allergisant par contact cutanée. Toutefois, **les informations étaient généralement incomplètes**, en comparaison des éléments issus des analyses de compositions réalisées au laboratoire. Lorsque des précisions étaient apportées, les substances concernées étaient bien retrouvées lors des analyses menées en laboratoire. Enfin, les éthers de glycol ont fréquemment été mis en évidence lors de l'analyse de composition, mais systématiquement absents des indications du fabricant. **Globalement, les indications fournies par les fabricants se sont donc avérées relativement parcellaires.**

Ainsi, bien que les informations précisées par les fabricants sur la composition de leurs désodorisants non combustibles ont permis une première approche de la nature des substances potentiellement émises lors de leur utilisation, ces éléments sont restés encore insuffisants pour prévoir les émissions volatiles résultantes. Des **analyses complémentaires**, telles que celles menées dans le cadre du projet PRESSENS, **associant les analyses de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable**, se sont avérées très pertinentes pour obtenir des informations plus robustes.

³ Projet PEPS : Impact des produits d'entretien sur la qualité de l'air intérieur : Définition d'un protocole d'essais simple et harmonisé pour l'évaluation des émissions en composés volatils

Tableau 1 : Présentation des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS

Référence	Catégorie de désodorisants	Type de désodorisants	Fonctionnement	Parfum	Fonctionnement	Origine	Essai Laboratoire	Essai MARIA
PR1	Désodorisants non combustibles passifs	Capillarité/ Mèche	Continu	Verveine	Tiges plongées dans un flacon contenant le produit odorant sous format liquide	MS	X	X
PR2		Capillarité / Mèche	Continu	Lavande	Mèche imbibée de produit odorant sous format liquide	GD	X	X
PR3		Capillarité / Mèche	Continu	A utiliser avec HE	Galet pour diffusion d'huile essentielle	MS	X	X
PR4		Solide	Continu	Lavande	Billes odorantes aqueuses	GD	X	X
PR5		Solide	Continu	Lavande	Gel odorant	GD	X	X
PR6		Solide	Continu	Lavande	Stick odorant	GD		X
PR7	Désodorisants non combustibles actifs	Chaleur	Continu	A utiliser avec HE	Diffuseur électrique à chaleur douce	MS		X
PR8		Chaleur	Continu	Rosée du matin	Diffuseur électrique plug-in, fréquence réglable	GD + MS	X	X
PR9		Ultrasons	Continu	A utiliser avec HE	Diffuseur port-USB	MS	X	X
PR10		Ultrasons	Continu	A utiliser avec HE	Diffuseur électrique avec eau	MS		X
PR11		Spray	Transitoire manuel	Mélange d'HE	A pulvériser	Ph	X	X
PR12		Spray	Transitoire manuel	Mélange d'HE	A pulvériser	MS	X	X
PR13		Aérosol avec gaz propulseur	Transitoire manuel	Mélange d'HE	A pulvériser	MS		X
PR14		Aérosol avec gaz propulseur	Transitoire manuel	Lavande	A pulvériser	GD		X
PR15		Aérosol avec gaz propulseur	Transitoire automatique	Pivoine	Autonome, fréquence réglable	GD	X	X

HE : Huile essentielle / GD : grande distribution / MS : magasin spécialisé / Ph : Pharmacie

3. Evaluation des émissions de désodorisants non combustibles en conditions maîtrisées

Un des objectifs du projet de recherche PRESSENS était de proposer un protocole d'essai harmonisé pour l'évaluation des émissions en composés volatils des désodorisants non combustibles.

Ce protocole d'essai devait répondre à plusieurs critères essentiels : (i) **Être réaliste** = les conditions d'essais doivent refléter une utilisation réaliste du désodorisant non combustible ; (ii) **Être reproductible** = les paramètres d'essais doivent permettre d'obtenir des résultats homogènes (quel que soit l'opérateur et/ou le laboratoire d'analyse) ; (iii) **Être robuste** = les données d'émissions en composés volatils des désodorisants non combustibles doivent être fiables ; (iv) **Être simple** = le déploiement de la méthode d'essai proposée doit pouvoir être envisagé à grande échelle, notamment par différents laboratoires d'analyses.

Les projets de recherche ADOQ, EPHECT, EBENE et PEPS, ainsi que les récentes études bibliographiques, ont souligné l'importance de la **définition des scénarios d'essais** pour la réalisation d'essais d'émissions sur les produits désodorisants. En effet, à l'heure actuelle, il est délicat de comparer les résultats des études disponibles dans la littérature compte-tenu de la diversité des protocoles d'essais utilisés.

3.1. Définition d'un protocole robuste de mesure des émissions de composés volatils et particulaires par les désodorisants non combustibles

Pour caractériser les émissions des désodorisants non combustibles en chambre d'essais d'émissions, des essais ont été réalisés dans des enceintes de 1 m³, conformes à la norme ISO 16000-9 [23] et recommandées par la norme relative aux émissions des bougies et des encens [14]. Après avoir préconisé l'utilisation de plus grands volumes, la norme développée par le CEN/TC421 [26] a finalement imposé l'utilisation d'une chambre d'essai de 1 m³ pour la caractérisation des émissions de polluants volatils par les désodorisants à combustion [14]. Dans le cadre du projet PRESSENS, l'utilisation de ce même type d'équipement a été proposée pour l'évaluation des émissions de composés volatils par les désodorisants non combustibles. Afin de comparer l'impact de la taille de la chambre sur l'évaluation des émissions des désodorisants non combustibles, des essais mobilisant une chambre d'essai d'émissions de volume inférieur (équipement d'un volume de 336 Litres en acier inoxydable, conforme aux recommandations de la norme ISO 16000-9 [23]) ont été également réalisés. Le taux de renouvellement d'air dans la chambre d'essai constituant également un paramètre potentiellement impactant pour les émissions de composés volatils et particulaires, et leur diffusion, des essais selon différents taux ont été conduits.

Ainsi, des **protocoles d'essais spécifiques ont été définis** et une attention particulière a été portée aux paramètres suivants : (i) mise en œuvre du désodorisant non combustible, (ii) durée de l'essai, (iii) fréquence des prélèvements, (iv) taux de renouvellement d'air, (v) conditions de température et d'humidité relative, (vi) méthodes analytiques. Les observations issues de l'étude réalisée par le CSTB pour la DGPR sur les émissions de composés volatils par des désodorisants non combustibles ont également permis d'affiner les différents paramètres des protocoles d'essais.

Concernant la mise en œuvre, des **scénarios d'utilisation les plus représentatifs possibles d'une utilisation réelle** ont été définis pour chaque type de désodorisants d'intérieur non combustibles considéré. La température et l'humidité relative pouvant influencer les processus d'émissions de composés volatils, ces paramètres ont été suivis en continu au cours des essais. Les conditions de températures utilisées pour la réalisation des essais étaient en accord avec les recommandations des normes disponibles [14, 23]. L'air dans les chambres d'essais était renouvelé par un flux régulé d'air propre (air filtré et asséché). Le taux de renouvellement d'air (TRA) étant un paramètre influant la détermination des émissions de composés organiques volatils, des essais ont été réalisés avec des valeurs de TRA de 1 vol.h⁻¹, ainsi que 0,5 et 2,0 vol.h⁻¹ pour certains désodorisants non combustibles.

Les désodorisants non combustibles ont été utilisés dans les chambres d'essais selon des scénarios réalistes, et en tenant compte des recommandations des fabricants. Pour certains diffuseurs, plusieurs scénarii ont été mis en œuvre afin d'étudier l'impact des conditions d'utilisation sur les émissions induites.

3.2. Caractérisation des émissions de composés volatils et particulaires par une sélection de désodorisants non combustibles du panel PRESSENS

Au cours de cette tâche, les émissions d'une dizaine de désodorisants non combustibles issus du panel PRESSENS ont été évaluées en chambre d'essais d'émission. Les diffuseurs testés étaient : PR1, PR2, PR3, PR4, PR5, PR8, PR9, PR11, PR12, PR15. La constitution de cette sélection a pris en compte l'intégration de maximum un à deux désodorisants non combustibles par typologie, afin de disposer d'une gamme la plus variée possible par rapport au panel initial. Ainsi, concernant les diffuseurs passifs solides, les billes odorantes PR4, le gel odorant PR5 et le diffuseur actif électrique réglable PR6 ont été retenus. Concernant les aérosols avec gaz propulseur, PR13 et PR14 ont été écartés au profit de PR15 qui présente un mode de fonctionnement automatique. Ainsi sont retenus pour les essais en chambres d'émissions cinq diffuseurs passifs et cinq diffuseurs actifs, dont deux sprays dits assainissants.

Le plan d'expériences, qui comporte plus de 75 essais, a été organisé entre le CSTB et le LCE en intégrant les conditions suivantes : (i) chaque essai a été réalisé a minima trois fois, (ii) pour deux désodorisants non combustibles, cette répétabilité a été portée à dix essais, (iii) deux désodorisants non combustibles ont été testés en parallèle par les deux laboratoires, (iv) deux conditions de mise en œuvre ont été déployées pour deux désodorisants non combustibles, (v) deux volumes de chambres d'essai différents ont été utilisés pour trois désodorisants non combustibles, et (vi) les émissions d'un même désodorisant non combustible ont été évaluées pour deux TRA différents.

La métrologie associée aux mesures dans les deux chambres d'essais a été adaptée aux contraintes techniques liées à leur utilisation, notamment pour fixer les débits nécessaires et suffisants au renouvellement d'air. **La métrologie a été déterminée en fonction de la liste des composés d'intérêt** qui ont été sélectionnées d'après (i) les travaux bibliographiques réalisés par l'Ineris [9], ainsi que (ii) les résultats de récentes études ou travaux de recherche [13, 20, 28, 21], notamment concernant les émissions lors de l'utilisation des bougies et des encens. Parmi ces espèces cibles se trouvent : (i) **des composés organiques volatils**, à savoir le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, le styrène, les xylènes, le naphthalène, le d-limonène, l'alpha-pinène, le linalol, le géraniol ; (ii) **des composés carbonylés**, à savoir le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, l'acroléine, le cinnamaldéhyde ; (iii) **les composés organiques volatils totaux (COVT)** définis, d'après la norme NF ISO 16000-6, comme la somme des composés organiques volatils éluant entre le n-hexane et le n-hexadécane. En complément de ces composés, **les émissions de particules** ont été caractérisées en concentration massique par taille de PM. La mesure a été réalisée à l'aide d'un OPC (Optical Particle Counter, GRIMM) qui permet de suivre l'évolution des concentrations et de la granulométrie des particules dont la taille est comprise entre 260 nm et 32 µm.

Pour chaque désodorisant non combustible et pour chaque composé / polluant suivi, une concentration moyenne a été calculée à partir des mesures off-line et on-line, pour les trois heures suivant le début de l'utilisation du désodorisant (i.e., la mise en chambre du diffuseur).

Le plan d'expérience élaboré a permis d'évaluer (i) **la répétabilité de la méthode** par analyse comparative des répliqués réalisés pour chaque essai et (ii) **la reproductibilité de la méthode**, par analyse comparative des résultats des désodorisants non combustibles testés en commun par les deux laboratoires.

Pour chaque composé, les **facteurs d'émissions massiques et unitaires** déterminés ont été discutés par catégories de désodorisants non combustibles : (i) diffuseurs passifs, (ii) diffuseurs actifs (hors sprays) et (iii) diffuseurs actifs de type sprays. Cette dernière typologie de désodorisants non combustibles, bien qu'appartenant également à la catégorie des diffuseurs actifs, présentait des comportements particuliers et est discutée à part.

Les résultats montrent que, globalement, **les niveaux d'émissions observées ont été très variables au sein d'une catégorie, ainsi qu'au sein d'une typologie**. De plus, **pour un même désodorisant non combustible évalué**, une **hétérogénéité des émissions** a également été parfois notée. Cependant, certaines tendances ont pu être identifiées :

- **Les émissions des diffuseurs passifs sont apparues sensiblement inférieures aux diffuseurs actifs, sur la durée de l'essai (i.e., 4 heures) ;**
- En ce qui concerne les COV cibles de l'ERS, il est intéressant de noter que des **émissions de benzène significatives**, voire élevées, ont été observées, **sans corrélation éventuelle apparente avec le mode de fonctionnement** (continu / transitoire) du désodorisant non combustible testé. Ainsi, des émissions

importantes de benzène ont été observés pour le diffuseur électrique PR8, les diffuseurs par capillarité PR1 et PR3, et les trois sprays et aérosols PR11, PR12 et PR15 ;

- Des **émissions de formaldéhyde très importantes ont également pu être soulignées pour l'ensemble des catégories** (diffuseurs actifs et diffuseurs passifs) évaluées. Les émissions les plus élevées ont été notées pour l'aérosol PR15 et le diffuseur électrique PR8, puis les diffuseurs par capillarité PR1 et PR3. L'utilisation des sprays PR11 et PR12 a également été accompagnée d'émissions significatives de formaldéhyde ;
- **L'acroléine** a été identifiée lors de l'utilisation du diffuseur passif par capillarité PR1, du diffuseur électrique PR8 et de de l'aérosol atomique PR15 ;
- Enfin, les émissions des désodorisants non combustibles testés sont apparues dominées par les **terpènes** avec des niveaux variables sur une large gamme de mesures.

Au cours de cette tâche, les émissions de dix désodorisants non combustibles issus du panel PRESSENS ont été évaluées en conditions maîtrisées à l'aide de chambre d'essais d'émissions. Une étude de robustesse a mis en évidence **la pertinence du protocole d'évaluation développé associant des scénarios spécifiques de mise en œuvre et une métrologie adaptée** dans le cadre du projet PRESSENS. Ainsi la répétabilité et la reproductibilité de la méthode ont été évaluées. Les mesures de composés volatils réalisées à l'aide de dispositifs off-line et on-line ont également montré leur cohérence et leur adéquation pour l'évaluation des émissions volatiles et particulières des désodorisants non combustibles.

4. Evaluation des émissions de désodorisants non combustibles en conditions réalistes

4.1. Présentation de la campagne de mesure

Une campagne de mesures dans la **maison expérimentale MARIA** du CSTB a été réalisée afin de caractériser les émissions en composés volatils et particuliers d'une sélection de désodorisants non combustibles, dans des **conditions réalistes d'utilisation** et de mise en œuvre. L'ensemble des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS a été étudié au cours de la campagne expérimentale menée dans la maison expérimentale MARIA du CSTB, située sur le site de Champs-sur-Marne. Elle possède cinq pièces principales (trois chambres, une cuisine et un double séjour) ainsi que deux toilettes, une salle de douche et une salle de bain, réparties sur deux niveaux [27]. Enfin, un sous-sol total complète ce logement dont la superficie totale est égale à 214 m².

La campagne de mesure *in situ* a été réalisée en période hivernale afin de limiter les interactions potentielles entre les composés volatils émis par les désodorisants non combustibles à tester et les polluants oxydants présents à l'extérieur, en particulier l'ozone⁴. Les expérimentations ont été conduites dans une chambre de 32 m³ vide de tout mobilier, dont les revêtements de finition sont minimaux : sol en béton brut, murs en plaque de plâtre peintes, plafond en béton peint. Les conditions de ventilation dans la pièce étaient parfaitement maîtrisées. L'entrée d'air était effectuée par une bouche d'aération (arrivée d'air extérieur) et l'extraction de l'air de la pièce se faisait de manière forcée à travers une fausse porte.

Cet outil expérimental, que constitue la maison MARIA, a été éprouvé lors de multiples projets de recherches. Ainsi, des expérimentations mettant en œuvre des bougies et des encens [17-20] ainsi que des diffuseurs électriques et des sprays contenant des produits phytosanitaires [28, 29] ont précédemment été conduites. L'impact de l'utilisation des produits d'entretien a également été évalué lors de campagnes de mesures estivales et hivernales réalisées dans le cadre du projet de recherche ADOQ [12] ainsi que du projet de recherche PEPS [13]. Des campagnes d'étude de la réactivité chimique liée à la présence de produits de construction ont été menées dans le cadre de précédents travaux de recherche [32, 33].

⁴ Il est à noter que la réactivité des émissions de désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs, et notamment les interactions avec les surfaces et avec les oxydants potentiellement présents, tels que l'ozone, a été abordée dans le cadre du projet de recherche ESSENTIEL [8].

Les **substances d'intérêt** mesurées dans le cadre de cette campagne de mesures ont été les mêmes que pour l'évaluation des émissions en conditions maîtrisées présentées dans le paragraphe précédent. Ainsi, ont été recherchées de manière systématique la liste de **composés organiques volatils** et de **composés carbonylés** cibles ainsi que les **particules**.

Les différentes techniques de prélèvements et d'analyse mises en œuvre pour mesurer ces substances d'intérêt ont permis également de suivre d'autres substances émises par les désodorisants non combustibles, qui n'auraient pas été définies initialement comme prioritaires. La métrologie déployée au cours de la campagne de mesures a associé **des mesures directes** (on-line) et **indirectes** (off-line). En complément, des **analyseurs en ligne** d'ozone et d'oxydes d'azote ont été mis en place. Les paramètres environnementaux ont également été suivis à l'aide d'une métrologie adaptée : température, humidité relative, débit et vitesse d'air.

4.2. Emissions des désodorisants non combustibles en conditions réalistes

Les désodorisants non combustibles testés ont été mis en œuvre au sein de la pièce d'étude de la maison expérimentale MARIA selon des **scénarii réalistes d'utilisation**. Le protocole d'essais mis en place lors de la campagne de mesures, associé à la métrologie déployée, à savoir des mesures off-line et on-line, a permis d'obtenir un **suivi des concentrations des composés d'intérêt avant** (blanc), **pendant et après l'utilisation de désodorisants non combustibles**. Tous les désodorisants non combustibles ont été testés lors de deux essais distincts. Ainsi, **34 essais** ont été réalisés au cours de la campagne.

La **dynamique d'émission** des désodorisants non combustibles testés s'est avérée **très dépendante du désodorisant non combustible**. En effet, même à l'intérieur d'une catégorie, les profils d'émissions pouvaient être différents d'un diffuseur à un autre. Afin de conserver un maximum d'homogénéité entre les valeurs de concentrations mesurées et permettre de les discuter, des concentrations moyennes ont été calculées, qui prenaient en compte les concentrations mesurées au cours des deux premières heures suivant le début de l'utilisation du désodorisant, quel que soit le mode d'application considéré.

Pour chaque composé, les **concentrations moyennes mesurées** ont été discutées par catégorie de désodorisants non combustibles avec une différenciation supplémentaire pour les diffuseurs actifs. Ainsi, les données ont été présentées sous trois groupes : (i) diffuseurs passifs, (ii) diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols) et (iii) diffuseurs actifs type sprays et aérosols.

Lors de la réalisation des essais dans la maison expérimentale MARIA, **une grande disparité a été observée entre les émissions des différents désodorisants non combustibles testés, tant en termes de dynamique d'émission** (du spray dont la pulvérisation ne dure que quelques secondes au diffuseur passif dont la diffusion du parfum dure tout au long de l'application par le consommateur), **que de niveaux de concentrations** (d'inférieure à la limite de détection à la saturation de certains analyseurs). Ces observations rejoignent celles mises en évidence lors des essais menés en conditions contrôlées, à l'aide de chambre d'essai d'émissions.

Les résultats des essais conduits dans la maison MARIA ont été d'autant plus difficilement généralisables qu'il a été observé **une grande hétérogénéité des mesures pour l'utilisation d'un même désodorisant non combustible malgré un protocole d'essai rigoureusement identique**.

Toutefois, il est apparu au cours des essais que :

- Les diffuseurs passifs testés dans le panel PRESSENS n'émettaient pas de particules à des niveaux quantifiables ;
- Les diffuseurs actifs étaient plus émetteurs de COV et de composés carbonylés que les diffuseurs passifs (mis à part le diffuseur par capillarité PR1 qui a généré les plus importantes concentrations de formaldéhyde) ;
- La dynamique des émissions avait un rôle important dans les concentrations moyennes auxquelles sont exposées le consommateur ;
- Lors de la première utilisation d'un désodorisant non combustible (i.e., produit neuf), les concentrations en COV et en composés carbonylés étaient généralement plus élevées que lors des utilisations suivantes.

Ce dernier point pourrait faire l'objet d'une recommandation générale pour le consommateur, à savoir qu'il ne doit pas utiliser un désodorisant non combustible dans une pièce à vivre ou de sommeil sans l'avoir au préalable utilisé soit en extérieur, soit dans une pièce très ventilée (par exemple, faire une ou deux pulvérisations pour les sprays, utiliser une première fois les systèmes actifs à chaleur ou ultrasons

sans parfum...). La première utilisation d'un désodorisant non combustible (i.e., produit neuf) est en effet apparue beaucoup plus émissive que les suivantes.

5. Évaluation des expositions et des risques sanitaires liés aux émissions mesurées dans la maison expérimentale MARIA

KARR G., QUIVET E., RAMEL M. and NICOLAS M. Sprays and diffusers as indoor air fresheners: exposure and health risk assessment based on measurements under realistic indoor conditions. *Indoor Air*, 2021. <http://doi.org/10.1111/ina.12923>

Sur la base des émissions des désodorisants non combustibles testés dans la maison MARIA, présentées à la section 4, la section 5 présente une déclinaison de la démarche d'Évaluation des risques sanitaires (ERS), visant à caractériser les enjeux sanitaires associés aux usages domestiques de désodorisants non-combustibles.

5.1. Présentation de la démarche ERS appliquée dans le cadre du projet PRESSENS

La démarche ERS a été initialement développée par l'Académie des sciences américaine [34, 35]. Elle est aujourd'hui utilisée dans de nombreux contextes, en France et à l'international. En particulier, elle constitue une méthode classique en santé environnementale [36-43]. En termes de contexte, du point de vue sanitaire, la présente ERS s'inscrit dans la continuité d'une démarche de priorisation et d'évaluation des risques liés aux produits de consommation courante, menée par l'Ineris dans le cadre de ses travaux d'appui auprès du ministère en charge de l'environnement [9-11]. En particulier, de précédentes études [20, 54] ont permis de caractériser les risques sanitaires associés aux désodorisants combustibles : encens, bougies parfumées, lampes à catalyse...

L'ERS réalisée dans le cadre du présent projet a permis de **mieux connaître les risques associés aux désodorisants non combustibles**. Plus précisément, le champ de cette ERS inclut : (i) **les expositions par inhalation** – les autres voies d'exposition, comme le contact cutané par exemple, sont hors du champ de l'étude ; (ii) **les expositions de long terme** (chroniques) et **les expositions de court terme** (aiguës) ; (iii) **les usages domestiques** – les autres types d'usages, comme ceux associés aux milieux professionnels (vendeurs, conducteurs de véhicules...), sont hors du champ de l'étude.

L'objectif de cette section est d'**identifier les substances les plus préoccupantes** parmi celles émises par les désodorisants non combustibles, puis d'apprécier les enjeux sanitaires associés. Pour répondre à cet objectif, la démarche d'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) a été mise en œuvre, sur la base (i) d'un sondage national sur les usages et (ii) des concentrations mesurées dans la maison MARIA.

Les résultats détaillés du sondage ont permis de construire **plusieurs scénarios d'exposition génériques**, permettant de caractériser les expositions chroniques :

- Le scénario n°1, dont l'objectif est de caractériser les risques pour un utilisateur dont **les pratiques et les caractéristiques environnementales sont courantes**, se trouvant dans la moyenne des pratiques et des caractéristiques observées.
- Le scénario n°2, dont l'objectif est de caractériser les risques pour un utilisateur dont **les pratiques et les caractéristiques environnementales majorent raisonnablement l'exposition moyenne**.

Sur la base de ces scénarios et des concentrations mesurées dans la maison MARIA, des expositions chroniques et des expositions de courte durée (« aiguës ») ont été estimées pour chaque substance émise par chaque désodorisant testé.

5.2. Caractérisation des risques sanitaires

Pour les **expositions chroniques dans le cas des scénarios 1**, pour chaque substance émise par chaque désodorisant non combustible, considérée individuellement, les indicateurs de risque obtenus sont inférieurs aux valeurs repères usuelles. C'est également le cas pour les sommes d'indicateurs de risque par désodorisant non combustible. Classiquement, en première approche, ce résultat suggère que **les expositions les plus courantes peuvent être considérées comme non préoccupantes**, au regard des

substances considérées et des hypothèses de l'étude. Néanmoins, ces quantifications de risque n'ont été réalisées que pour les substances dont la toxicité a pu être caractérisée par une valeur de référence. Or, sur les 247 substances pour lesquelles des concentrations dans l'air ont été mesurées dans la maison MARIA : (i) seules 22 substances (soit 8,9 %) disposent d'une VTR⁵ ; (ii) seules 46 substances (soit 18,6 %) ont pu être caractérisées par une valeur de référence (VTR, VGAI ANSES, VGAI allemandes, CLI)⁶.

Pour les **expositions chroniques dans le cas des scénarios 2**, plusieurs dépassements de valeurs repères ont été obtenus, ce qui suggère un **besoin de diminuer les expositions chroniques les plus fortes**. Les substances pouvant être considérées, pour les risques chroniques, comme les substances d'intérêt prioritaires sont les suivantes : **acroléine, benzène, limonène et particules**.

- Pour l'acroléine : (i) l'effet critique associé à la VTR à seuil correspond à des lésions de l'épithélium respiratoire supérieur ; (ii) l'exposition maximale obtenue ($3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) peut être mise en regard des concentrations mesurées dans les logements français, caractérisées par une médiane de $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et un percentile 95 de $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Pour le benzène : (i) l'effet critique associé à la VTR sans seuil correspond à des leucémies aiguës ; (ii) l'exposition maximale obtenue ($4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) peut être mise en regard des concentrations mesurées dans les logements français, caractérisées par une médiane de $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et un percentile 95 de $7,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Pour le limonène : (i) l'effet critique associé à la concentration limite d'intérêt européenne est Toxicité pour le foie ; (ii) l'exposition maximale obtenue ($8 \text{ mg}/\text{m}^3$) peut être mise en regard de la valeur de toxicité construite à l'occasion du projet européen de référence EPHECT : $9 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Concernant les expositions de courte durée, plusieurs dépassements de valeurs repères ont été obtenus, ce qui suggère un **besoin de diminuer les expositions aiguës les plus fortes**. Les substances concernées pouvant être considérées, pour les risques aigus, comme les substances d'intérêt prioritaires sont : **acroléine et formaldéhyde**.

- Pour l'acroléine : (i) l'effet critique associé à la VTR aiguë est Irritation nasale et de la gorge, diminution de la fréquence respiratoire ; (ii) l'exposition maximale obtenue ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) peut être mise en regard de la valeur de toxicité aiguë construite à l'occasion du projet européen de référence EPHECT : $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Pour le formaldéhyde, l'effet critique associé à la VGAI court terme correspond à une irritation oculaire. Néanmoins, cet effet constitue le premier événement clé précurseur de potentiels effets plus sévères, incluant des effets cancérogènes.

De plus, les particules émises par certains désodorisants non combustibles ont conduit à de fortes expositions. Par exemple, concernant les particules fines $\text{PM}_{2,5}$, plusieurs diffuseurs actifs ont été associés à des expositions supérieures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De façon encore plus marquée que pour les risques chroniques, ces résultats doivent être mis en regard du peu de données disponibles pour caractériser la toxicité aiguë des substances étudiées : parmi les 247 substances pour lesquelles des concentrations dans l'air ont été mesurées dans la maison MARIA, seules 15 substances disposent d'une VTRaiguë (6,1 %). Ainsi, au regard des limites des connaissances disponibles, dans une logique de prudence, des actions permettant **de diminuer les expositions communes** pourraient être considérées, en particulier auprès des personnes les plus sensibles : jeunes enfants, femmes enceintes, personnes asthmatiques, etc.

En tenant compte des expositions chroniques et des expositions aiguës, les substances d'intérêt identifiées sont donc **l'acroléine, le benzène, le limonène, le formaldéhyde et les particules**. Ces substances ne sont pas spécifiques aux émissions de désodorisants non combustibles. D'autres sources se trouvent classiquement dans les environnements intérieurs : produits ménagers, meubles, encens, bougies... Les émissions de ces différentes sources peuvent se cumuler. Ce cumul peut conduire à des risques plus élevés que ceux identifiés pour chaque source, considérée individuellement. Dans le cas des fragrances, cet enjeu de potentielles expositions cumulées inclut également les produits cosmétiques parfumés [64].

⁵ Valeur Toxicologique de Référence (VTR)

⁶ Valeur Guide Air Intérieur (VGAI), Concentration Limite d'Intérêt (CLI)

5.3. Comparaison des résultats

Une analyse comparative entre les différents types de désodorisants non combustibles étudiés présente de nombreux intérêts. Néanmoins, compte tenu de l'échantillon réduit de quinze désodorisants non combustibles du projet PRESSENS, ce type d'analyse est proposée ici à titre indicatif uniquement. Selon la substance considérée, ce n'est pas toujours le même type de désodorisant non combustible qui conduit au plus grand nombre de dépassements de valeurs repères, ni aux dépassements de plus grande ampleur. Néanmoins, dans une première approche simple, sur la base du nombre total de dépassements et de leur ampleur, les résultats obtenus suggèrent que :

- **Les enjeux sanitaires liés aux sprays et aérosols manuels sont plus élevés que ceux liés aux diffuseurs autres actifs.** Cette conclusion potentielle est appuyée par des informations indirectes sur le nombre de personnes exposées, fournies par le sondage Ifop : les sprays et aérosols manuels sont utilisés par environ les deux tiers des Français, les autres diffuseurs actifs par environ un tiers ;
- **Les enjeux sanitaires liés aux diffuseurs actifs sont plus élevés que ceux liés aux diffuseurs passifs.** Cette conclusion potentielle est nuancée par des informations indirectes sur le nombre de personnes exposées, fournies par le sondage Ifop : les diffuseurs actifs sont utilisés par environ un tiers des Français, les diffuseurs passifs par environ la moitié.

Les différences observées dans les émissions des différents types de désodorisants non combustibles étudiés peuvent notamment s'expliquer par : (i) des différences dans la forme et la composition des matières odorantes utilisées ; (ii) des principes différents sur lesquels reposent les modes de diffusion, en particulier, certains désodorisants non combustibles peuvent conduire à l'émission de composés qui ne figurent pas dans la composition des matières odorantes utilisées, notamment lorsque la diffusion s'appuie sur une élévation de température.

6. Conclusions

Le projet de recherche PRESSENS, lauréat de l'appel à projet CORTEA 2017, a étudié l'impact des polluants volatils et particuliers émis lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles sur la qualité de l'air intérieur et sur l'exposition des occupants. Il a été réalisé grâce à l'association des expertises de la Direction Santé Confort du CSTB, du Laboratoire de Chimie de l'Environnement d'Aix-Marseille Université et de la Direction des Risques Chroniques de l'Ineris. Les produits étudiés ont été les désodorisants non combustibles à diffusion passive (solides ou matériaux imbibés) ou active (chaleur douce, ultrason, spray, aérosol).

Sélection et composition des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS

Dans un premier temps, un panel de désodorisants non combustibles a été constitué en intégrant plusieurs critères : (i) la typologie du diffuseur, (ii) son mode de fonctionnement, (iii) son conditionnement, (iv) le lieu de vente, (v) le fabricant et (vi) la présence de propriétés ou labels spécifiques.

Des analyses de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS ont été réalisées. La comparaison des données d'émissions, associée au recueil des éléments fournis par les fabricants, a mis en évidence (i) une information parcellaire des éléments portés à la connaissance des utilisateurs et (ii) la nécessité de réaliser une analyse combinée associant à la composition liquide celle de la fraction organique volatilisable afin de disposer d'indications fiables et pertinentes.

Evaluation des émissions des désodorisants non combustibles en conditions maîtrisées

Afin de déterminer les facteurs d'émissions spécifiques des composés volatils et particuliers émis par ces désodorisants non combustibles, un protocole d'évaluation robuste a été développé. Pour répondre à cet objectif, une étude de robustesse a été menée sur différents paramètres intégrés au protocole d'évaluation des émissions. Ces paramètres ainsi que leurs valeurs ont été déterminés à partir (i) de la littérature et (ii) de travaux réalisés antérieurement sur les bougies et les encens notamment, en les adaptant spécifiquement aux désodorisants non combustibles. Des scénarios d'exposition et d'utilisation spécifiques de ces désodorisants non combustibles ont également été proposés. Ainsi, un protocole d'évaluation robuste et fiable associant des scénarios de mise en œuvre et une métrologie adaptée a été mis au point.

A partir de ces essais, les facteurs d'émissions spécifiques des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS ont été déterminés. L'ensemble des mesures réalisées dans des conditions maîtrisées en chambre d'essais a mis en évidence une émission systématique de composés volatils lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles considérés. L'utilisation des sprays du panel PRESSENS est également associée, en plus des émissions en COV, à des émissions importantes de particules.

Ainsi, l'évaluation des émissions volatiles et particulaires est apparue nécessaire pour renseigner les composés émis et leurs niveaux de concentrations associés. Le protocole proposé dans le cadre du projet PRESSENS a permis de disposer d'un cadre robuste et réaliste pour cette évaluation.

Au cours de ces essais, il est apparu une **hétérogénéité des émissions de composés volatils par les désodorisants non combustibles testés** dans le cadre du panel PRESSENS, aussi bien au sein d'une même catégorie (diffuseur passif ou actif), que pour des désodorisants non combustibles de même typologie (voir chapitre 0).

Cette hétérogénéité conduit à **renforcer la nécessité d'évaluer les émissions de composés volatils par les désodorisants non combustibles afin de disposer de données pertinentes pour proposer des actions de limitation** de cette source de pollution dans les environnements intérieurs.

Evaluation des émissions des désodorisants non combustibles en conditions réalistes

Dans un troisième temps, les désodorisants non combustibles du panel PRESSENS ont été testés dans une pièce à échelle 1 (chambre de 30 m³) de la maison expérimentale MARIA, dans **des conditions réalistes** (température, humidité, renouvellement d'air, respect des consignes d'utilisation et de mise en œuvre). Chaque essai a été répété a minima deux fois en suivant rigoureusement le même protocole.

Des mesures off-line normées et on-line ont été réalisées afin de suivre les concentrations des principaux COV et composés carbonylés, ainsi que des particules (de 10 nm à 32 µm).

Cette campagne de mesures in situ a permis de disposer d'un nombre significatif de **données d'émissions pour renseigner l'exposition réelle des occupants aux polluants volatils et particulaires liés à ces désodorisants non combustibles**, avec en particulier des informations sur la nature, le type de polluants émis et leurs niveaux de concentrations, la variabilité des émissions entre les différents désodorisants non combustibles testés et la stabilité des émissions pour un même diffuseur.

Les résultats mettent en évidence **une grande disparité entre les désodorisants non combustibles testés** (dynamique d'émission et niveaux de concentrations), ainsi qu'une **hétérogénéité des résultats de mesures lors de la répétition des essais pour un même désodorisant non combustible**, rendant ces résultats difficilement généralisables.

Au vu de ces essais, il apparaît qu'une indication du fabricant devrait préciser que **la première utilisation du désodorisant non combustible**, notamment de type diffuseurs actifs (i.e., produit neuf) **est beaucoup plus émissive** que les suivantes. Il conviendrait donc de recommander au consommateur de ne pas utiliser un désodorisant non combustible dans une pièce à vivre ou de sommeil sans l'avoir au préalable utilisé une première fois soit en extérieur, soit dans une pièce très ventilée.

Evaluation des expositions et des risques sanitaires liés aux concentrations mesurées dans la maison expérimentale MARIA

Pour finir, une ERS a été mise en œuvre, sur la base (i) d'un sondage national sur les usages, dont les résultats détaillés ont permis de construire **plusieurs scénarios d'exposition génériques**, et (ii) des concentrations mesurées dans la maison expérimentale MARIA. Ainsi, des expositions chroniques et des expositions de courte durée (« aiguës ») ont été estimées pour chaque substance émise par chaque désodorisant testé.

Il en ressort que **les expositions chroniques correspondant au scénario d'exposition n°1⁷, les plus courantes, peuvent être considérées comme non préoccupantes**, au regard des substances considérées et des hypothèses de l'étude. Cette conclusion de l'étude est également appuyée par le fait que les mesures en conditions réalistes incluent les substances d'origine secondaire. **Pour le scénario d'exposition n°2⁸, plusieurs dépassements de valeurs repères ont été obtenus** ce qui suggère un

⁷ Scénario 1 : moyenne des pratiques et des caractéristiques observées.

⁸ Scénario 2 : pratiques et caractéristiques environnementales qui majorent raisonnablement l'exposition moyenne

besoin de diminuer les expositions chroniques les plus élevées. Les substances concernées pouvant être considérées, pour les risques chroniques, comme les substances d'intérêt prioritaires sont : l'acroléine, le benzène et le limonène.

Concernant les **expositions de courte durée, plusieurs dépassements de valeurs repères ont été obtenus**, ce qui suggère un **besoin de diminuer les expositions aiguës les plus fortes**. Les substances concernées pouvant être considérées, pour les risques aigus, comme les substances d'intérêt prioritaires sont : l'acroléine et le formaldéhyde.

Sur la base de l'ensemble des indicateurs de risques calculés, les substances contribuant le plus aux risques sont **l'acroléine, le formaldéhyde, le benzène et le limonène**. Ces substances présentent donc un **intérêt prioritaire du point de vue sanitaire**, dans une démarche de gestion des risques. De plus, les **particules émises** par certains désodorisants non combustibles ont conduit à de fortes expositions. Par exemple, concernant les particules fines PM_{2.5}, plusieurs sprays ont été associés à des expositions supérieures à 100 µg/m³.

En outre, d'autres aspects suggèrent que **diminuer les expositions chroniques** de la population générale, dans son ensemble, pourrait aussi s'inscrire dans une **logique de prudence** :

- Les substances d'intérêt prioritaire, mentionnées ci-dessus, ne sont pas spécifiques aux émissions de désodorisants non-combustibles. D'autres sources se trouvent classiquement dans les environnements intérieurs : produits ménagers, meubles, encens, bougies... **Les émissions de ces différentes sources peuvent se cumuler** ;
- **Les toxicités de toutes les substances détectées dans les émissions ne sont pas documentées**. Dans le cas des désodorisants non combustibles testés dans PRESSENS, environ 28 % des substances détectées ont pu être caractérisées par une valeur de toxicité. Il s'agit d'une des limites de la présente étude ;
- **La toxicité des mélanges de substances est difficilement évaluable** ; elle fait l'objet de travaux de recherche. Or, dans le cadre de cette étude, environ 250 COV ont été mesurés, dont certains sont connus pour produire des composés secondaires, par réaction avec d'autres substances présentes dans l'air intérieur....

Enfin, plusieurs des désodorisants non combustibles testés comprenaient des **huiles essentielles**. Celles-ci peuvent être utilisées avec divers systèmes de diffusion, dans le cadre de pratiques de soins non-conventionnelles et en milieu hospitalier. Dans l'objectif d'évaluer la balance bénéfices / risques de l'utilisation d'huiles essentielles, les risques sanitaires associés à certaines pratiques pourront être mis en regard des effets thérapeutiques démontrés.

Le projet de recherche ESSENTIEL [8] s'est intéressé spécifiquement à l'émissions de terpènes par des diffuseurs d'huiles essentielles (continus et transitoires) afin notamment de renseigner la dynamique d'émissions des COV lors de leur utilisation. L'application des scénarios d'exposition génériques, définis lors de la démarche ERS dans le cadre du projet PRESSENS, aux données d'émissions réalistes obtenues au cours du projet ESSENTIEL pourrait être une valorisation intéressante des résultats de chacun des projets, afin de fournir une analyse sanitaire pertinente pour les diffuseurs d'huiles essentielles testés.

7. Recommandations

Proposer de bonnes pratiques d'utilisation des désodorisants non combustibles

Les mesures réalisées dans des conditions maîtrisées en chambre d'essais mettent en évidence l'émission systématique de composés volatils lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles étudiés. L'utilisation de certains sprays du panel PRESSENS est également associée, systématiquement, en plus des émissions en COV, à des émissions importantes de particules. Ainsi, dans une logique de meilleure gestion de la qualité de l'air intérieur par un contrôle des sources, il apparaît donc important **de limiter au maximum l'utilisation de désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs**, afin de ne pas introduire de sources de pollutions supplémentaires.

Parmi les leviers d'actions qu'il serait pertinent de mettre en place, la définition et la diffusion de bonnes pratiques d'utilisation apparaissent également comme essentielles. Les recommandations suivantes pourraient alors être proposées :

- Privilégier l'utilisation des désodorisants non combustibles dans des **pièces de grand volume et bien ventilées** ;
- Privilégier **un usage modéré** : éviter d'utiliser plusieurs désodorisants non combustibles simultanément, limiter la fréquence d'utilisation (en particulier, éviter l'utilisation continue), privilégier les désodorisants non combustibles les moins émissifs (le cas échéant, avec un étiquetage portant sur les niveaux d'émission), etc. ;
- **Éviter l'inhalation directe** des émissions ;
- **Éviter l'utilisation lorsque des personnes sensibles se trouvent dans la pièce** : bébés, enfants, personnes souffrant de troubles respiratoires, femmes enceintes, etc.
- **Eviter d'utiliser un désodorisant non combustible** dans une pièce à vivre ou de sommeil **sans l'avoir au préalable utilisé une première fois** soit en extérieur, soit dans une pièce très ventilée.

Evaluer les émissions des désodorisants non combustibles

L'évaluation des émissions des désodorisants non combustibles apparaît **nécessaire pour renseigner sur les composés émis ainsi que sur leurs niveaux de concentrations associés**. Le protocole proposé dans le cadre du projet PRESSENS permet de disposer d'un cadre robuste et pertinent pour cette évaluation.

Au cours des essais d'évaluation des émissions des désodorisants non combustibles, il est apparu **une hétérogénéité des émissions de composés volatils et particulaires**, aussi bien sein d'une même catégorie, mais également pour des désodorisants non combustibles de même typologie. Il conviendra donc de prendre en compte cette particularité lors de la mise en place d'une réglementation basée sur un étiquetage en lien avec leurs émissions. Cette hétérogénéité, qui semble caractériser les émissions de plusieurs de ces désodorisants non combustibles, conduit à **renforcer la nécessité de les évaluer afin de disposer de données pertinentes** pour proposer des actions de limitation de cette source de pollution des environnements intérieurs.

Les observations issues de la phase expérimentale menée en conditions maîtrisées ont été confirmées par les essais conduits en échelle 1 et dans des conditions réalistes d'utilisation (notamment respect du mode d'emploi).

Informers les utilisateurs de désodorisants non combustibles

La compilation des données de composition issues (i) des fabricants et (ii) des analyses menées en laboratoire sur la composition liquide et la fraction organique volatilisable, des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS, montre que les **informations fournies par les fabricants au consommateur sont trop parcellaires**. En effet, elles renseignent peu sur les émissions induites par l'utilisation des désodorisants non combustibles en conditions réalistes. Aussi, il conviendrait de recommander aux fabricants de **réaliser une analyse à la fois de la composition liquide mais également de la fraction organique volatilisable** afin de présenter des indications fiables et pertinentes au consommateur.

Pour mettre en œuvre une diminution des expositions liées aux désodorisants non combustibles, **plusieurs mesures de gestion des risques peuvent être envisagées** au regard des conclusions de l'ERS.

En particulier, les actions d'information de la population générale pourraient être renforcées, notamment sur :

- **L'importance d'aérer les pièces des bâtiments**, pendant 10 minutes, au moins une fois par jour, été comme hiver [46, 57-60]. En complément, dans le cas d'utilisations ponctuelles de désodorisants non combustibles, une aération pourrait être recommandée une fois que l'expérience sensorielle recherchée est achevée ;
- Les **risques potentiels associés aux substances qui peuvent être émises** par les désodorisants non combustibles.

Proposition d'un étiquetage réglementaire basé sur les émissions des désodorisants non combustibles

Un système d'étiquetage d'informations basé sur les émissions des désodorisants non combustibles pourrait être un moyen pertinent pour diffuser ce type d'informations. Cet étiquetage associerait (i) le protocole d'évaluation des émissions robuste développé dans le cadre du projet PRESSENS et (ii) les substances d'intérêt identifiées par les résultats de l'ERS également réalisée au cours du projet PRESSENS. Cet étiquetage pourrait donc permettre, concrètement, d'abaisser le niveau d'émissions des désodorisants non combustibles mis sur le marché.

La forte variabilité des émissions mesurées suggère qu'il est possible : (i) D'élaborer un étiquetage discriminant qui fournirait aux acheteurs des informations permettant de diminuer significativement leur exposition ; (ii) Pour les fabricants, de réduire les émissions des désodorisants non combustibles les plus émissifs.

Réglementer la mise sur le marché des désodorisants non combustibles les plus émissifs

La faisabilité de réglementer la mise sur le marché des désodorisants non combustibles les plus émissifs serait également pertinente. Ce type d'action, qui s'est avéré délicat à mettre en pratique pour d'autres produits de consommation (avec un certain succès pour les produits de construction ; toujours en attente pour les produits d'ameublement, alors que l'action est inscrite dans la loi depuis près de 10 ans), pourrait débiter par **étudier la pertinence de réglementer la présence de certaines substances dans la composition des désodorisants non combustibles**.

Cohérence des mesures de gestion proposées

Ces propositions de mesures de gestion font écho aux travaux pilotés par le ministère en charge de l'environnement, portant sur la maîtrise des expositions liées aux désodorisants combustibles [61]. En particulier, le décret n° 2017-946 [62] rend obligatoire un affichage d'information sur les emballages des produits désodorisants combustibles, comprenant des pictogrammes. Cet affichage met en avant deux messages de précaution : (i) « Ventiler la pièce après utilisation » ; (ii) « Éviter d'inhaler directement la fumée ». Les dispositions de ce décret sont entrées en vigueur au 1^{er} janvier 2019 ; une adaptation et une extension aux désodorisants non combustibles pourraient être envisagées.

De la même façon, dans son avis sur un projet de décret relatif à l'étiquetage des produits désodorisants à combustion sur les informations de sécurité pour les utilisateurs [63], l'Anses a notamment mentionné que :

- « La démarche visant à indiquer aux consommateurs les informations de sécurité lors de l'utilisation ne peut constituer qu'une première étape d'information de l'utilisateur, [...] un étiquetage relatif aux émissions de ces produits doit être mis en œuvre à moyen terme » ;
- Sans mesures de gestion des risques complémentaires, une unique « diffusion d'informations de sécurité relatives à l'usage des produits reporte sur les consommateurs la responsabilité finale de l'exposition et la charge de s'en protéger ».

Perspectives

Par ailleurs, il est à noter que les désodorisants non-combustibles peuvent émettre **d'autres types de substances** dont notamment des phtalates, des substances sensibilisantes et des substances à l'état nanoparticulaire. **Les effets liés à ces substances sont aujourd'hui imparfaitement connus**. L'approfondissement des connaissances toxicologiques portant sur les substances dont les effets n'ont pas pu être caractérisés par une VTR constitue également un axe prioritaire d'étude.

A ce stade des connaissances, **une logique de prudence invite à diminuer les expositions pour les personnes les plus fragiles, telles que les femmes enceintes, les jeunes enfants et les personnes asthmatiques.**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. www.oqai.fr
2. Rohr A.C., Wilkins C.K., Clausen P.A., Hammer M., Nielsen G.D., Wolkoff P., Spengler J.D. 2002. Upper airway and pulmonary effects of oxidation products of (+)-alpha-pinene, d-limonene, and isoprene in BALB/c mice. *Inhalation Toxicology*, 14, 663-684
3. IARC, 2004. Overall evaluation of carcinogenicity to humans, formaldehyde (50-00-0). The IARC monographs series 88
4. Nazaroff W.W., Weschler C.J. 2004. Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants. *Atmospheric Environment*, 38, 2841-2865
5. Wolkoff P., Clausen P.A., Larsen K., Hammer M., Larsen S.T., Nielsen G.D. 2008. Acute airway effects of ozone-initiated d-limonene chemistry: Importance of gaseous products. *Toxicology Letters*, 181, 171-176
6. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2015. Utilisation d'encens et qualité de l'air intérieur : enjeux sanitaires, substances d'intérêt, bonnes pratiques. Rapport d'étude DRC-14-144018-06268CISO 16739, 02015
7. Uhde E., Salthammer T. 2007. Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality – A review of recent advances in indoor chemistry. *Atmospheric Environment*, 41, 3111-3128
8. Thevenet F., Verrielle M., Nicolas M., Angulo-Milhem S., Harb P., Caron F. 2021. Huiles essentielles et qualité de l'air intérieur : Emissions et transformations de composés organiques volatiles terpéniques issus de produits ménagers – Projet ESSENTIEL. <https://librairie.ademe.fr/>
9. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), Grammont V. « Données disponibles relatives aux émissions des produits de consommation courante dans l'environnement intérieur ». DRC-09-104121-01494B. 2009
10. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2010. Rapport pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE) « Rapport préliminaire en vue de l'étiquetage des produits de grande consommation. Classement en fonction des expositions dans l'air intérieur » DRC-10-109458-04047B
11. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2011. Rapport pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE). « Deuxième rapport préliminaire en vue de l'étiquetage des produits de grande consommation. Classement des bougies et des encens en fonction des émissions de composés organiques volatils et de particules dans l'air intérieur » DRC-11-115731-06669B
12. Nicolas M., Chiappini L., D'Anna B. 2013. Activités domestiques et qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires. Rapport final du projet de recherche ADOQ. APR PRIMEQUAL, 150p.
13. Nicolas M., Karr G., Real E., Maupetit F. 2019. Impact des produits d'entretien sur la qualité de l'air intérieur : Définition d'un protocole d'essais simple et harmonisé pour l'évaluation des émissions en composés volatils. Rapport final du projet de recherche PEPS. APR CORTEA Ademe, 164p.
14. AFNOR. 2015. NF EN 16738. Sécurité des émissions des désodorisants combustibles - Méthodes d'essais.
15. AFNOR. 2015. NF EN 16739. Sécurité des émissions de désodorisants à combustion - Méthodologie de l'évaluation des résultats d'essais et applications des limites d'émission recommandées.
16. AFNOR. 2015. NF EN 16740. Sécurité des émissions des désodorisants à combustibles - Informations de sécurité pour l'utilisateur.
17. Garnier P., Quivet E., Karr G., Albinet A., Maupetit F., Nicolas M., 2016. Evaluation of volatile organic compounds and particulate emissions of incense and candle in emission test chamber: impact of test parameters. Paper n°573. The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate, Ghent, Belgium. Garnier et al., 2016
18. Karr G., Albinet A., Buiron D., Quivet E., Maupetit F., Nicolas M. 2016. Scented candles and incenses as indoor air fresheners: health risk assessment from real emission measurements. Paper n°435. The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate, Ghent, Belgium.
19. Nicolas M., Buiron D., Quivet E., Albinet A., Karr G., Maupetit F. 2016. Field campaign characterization of incense and candle emissions in indoor environments (EBENE project). Paper n°414. The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate, Ghent, Belgium.

20. Nicolas M., Quivet E., Karr G., Real E., Buiron D., Maupetit F. 2017. Exposition aux polluants émis par les bougies et les encens dans les environnements intérieurs : Emissions et risques sanitaires associés. Rapport final du projet de recherche EBENE, 98p.
21. EPHECT. <https://sites.vito.be/sites/ephect/Pages/home.aspx>
22. Berger-Preiß E., Koch W., Gerling S., Kock H., Appel K.E., 2009. Use of biocidal products (insect sprays and electro-vaporizer) in indoor areas – Exposure scenarios and exposure modeling. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 212, 505–518
23. AFNOR. 2006. NF EN ISO 16000-9 : Air intérieur – Partie 9 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la chambre d'essai d'émission.
24. AFNOR. 2012. NF ISO 16000-6 : Air intérieur – 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 ou MS-FID.
25. AFNOR. 2011. NF ISO 16000-3 : Air intérieur – Partie 3 : Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés dans l'air intérieur et l'air des chambres d'essai – Méthode par échantillonnage actif.
26. CEN, 2013. Emission safety of combustible air refreshers – Test methods. CEN/TC 421 N46.
27. Ribéron J., O'Kelly P. 2002. An experimental toll at the service of indoor air quality in housing sector. Proceedings of the 9th International Conference of Indoor Air Quality and Climate Monterey, California
28. Manoukian A., Quivet E., Temime-Roussel B., Nicolas M., Maupetit F., Wortham H. 2013. Emission characteristics of air pollutants from incense and candle burning in indoor atmospheres. *Environmental Science and Pollution Research* 20, 4659-4670
29. Manoukian A., Buiron D., Temime-Roussel B., Wortham H., Quivet E. 2016. Measurements of VOC/SVOC emission factors from burning incenses in an environmental test chamber: influence of temperature, relative humidity, and air exchange rate. *Environmental Science and Pollution Research* 23 (7), 6300-6311
30. Vesin A., Quivet E., Temime-Roussel B., Wortham H. 2013., Indoor transfluthrin concentration levels during and after the application of electric vaporizers using a Proton-Transfer-Reaction Mass Spectrometer. *Atmospheric Environment* 65, 123-128
31. Vesin A., 2013. Suivi temporel des niveaux de concentration en atmosphère intérieure lors de l'application d'insecticides ménagers. Thèse de doctorat. Aix-Marseille Université
32. Nicolas M. 2006. Ozone et qualité de l'air intérieur: interactions avec les produits de construction et de décoration. Thèse de doctorat de l'Université Paris 7
33. Nicolas M., Ramalho O., Maupetit F. 2007. Reactions between ozone and building products: Impact on primary and secondary emissions. *Atmospheric Environment*, 41, 3129-3138
34. National Research Council (NRC) - Committee on the institutional means for assessment of risks to public health. Risk assessment in the Federal government: managing the process The National Academies Press 1983
35. National Research Council (NRC) - Committee on Improving Risk Analysis Approaches Used by the U.S. EPA - Board on Environmental Studies and Toxicology - Division on Earth and Life Studies. Science and Decisions: Advancing Risk Assessment. The National Academies Press 2009
36. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées - Impact des activités humaines sur les milieux et la santé. 2013. Ineris - DRC - 12 - 125929 - 131628
37. Dab W. Santé et environnement. Que sais-je ? n°3771. 2007
38. Bard D. Principes de l'évaluation des risques pour la santé publique liés aux expositions environnementales. *Rev. épidémiol. santé publique*, 1995. 43: p. 423-431
39. Institut de veille sanitaire (InVS) - aujourd'hui intégré à Santé publique France. Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact. 2000
40. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE – substances chimiques. 2003
41. Trantallidi M. et al. EPHECT III: Health risk assessment of exposure to household consumer products. *Science of the Total Environment*, 2015. 536: p. 903-913
42. Marichalar P. et al. Dictionnaire critique de l'expertise: santé, travail, environnement. Presses de Sciences Po 2015

43. Boudia S, Demortain D. La production d'un instrument générique de gouvernement. Gouvernement et action publique, 2014. (3): p. 33-53
44. Ministère des solidarités et de la santé. 2013. Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur. https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Plan_Qualite_de_l_air_interieur_octobre_2013.pdf
45. Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1)
46. Ministère des solidarités et de la santé. 2013. Plan national santé environnement (PNSE3) 2015-2019. <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/les-plans-nationaux-sante-environnement/article/plan-national-sante-environnement-pnse3-2015-2019>
47. Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils
48. Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils
49. 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
50. Arrêté du 28 mai 2009 modifiant l'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
51. Uhde E., Schultz N. 2015. Impact of room fragrance products on indoor air quality. Atmospheric Environment 106, 492-502
52. Nicolas M., Maupetit F. 2016. Caractérisation des émissions de polluants volatils par des désodorisants d'intérieur non combustibles. Rapport final SC-17-017 pour la DGPR
53. AFNOR. 2017. Produits de construction : évaluation de l'émission de substances dangereuses - Détermination des émissions dans l'air intérieur
54. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), Karr G. Utilisation d'encens et qualité de l'air intérieur : enjeux sanitaires, substances d'intérêt, bonnes pratiques. DRC-14-144018-06268C. 2015
55. Missia D et al. Literature review on, product composition, emitted compounds and emissions rates and health end points from consumer products. University of Western Macedonia (UOWM), 2012
56. Wolkoff P, Nielsen GD. Effects by inhalation of abundant fragrances in indoor air – An overview. Environment International, 2017. 101: p. 96-107
57. Institut national de prévention et d'éducation à la santé (INPES) - Ministère en charge du développement durable et Ministère en charge de la santé. Guide de la pollution de l'air intérieur. 2009. <http://inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/pdf/1187.pdf>
58. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). Au quotidien - un air sain chez soi. 2017.
59. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Caractérisation des transferts de pollution de l'air extérieur vers l'intérieur des bâtiments. Avis de l'Anses et rapport d'expertise collective. 2019. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2016SA0068Ra.pdf>
60. Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) et al. GUIDE GRAND AIR - Des idées pour inspirer ceux qui aspirent à changer d'air intérieur. 2016. https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide_grand_air.pdf
61. Ministère en charge de l'Environnement. Réduction de l'exposition aux principales sources de pollution de l'air intérieur. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/qualite-lair-interieur#e3> 21/10/2020 [Consulté le : 27/10/2020]
62. Journal officiel de la République française n°0110 du 11 mai 2017. Décret n° 2017-946 du 10 mai 2017 relatif à l'étiquetage des produits désodorisants à combustion sur les informations de sécurité pour l'utilisateur. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000034674812>
63. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à une demande d'avis sur un projet de décret relatif à l'étiquetage des produits désodorisants à combustion sur les informations de sécurité pour les utilisateurs. Saisine n°« 2016-SA-0256 ». 2017.
64. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Sprays et diffuseurs à base d'huiles essentielles à usage domestique. 2020. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2018SA0145Ra.pdf>

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, gaspillage alimentaire, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

COMPOSES VOLATILS ET PARTICULAIRES EMIS PAR DES DESODORISANTS NON COMBUSTIBLES

Le projet PRESSENS s'est intéressé à l'impact des polluants volatils et particuliers émis lors de l'utilisation de parfums d'ambiance, sur la qualité de l'air intérieur et l'exposition des occupants.

Les résultats des analyses comparatives de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable, réalisées sur quinze désodorisants non combustibles, ont montré que ces deux types d'analyses étaient nécessaires pour disposer d'indications fiables concernant la composition globale de ces produits.

Un protocole robuste et fiable d'évaluation des émissions de composés volatils et particuliers par des désodorisants non combustibles a été élaboré, permettant la détermination des facteurs d'émissions spécifiques d'une dizaine de diffuseurs. Enfin, une campagne de mesure des émissions en conditions réalistes, ainsi qu'une évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation de désodorisants non combustibles ont été menées et ont permis d'identifier les substances émises les plus préoccupantes, puis d'apprécier les enjeux sanitaires associés.

Des recommandations viennent compléter les résultats de ce projet, telles que l'invitation à limiter l'utilisation de désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs. En particulier, il convient d'éviter leur utilisation en présence de personnes sensibles (bébés, enfants, personnes souffrant de troubles respiratoires, femmes enceintes...).

Les informations de composition issues des éléments mis à disposition des utilisateurs par les fabricants se sont avérées parcellaires. Afin de disposer d'indications fiables et pertinentes, il est nécessaire de réaliser une analyse (i) de la composition liquide et (ii) de la fraction organique volatilisable.

Un protocole robuste d'évaluation des émissions de composés volatils et particuliers associant des scénarios spécifiques de mise en œuvre et une métrologie adaptée a été développé.

Les niveaux d'émissions observées sont apparus très variables au sein d'une catégorie, ainsi qu'au sein d'une typologie. De plus, pour un même désodorisant non combustible évalué, une hétérogénéité des émissions est également parfois notée.



EXPERTISES

