

HUILES ESSENTIELLES ET QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

ESSENTIEL : Emissions et transformations
de composés organiques volatils terpéniques
issus de produits ménagers

SYNTHESE



EXPERTISES

Oct.
2021

REMERCIEMENTS

Frédéric THEVENET
Marie VERRIELE
Mélanie NICOLAS

Professeur, IMT Lille Nord Europe
Maître-Assistante, IMT Lille Nord Europe
Ingénieure, CSTB

Shadia ANGULO
Pamela HARB
Florent CARON

Doctorante, IMT Lille Nord Europe & CSTB
Post-doctorante, IMT Lille Nord Europe
Post-doctorant, IMT Lille Nord Europe

Isabelle AUGEVEN BOUR
Souad BOUALLALA

Ingénieure, ADEME
Ingénieure, ADEME

CITATION DE CE RAPPORT

Thevenet F., Verriele M., Nicolas M., Angulo-Milhem S., Harb P., Caron F., 2021 Huiles essentielles et qualité de l'air intérieur – ESSENTIEL : émissions et transformations de composés organiques volatiles terpéniques issus de produits ménagers, Synthèse, 20 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'oeuvre 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 : 1762C0017

Étude réalisée par Frédéric THEVENET, Marie VERRIELE (IMT Nord Europe), Mélanie NICOLAS (CSTB) pour ce projet cofinancé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : IMT Douai
Appel à projet de recherche : Connaissances, réduction à la source et traitement des émissions dans l'air, CORTEA 2017

Coordination technique - ADEME : AUGEVEN-BOUR Isabelle, ingénieure
Direction villes et territoires durables / Service qualité de l'air



SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
1. Contexte, objectifs et enjeux du projet.....	6
2. Positionnement de la problématique des produits ménagers à base d’huiles essentielles en air intérieur.....	6
2.1. Des produits « <i>naturels</i> », certes, mais des produits sources de COV	6
2.2. Evaluer l’exposition des utilisateurs aux produits ménagers à base d’huiles essentielles	7
2.3. Renseigner le devenir des COV terpéniques en air intérieur.....	7
3. Sélection des produits ménagers d’intérêt pour le projet et type de caractérisations menées.....	8
4. Caractérisation de la composition liquide des produits ménagers et de la fraction volatilisable des produits de nettoyage	10
5. Caractérisation des émissions de terpènes associées à la diffusion d’huiles essentielles.....	10
5.1. Diffusion d’huile essentielle en enceinte de 1 m ³	11
5.2. Diffusion d’huile essentielle en enceinte de 40 m ³	11
5.3. Quel impact du volume de l’enceinte sur les essais d’émission d’huiles essentielles ?	12
6. Caractérisation des émissions de terpènes associées à la mise en œuvre de produits de nettoyage	12
6.1. Méthodologie de mise en œuvre des produits de nettoyage.....	12
6.2. Mise en œuvre des produits de nettoyage dans le chambre d’émission de 1 m ³	13
6.3. La question du formaldéhyde émis par les produits de nettoyage	13
6.4. Mise en œuvre des produits de nettoyage dans la pièce expérimentale IRINA de 40 m ³	14
6.5. Influence du volume de la chambre sur les essais d’émission des produits de nettoyage ..	14
7. Le devenir des terpènes en air intérieur	14
7.1. Matériaux des environnements intérieurs : des puits contrastés de terpènes	15
7.2. Processus réactifs impliquant des terpènes : source de polluants secondaires	15
8. Ce qu’il faut retenir du projet ESSENTIEL.....	16
9. Recommandations à l’issue du projet ESSENTIEL	16
9.1. Recommandations à destination des pouvoirs publics.....	16
9.2. Recommandations à destination du grand public	17

RÉSUMÉ

La problématique de la qualité de l'air intérieur (QAI) et de son impact sur la santé des occupants sont, à juste titre, une préoccupation croissante. De nouvelles pratiques émergent massivement, visant à réduire l'utilisation de produits chimiques industriels de synthèse et prônant l'entretien de la maison « au naturel », favorisant l'usage des huiles essentielles dans les produits de nettoyage ou de désodorisation. Elles revendiquent de cette manière un « assainissement » de la maison, notion qui reste particulièrement vague. En effet, si les huiles essentielles présentent des propriétés antibactériennes, sédatives ou anti-inflammatoires, le caractère irritant et allergisant pour les voies respiratoires des composés organiques volatils (COV) terpéniques qu'elles contiennent, ainsi que de leurs sous-produits potentiels, pose la question de l'exposition des occupants. Les études disponibles sur les émissions de terpènes en air intérieur à partir de produits ménagers à base d'huiles essentielles sont peu exploitables car utilisent des protocoles expérimentaux trop hétérogènes. Le devenir des espèces émises (dépôt sur les surfaces, réactivité avec les oxydants de l'air, formation de particules fines) a été peu étudié en air intérieur. Ces substances peuvent pourtant être préoccupantes d'un point de vue sanitaire.

Ce projet de recherche, financé dans le cadre de l'APR ADEME CORTEA 2017 porte sur la caractérisation de l'impact des huiles essentielles présentes dans les produits ménagers (produits de nettoyage, désodorisants et huiles essentielles pures) sur la qualité de l'air intérieur, à travers leurs émissions de composés organiques volatils terpéniques et le devenir de ces émissions. Le projet a été réalisé par IMT Lille Douai et le CSTB entre 2017 et 2021.

Les émissions de COV terpéniques, liées à l'utilisation de produits ménagers à base d'huiles essentielles, sont renseignées au travers de protocoles de mise en œuvre et d'usages réalistes. L'approche expérimentale élaborée a permis de caractériser les émissions en terpènes d'une large diversité de produits ménagers, au sein de chambres de différents volumes : micro-chambres d'émission et enceinte de 1 m³ et pièce expérimentale IRINA de 40 m³. Le projet a permis l'établissement de profils d'émission dans des conditions réelles ainsi que la mise en évidence des paramètres déterminant l'impact de l'utilisation de produits ménagers sur la qualité de l'air intérieur (masse de produit utilisée, mode d'application et formulation pour les produits de nettoyage ; influence du mode de diffusion pour les huiles pures).

En complément des résultats sur les huiles essentielles, la mise en évidence d'une cinétique particulière d'émission du formaldéhyde après usage de produits ménagers a permis de suspecter la présence de libérateurs de formaldéhyde au sein de certaines formulations, agissant en tant que source secondaire de ce COV réglementé.

Les émissions liées à la diffusion d'huiles essentielles ont également été caractérisées : des cinétiques d'émission, et donc des durées d'impact, très contrastées, ont été observées selon le mode de diffusion de l'huile essentielle d'arbre à thé (tea tree), utilisée comme huile modèle dans ce projet. Le dépassement des seuils critiques d'exposition établis par l'Union Européenne suite à l'utilisation de diffuseurs à huile essentielle a été mis en évidence pour l' α -pinène. Il a été montré que le type de terpène contenu dans l'huile essentielle d'arbre à thé, ainsi que les concentrations résultantes de sa diffusion, sont susceptibles de donner lieu à la formation en milieu oxydant de sous-produits gazeux oxygénés (formaldéhyde, acétone) et de particules fines.

Le projet a abouti à la proposition de préconisations à destination des politiques publiques, mais également des utilisateurs, les invitant à des pratiques raisonnées accompagnées d'une bonne aération des locaux.



ABSTRACT

The issue of indoor air quality (IAQ) and its impact on the health of occupants is a growing concern. New practices are emerging massively, aiming at reducing the use of synthetic industrial chemicals and promoting so-called "natural" home maintenance, by promoting the use of essential oils in cleaning or deodorizing products. In this way, they claim a "sanitation" of the house, a concept that remains particularly vague. Indeed, while essential oils undeniably have antibacterial, sedative or anti-inflammatory properties, the irritant and allergenic nature of the terpenoid VOCs (volatile organic compounds) they contain, as well as their potential by-products, raises the question of occupants' exposure. Beyond the emissions of terpenes from products based on essential oils, their fate (deposition on surfaces, reactivity with oxidants in the air, formation of fine particles) make them substances of particular concern for IAQ. The ESSENTIEL project, funded within the framework of the research call ADEME CORTEA 2017, aims at characterizing the impact of the use household products containing essential oils on IAQ through their emission as well as their fate. IMT Lille Nord Europe and CSTB carried out the project from 2017 to 2021.

The emissions of household products containing essential oils are determined through realist implementation protocols and uses. The experimental approach allowed characterizing the terpene emissions of a wide variety of cleaning products in experimental chambers of different volumes. They range from emission micro-chambers to the large experimental room of 40 m³IRINA. The project made it possible to establish emission profiles under real conditions and to highlight the parameters determining the impact of the use of household products on IAQ (mass of product used, mode of application, influence of formulation, etc.).

In addition, the demonstration of a particular kinetics of formaldehyde emission after use of some household products highlighted the presence of formaldehyde releasers in their formulation, acting as a secondary source of this regulated VOC.

Emissions linked to the diffusion of essential oils were also characterized. Very contrasting emission kinetics, and therefore impact durations, were observed depending on the mode of diffusion of the selected tea tree essential oil. The exceeding of the critical exposure limits established by the European Union following the use of essential oil diffusers is demonstrated. It is shown that the type of terpene contained in tea tree essential oil, and the concentrations resulting from its diffusion, are liable to give rise to the formation of gaseous by-products (formaldehyde, acetone) as well as fine particles, when oxidation of terpenes is initiated by typical indoor ozone levels.

Finally, the project allowed identifying and prioritizing the key surfaces of indoor environments, capable of acting as sinks with respect to terpenes VOCs. These gas-surface interactions are likely to influence the dynamics of indoor air pollutants and to delay the evacuation of terpenes emitted during cleaning activities and essential oil diffusion, thus potentially lengthening the exposure of occupants.

The project led to the proposal of recommendations intended for public policies but also for users, inviting them to reasoned practices, accompanied by a good room ventilation.

1. Contexte, objectifs et enjeux du projet

Désireux d'adopter un mode de vie écologique et durable, les occupants de la maison de demain cherchent à « *détoxifier* » leurs placards et remplacent les produits ménagers issus de l'industrie chimique par des produits plus respectueux de l'environnement. De nouvelles pratiques prônant l'entretien de la maison « *au naturel* » encouragent l'usage des huiles essentielles, à diffuser dans l'air ambiant ou à inclure dans les produits de nettoyage dits écologiques afin « *d'assainir l'air de la maison* » (*sic*). C'est sur ce point que ces comportements nouveaux sont parfois controversés et doivent être interrogés. Si les huiles essentielles disposent de propriétés antibactériennes et sédatives, le caractère irritant et allergisant des terpènes qu'elles contiennent, ainsi que leur réactivité avec les oxydants de l'air intérieur, questionnent leur impact sur la qualité de l'air intérieur. Bien que d'origine naturelle, ces substances sont potentiellement des sources massives de composés organiques volatils (COV) terpéniques, dont les émissions et le devenir dans les espaces intérieurs sont à renseigner.

L'**objectif général du projet de recherche ESSENTIEL** est de caractériser de manière globale l'impact de l'utilisation d'huiles essentielles sur la qualité de l'air intérieur en intégrant un volet « émission » ainsi qu'un volet « devenir des polluants ». L'objectif général est scindé en deux sous-objectifs complémentaires :

Objectif « Emission » / Qualifier et quantifier les émissions de COV, particulièrement en COV terpéniques, au cours de scénarii réalistes de mise en œuvre de produits ménagers à base d'huiles essentielles. Cet objectif permettra d'évaluer l'impact des émissions primaires issues des produits ménagers sur la qualité de l'air intérieur à l'aide de dispositifs expérimentaux reproduisant des conditions réalistes de l'air intérieur.

Objectif « Devenir des polluants » / Qualifier et quantifier le devenir des COV terpéniques du point de vue (i) de leur dépôt sur les surfaces présentes en air intérieur et (ii) de leurs transformations chimiques. En évaluant le piégeage des COV terpéniques, leur réactivité, cet objectif permettra de renseigner le devenir des COV émis par les produits ménagers à base d'huiles essentielles et l'impact des polluants secondaires potentiellement formés sur la qualité de l'air intérieur.

La démarche adoptée durant le projet vise en outre à :

- Proposer des protocoles d'essais préconisant des scénarii réalistes d'utilisation de produits ménagers à base d'huiles essentielles dans les environnements intérieurs afin de fournir des facteurs d'émissions représentatifs de leur mise en œuvre réelle.
- Fournir des paramètres quantifiés en termes de facteur d'émission de COV et de particules, des paramètres de sorption et de diffusion, et des coefficients de partition gaz / surfaces, afin de : (i) mieux évaluer l'impact des surfaces intérieures dans le devenir des COV terpéniques ; (ii) mieux évaluer la contribution de matériaux dépolluants ; (iii) intégrer ultérieurement les phénomènes hétérogènes gaz / surface dans les modèles de QAI.
- Fournir des données quantifiées pour émettre des recommandations quant à l'utilisation de produits ménagers à base d'huiles essentielles en environnement intérieur.

2. Positionnement de la problématique des produits ménagers à base d'huiles essentielles en air intérieur

Le projet de recherche ESSENTIEL a été initié par une analyse approfondie des données techniques, scientifiques et réglementaires associées aux produits ménagers à base d'huiles essentielles. Ce travail a permis d'identifier avec précision les enjeux et les besoins liés à ces produits en termes d'impact sur la qualité de l'air intérieur et d'exposition des personnes.

2.1. Des produits « naturels », certes, mais des produits sources de COV

Dans un premier temps, l'analyse du marché des produits ménagers à base d'huiles essentielles a permis de montrer que l'image des huiles essentielles en tant qu'ingrédients d'origine naturelle tend à réduire la perception de leurs impacts potentiels sur la qualité de l'air intérieur. Les propriétés physico-chimiques

des terpènes qui composent les huiles essentielles sont pourtant favorables à leur transfert de la phase liquide des produits vers la phase gazeuse, augmentant ainsi l'exposition des occupants aux COV. Néanmoins, tous les produits parfumés peuvent contenir une large gamme de COV terpéniques. Seuls quelques-uns, concernés par le Règlement Européen N°907/2006, sont indiqués sur les étiquettes des produits. Par conséquent, les consommateurs ne disposent pas d'informations claires concernant leur exposition potentielle, et une perception erronée de sécurité associée à l'achat de produits ménagers « naturels » est possible. Pourtant, l'analyse bibliographique montre que les émissions en COV terpéniques des produits ménagers à base d'huiles essentielles ne sont pas suffisamment prises en compte parmi les sources d'émissions intérieures, alors que leur importance est soulignée par la littérature scientifique associée. Ces émissions ne sont pas liées au bâti lui-même, mais dépendent directement des activités, des choix et des habitudes des occupants.

2.2. Evaluer l'exposition des utilisateurs aux produits ménagers à base d'huiles essentielles

Lorsqu'on cherche à évaluer l'exposition des utilisateurs de produits ménagers, ou des occupants des espaces où ils sont mis en œuvre, les données adéquates manquent car des méthodologies représentatives et reproductibles font défaut. Au-delà des habitudes d'utilisation, les émissions en COV terpéniques des produits ménagers peuvent être fortement affectées par les conditions environnementales intérieures telles que la température, l'humidité relative et le taux de renouvellement de l'air. Néanmoins, aucune étude n'a évalué spécifiquement l'influence de ces paramètres puisqu'il apparaît, lors de l'analyse bibliographique effectuée en amont du projet ESSENTIEL, que les données disponibles sont obtenues soit (i) en conditions non régulées, (ii) soit en conditions maîtrisées mais fixes.

Ce constat met en évidence un premier décalage entre les essais et la réalité des environnements intérieurs. De même, la diversité des chambres expérimentales en termes de (i) volumes, (ii) taux de renouvellement d'air, (iii) matériaux intérieurs, et (iv) facteurs de mélange, rendent difficiles les comparaisons inter-études et questionnent les écarts entre les expériences de laboratoire et les études de terrain.

Par conséquent, afin de réduire une telle variabilité et de rendre les études futures cohérentes avec la réalité des environnements intérieurs, le projet de recherche ESSENTIEL s'est attaché à développer des protocoles détaillés et représentatifs permettant une évaluation standardisée, réaliste et transposable des émissions de COV terpéniques par les produits ménagers à base d'huiles essentielles.

2.3. Renseigner le devenir des COV terpéniques en air intérieur

Au-delà des questions associées aux émissions, l'analyse bibliographique a permis de mettre en évidence le manque de données sur le devenir des COV terpéniques dans les environnements intérieurs. Ce point permet pourtant de fournir une vue globale et à long terme de leurs impacts sur la qualité de l'air intérieur. Il apparaît que le dépôt des terpènes sur des surfaces typiques des environnements intérieurs et sa dépendance vis-à-vis des paramètres environnementaux doit être renseigné de manière plus approfondie. Au-delà des processus de dépôt, comme en chimie atmosphérique (air extérieur), les oxydants intérieurs peuvent déclencher des réactions d'oxydation des terpènes. Par conséquent, malgré le fait que les activités de nettoyage soient effectuées pour améliorer la qualité de l'air intérieur et l'hygiène, les réactions des terpènes avec les oxydants intérieurs peut produire des quantités significatives de polluants secondaires.

Si le cycle de vie des terpènes en air intérieur est connu principalement dans son principe (Figure 1), l'analyse bibliographique montre clairement que ces deux points, dépôt et processus réactifs, ne sont que trop peu renseignés expérimentalement dans des conditions représentatives de l'air intérieur. Des efforts expérimentaux et des données sont donc attendus dans cette perspective.

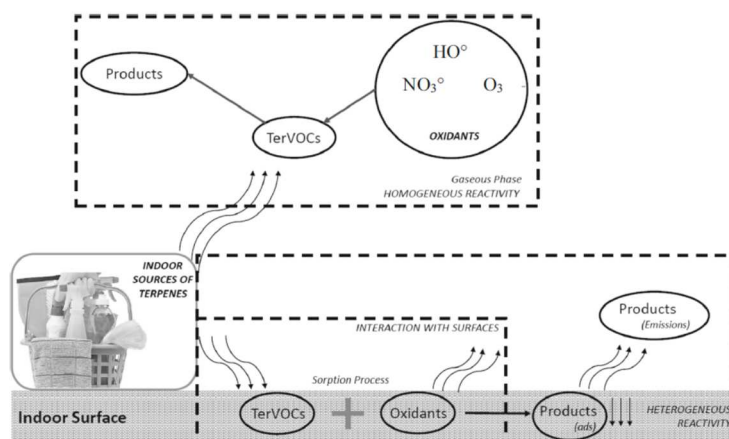


Figure 1 : schéma des différents processus déterminant le devenir des terpènes en air intérieur

3.Sélection des produits ménagers d'intérêt pour le projet et type de caractérisations menées

Le projet de recherche ESSENTIEL s'appuie sur l'étude de produits disponibles commercialement. Le périmètre du projet est circonscrit aux produits ménagers à base d'huiles essentielles, ce qui incluent (i) les produits de nettoyage contenant des huiles essentielles (désignés dans ce document par la lettre N), (ii) les désodorisants d'ambiance incluant des huiles essentielles dans leur composition (désignés dans ce document par la lettre D), (iii) et les huiles essentielles elles-mêmes associées à différents diffuseurs (désignées dans ce document par la lettre H). Différents types de diffuseurs d'huile existent sur le marché, ils se classent en 2 catégories : les diffuseurs transitoires, utilisés de manière ponctuelle, c'est à dire avec une quantité limitée d'huile ; les diffuseurs continus conçus pour être utilisés sur des périodes longues, sans interruption, avec des quantités d'huiles atteignant plusieurs grammes.

Le recensement des produits a permis de constater une forte hétérogénéité dans leurs compositions en terpènes, leurs modes de diffusion et leurs mises en œuvre. Trois critères de sélection ont été établis pour le projet afin de cibler des produits d'intérêt parmi 108 produits ménagers recensés.

- ❶ La sélection de produits doit couvrir les trois typologies de produits ménagers précités.
- ❷ La composition en terpènes doit être représentative des huiles essentielles les plus répandues dans les produits ménagers, et les concentrations en terpènes de la sélection de produits ménagers doivent être contrastées.
- ❸ Le format et les mises en œuvre des produits de nettoyage sélectionnés doivent être représentatifs de la diversité du marché pour évaluer au mieux l'impact du mode de mise en œuvre sur les émissions. La sélection comprend donc différentes formulations de produits : liquides, gels, sprays, lingettes, des produits de nettoyage avec et sans rinçage et des produits de nettoyage se distinguant par la quantité recommandée par utilisation.
- ❹ Les produits désodorisants étant en majorité en format *sprayable*, la sélection tiendra donc compte de cette représentativité sur le marché.
- ❺ Les deux modes de diffusion (transitoire et continue) doivent être considérés.

Le panel de produits ménagers retenus pour le projet se compose de : (i) huit produits de nettoyage « N » (ii) deux désodorisants / purifiants « D » ; (iii) une huile essentielle pure (huile essentielle d'arbre à thé) et un mélange d'huiles essentielles « H ». Deux systèmes de diffusion transitoire - un diffuseur par nébulisation, un diffuseur électrique (diffusion de l'huile par chauffage) et un diffuseur continu par capillarité, ont été étudiés et utilisés selon les recommandations techniques indiquées sur l'appareil.

Le projet de recherche ESSENTIEL a permis quatre types de caractérisation qui ont concerné tous ou quelques produits en fonction de la faisabilité et de la pertinence de l'analyse :

- ❶ La détermination de la teneur en terpènes contenus dans les produits ménagers sous forme liquide ;
- ❷ L'évaluation de la fraction volatilisable des produits ménagers, au moyen d'une micro-chambre d'émission ;
- ❸ L'évaluation des émissions liées à l'utilisation des produits ménagers, mis en œuvre selon un protocole réaliste dans une chambre d'1 m³ sous des conditions contrôlées ;
- ❹ L'évaluation des émissions liées à l'utilisation des produits ménagers, mis en œuvre selon un protocole réel dans une pièce expérimentale de 40m³ sous des conditions contrôlées.

Le Tableau 1 rassemble les produits ménagers d'intérêt étudiés dans le projet et précise (i) la catégorie de produits à laquelle ils appartiennent, (ii) leur format, (iii) leur mode de diffusion, (iv) l'huile essentielle entrant dans leur composition, ainsi que (v) le type de caractérisations qui ont été menées dans le cadre du projet. Notons que la catégorie des produits est un critère important puisque le protocole de mise en œuvre du produit repose sur celle-ci. Ainsi pour les produits N5 et N8, selon qu'ils sont utilisés comme un nettoyant de sol ou comme un nettoyant multi-usage, il convient d'adapter le protocole de mise en œuvre pour l'évaluation des émissions.

Tableau 1 : Listes des produits ménagers d'intérêt, catégorie, mode d'application ou de diffusion, huile(s) essentielle(s) entrant dans la composition du produit, et type de caractérisations menées dans le cadre du projet ESSENTIEL :
❶ Composition ❷ Fraction volatilisable (micro-chambre)❸ Emissions en chambre 1m³❹ Emissions en pièce 40m³ (☑ expériences réalisées en triplicat)

	Catégorie	Format	Mode de diffusion / d'utilisation	Huile essentielle	❶	❷	❸	❹
N1	Dégraissant cuisine	Spray non pressurisé		Pin	☑	☑		
N2	Dégraissant cuisine	Spray non pressurisé	Nettoyage Surface	Eucalyptus	☑	☑	☑	
N3	Nettoyant à vitres	Spray non pressurisé		Mélange dont citron	☑	☑		
N4	Nettoyant Multi-usage	Lingette		-	☑			
N5	Nettoyant Multi-usage	Liquide	Nettoyage Surface Nettoyage Sol	Mélange	☑	☑	☑	☑ ☑
N6	Nettoyant de surface	Spray non pressurisé	Nettoyage Surface	Lavande	☑	☑	☑	☑
N7	Nettoyant de surface	Liquide		Mélange dont eucalyptus	☑	☑		
N8	Nettoyant Multi-usage	Liquide		Menthe	☑	☑		
D1	Désodorisant d'ambiance	Aérosol		Pin et eucalyptus	☑	☑		
D2	Purifiant	Spray non pressurisé		Mélange d'huiles essentielles	☑	☑		
H1	Huile essentielle	Liquide	Nébulisation Electrique Capillarité	Arbre à thé pure	☑		☑ ☑ ☑	☑ ☑
H2	Huile essentielle	Liquide		Mélange	☑			

4. Caractérisation de la composition liquide des produits ménagers et de la fraction volatilisable des produits de nettoyage

L'objectif de cette première section expérimentale du projet est de caractériser la nature et la teneur en terpènes des différents produits sélectionnés contenant des huiles essentielles, en distinguant les produits de nettoyage, les désodorisants et les huiles pures. La composition terpénique de l'ensemble des produits ménagers est renseignée par chromatographie en phase gazeuse équipée d'un injecteur liquide. La composition de la fraction volatilisable des produits de nettoyage à 40 °C est caractérisée via une méthodologie spécifique utilisant des micro-chambres d'essai d'émissions. Le protocole établi pour l'évaluation de la fraction volatilisable n'est pas applicable aux désodorisants et huiles essentielles pures.

Les travaux de caractérisation de la composition globale des produits de nettoyage et désodorisants à l'état liquide constituent une base de données originale. Il en est de même pour l'évaluation des fractions qui sont potentiellement émises lors de la mise en œuvre des produits de nettoyage. **Cette première approche, si elle n'est pas représentative des conditions réelles de mise en œuvre des produits, permet néanmoins de montrer que ni la teneur en terpènes dans les produits, ni leur pression de vapeur individuelle ne sont les seuls facteurs déterminant leur transfert depuis la phase liquide du produit considéré vers la phase gazeuse.** Les essais en micro-chambres ne peuvent pas se substituer à ceux réalisés en chambres d'essai d'émission, mais constituent un outil complémentaire qui permet d'évaluer les concentrations transférables vers la phase gazeuse et de cibler rapidement les COV terpéniques potentiellement émis par les produits ménagers à base d'huiles essentielles. Les essais en micro-chambres constituent donc un préalable à une caractérisation détaillée des émissions du produit. Ces expériences doivent être accompagnées d'une évaluation des émissions effectives dans des conditions réalistes en chambre d'essai d'émission afin d'estimer avec précision l'exposition individuelle aux constituants du produit de nettoyage dans les scénarios d'application représentatifs.

Afin de conclure sur la transférabilité des terpènes contenus dans les produits de nettoyage, il est montré que les investigations doivent être poursuivies suivant deux axes : **(i)** en prenant en compte la matrice dans laquelle ils sont formulés ainsi que leurs modes d'application ; **(ii)** en poursuivant par des essais en chambre d'essai d'émission de plus grand volume (1 m³ et 40 m³) selon des scénarii réalistes et dans des conditions représentatives de l'air intérieur.

5. Caractérisation des émissions de terpènes associées à la diffusion d'huiles essentielles

Les huiles essentielles peuvent-elles être considérées comme une pratique de remédiation saine pour faire face aux enjeux actuels de l'air intérieur ? L'objectif de cette section du projet est de caractériser la dynamique des émissions de COV terpéniques lors de la diffusion d'une huile essentielle. Pour ce faire, l'huile essentielle d'arbre à thé a été diffusée au moyen de trois diffuseurs représentatifs du marché, mis en œuvre en chambre d'essai d'émission de 1 m³. Les impacts de la diffusion d'huiles essentielles sur la qualité de l'air intérieur sont discutés en termes de mécanismes de diffusion, de taux d'émission et de durée d'impact estimée sur l'air intérieur.

Diffuseur par nébulisation / Ce diffuseur transitoire est constitué d'un dispositif de diffusion sans eau, où l'huile essentielle est diffusée sous forme d'un aérosol. Un flux d'air est pulsé à la surface de l'huile et crée des microgouttelettes qui s'évaporent ensuite. Les essais menés à l'aide de ce dispositif de diffusion sont réalisés à une intensité de nébulisation moyenne.

Diffuseur capillaire / Dans ce diffuseur continu, un bâton en bois de hêtre est directement vissé sur le flacon d'huile essentielle. L'extrémité supérieure de ce bâton fibreux est exposée à l'air afin que le liquide volatil diffuse lentement dans l'interphase liquide-air.

Diffuseur électrique / Ce diffuseur transitoire évapore l'huile essentielle grâce à une source de chaleur modérée. La résistance de chauffage est maintenue dans un petit récipient en céramique émaillée à une température constante. Dans nos essais, l'appareil sélectionné chauffe l'huile à 65 ± 2 °C. La température de régime permanent est atteinte dans les 30 minutes suivant la mise sous tension de l'équipement. Il a

été montré lors d'essais préliminaires qu'un chauffage modéré permet l'évaporation de l'huile sans affecter sa composition chimique.

5.1. Diffusion d'huile essentielle en enceinte de 1 m³

La mise en œuvre des diffuseurs d'huile essentielle d'arbre à thé dans la chambre d'essai d'émission de 1 m³ montrent que l'utilisation de ces dispositifs dans des environnements intérieurs représente une source importante de COV terpéniques. Les niveaux de concentration associés à la diffusion des huiles essentielles ont potentiellement un impact sur la qualité de l'air intérieur pour une période allant de 5 heures avec les dispositifs transitoires (diffuseur électrique et diffuseur par nébulisation), et jusqu'à 60 jours pour les dispositifs de diffusion continue (diffuseur par capillarité).

Du point de vue de l'exposition des occupants, sur la base des résultats obtenus en enceinte de 1 m³, les diffuseurs transitoires sont associés à des taux d'émission élevés, soit environ 100 mg/h par diffuseur, pendant une courte période, de l'ordre de l'heure. En revanche, la diffusion continue est associée à des taux d'émission de terpènes nettement plus modérés, environ 5 mg/h par diffuseur, mais sur des durées beaucoup plus longues, potentiellement de l'ordre de plusieurs semaines. Par conséquent, les diffuseurs transitoires (électrique et nébulisation) peuvent être associés à des expositions aiguës, tandis que les diffuseurs continus (capillarité) entraînent une exposition chronique.

Les résultats des travaux conduits dans l'enceinte de 1 m³ donnent les premiers aperçus quantitatifs sur l'évaluation de l'exposition humaine associée à l'utilisation d'huiles essentielles dans les environnements intérieurs. Des études complémentaires sont menées dans l'enceinte de 40 m³.

5.2. Diffusion d'huile essentielle en enceinte de 40 m³

Les travaux de caractérisation de la diffusion d'huile essentielle à échelle réelle confirment que cette pratique représente une source majeure de terpènes en air intérieur. La dynamique des émissions des COV terpéniques dépend directement du dispositif de diffusion utilisé. En effet, les concentrations auxquelles les occupants sont exposés varient de quelques centaines à plusieurs milliers de ppb entre les diffuseurs d'huiles essentielles transitoires (diffuseur électrique) et continus (capillarité).

La diffusion des huiles essentielles par le diffuseur électrique dans une pièce expérimentale de taille réelle pourrait augmenter de façon transitoire la concentration totale en terpènes jusqu'à quelques milliers de ppb, dépassant considérablement les valeurs d'exposition critiques (CEL) établies pour certains terpènes. Les niveaux de concentration en COV terpéniques émis lors de la diffusion des huiles essentielles pourraient avoir un impact sur la qualité de l'air intérieur sur une période allant de 6 heures à 50 jours selon qu'on utilise un dispositif de diffusion transitoire ou continue.

Au niveau de l'exposition des occupants lors de la diffusion d'huiles essentielles dans des espaces confinés, il est montré que le diffuseur électrique étudié dans une pièce 40 m³ est associé à des taux d'émission allant jusqu'à 250 mg/h par diffuseur, pendant une courte période de temps, d'une durée d'une heure environ. En revanche, la diffusion continue est caractérisée par des taux d'émission plus faibles, environ 4 mg/h par diffuseur, mais sur une durée beaucoup plus longue : plusieurs dizaines de jours. Par conséquent, **l'approche à échelle réelle développée dans la pièce de 40 m³ confirme qu'un dispositif transitoire est plutôt associé à une exposition aiguë, tandis qu'un dispositif de diffusion par capillarité peut induire une exposition chronique des occupants.**

Au-delà de l'exposition des occupants, les essais à l'échelle réelle permettent de mieux comprendre les processus de transfert des terpènes depuis l'huile liquide vers la phase gazeuse. Ces travaux montrent que le transfert dans un volume de 40 m³ est principalement régi par (i) les propriétés physiques et chimiques intrinsèques du terpène considéré et (ii) l'abondance des COV terpéniques individuels dans l'huile essentielle pure.

Dans le cas du diffuseur transitoire électrique, les résultats obtenus confirment que le transfert des terpènes depuis l'huile essentielle vers l'enceinte de 40 m³ est principalement contrôlé par: (i) les concentrations massiques des terpène individuelles en phase liquide ; (ii) la volatilité intrinsèque des COV terpénique individuels, en relation avec la température du diffuseur, i.e. 65 ± 2 °C ; et (iii) le gradient de concentration qui s'établit en phase gazeuse et donc par conséquent par l'aérodynamique de l'enceinte d'essais. Ce dernier point indique que les paramètres de l'enceinte et notamment son volume sont à renseigner spécifiquement.

5.3. Quel impact du volume de l'enceinte sur les essais d'émission d'huiles essentielles ?

La comparaison des résultats obtenus dans la pièce expérimentale de 40 m³ avec ceux de la chambre de 1 m³ montre que le volume de l'enceinte impacte significativement: (i) les niveaux de concentration des terpènes émis ; (ii) les profils temporels des taux d'émission, y compris la durée du processus d'émission ; (iii) la durée d'impact sur la qualité de l'air intérieur. La Figure 2 propose une illustration de cette différence en présentant les évolutions temporelles des taux d'émission massiques de deux terpènes majoritairement émis lors de la diffusion transitoire d'huile essentielle d'arbre à thé. Le volume de l'enceinte utilisée pour conduire l'essai d'émission influence l'intensité du flux de transfert de masse des terpènes, c'est-à-dire le gradient de concentration qui régit le processus de diffusion. Les taux d'émission obtenus en pièce de 40 m³ sont donc plus représentatifs de la réalité de l'air intérieur. Par conséquent, pour une estimation précise de l'exposition individuelle aux espèces émises par la diffusion d'huiles essentielles et de leur impact sur la qualité de l'air intérieur, les protocoles expérimentaux doivent préférentiellement être mis en œuvre dans des pièces à échelle réelle (pièce expérimentale IRINA 40 m³) et dans des conditions réelles d'utilisation. L'évaluation des émissions dans de petites chambres expérimentales peut néanmoins fournir des informations liées aux tendances générales, telles que les principaux terpènes émis. Cependant, la mise en œuvre de chambres d'essai d'émission de faible volume (1 m³) pourrait conduire à une sous-estimation de l'exposition individuelle allant de 30 à 75 %, selon le terpène considéré. Par conséquent, les caractérisations des processus d'émission liés à la diffusion des huiles essentielles doivent être renseignées à travers des scénarios définis à l'échelle 1:1. Cette approche permet de reproduire la mise en œuvre réelle par les consommateurs et de fournir une évaluation précise des taux d'émission.

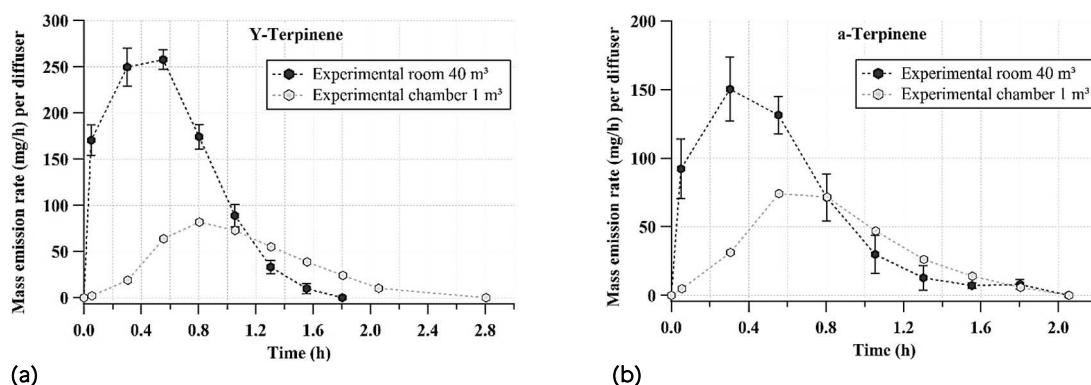


Figure 2 : Comparaison de l'évolution temporelle des taux d'émission massiques de γ -terpinène et α -terpinène, lors de la diffusion transitoire d'huile essentielle d'arbre à thé (H1) par diffusion électrique dans la pièce expérimentale IRINA de 40 m³ et la chambre d'essai d'émission de 1 m³ ($T = 23^\circ\text{C}$, $HR = 50\%$, $TRA = 0,3\text{ h}^{-1}$).

6. Caractérisation des émissions de terpènes associées à la mise en œuvre de produits de nettoyage

6.1. Méthodologie de mise en œuvre des produits de nettoyage

L'évaluation des émissions des COV terpéniques à partir des produits de nettoyage sélectionnés a été conduite à la fois dans la chambre d'essai de 1 m³ et dans la pièce expérimentale de 40 m³ IRINA. Elle a été principalement centrée sur des scénarios de nettoyage de surface. La procédure d'application du produit doit être basée sur le mode d'utilisation typique des consommateurs pour simuler une application réaliste. Les paramètres clés nécessaires pour définir une procédure d'application de produit spécifique et standardisée sont (i) la quantité de produit à appliquer et (ii) la surface à nettoyer. Ces paramètres ont été estimés à partir du facteur de charge et du rendement final d'application du produit de nettoyage après essuyage, appelé rendement du produit dans cette étude. Afin de réaliser un essai réaliste et comparable entre les deux chambres, une méthodologie de corrélation entre la chambre d'essai

d'émission de 1 m³ et la pièce expérimentale 40 m³ a été mise au point en prenant la pièce IRINA comme espace intérieur de référence.

6.2. Mise en œuvre des produits de nettoyage dans la chambre d'émission de 1 m³

Les travaux conduits dans la chambre d'émission de 1 m³ montrent que les produits de nettoyage contenant des huiles essentielles représentent des sources de terpènes en air intérieur. L'activité de ménage peut libérer transitoirement des concentrations de plusieurs dizaines à quelques centaines de ppb de COV terpéniques, dépassant les limites d'exposition établies.

Plusieurs facteurs sont identifiés comme déterminants dans le transfert de masse des terpènes depuis la phase liquide des produits de nettoyage appliqués, vers la phase gazeuse : (i) la concentration massique des terpènes individuels dans la phase liquide des produits, une corrélation entre les principaux terpènes présents dans des formats liquides et les terpènes majoritairement émis est observée pour les produits de nettoyage testés ; (ii) la formulation du produit de nettoyage, dont les solvants peuvent induire des interactions entre les terpènes et les constituants du nettoyant, avec un impact certain sur la dynamique des émissions ; (iii) la volatilité propre à chaque terpène.

Ces observations confirment que la concentration en terpènes individuels dans le format liquide n'est pas le seul facteur régissant leur transfert vers la phase gazeuse. Sur la base des produits étudiés, la dynamique d'émission temporelle des produits de nettoyage à base d'huiles essentielles ne peut donc pas être directement prédite de leur composition liquide, les essais d'émission sont nécessaires. Au-delà des propriétés intrinsèques des terpènes, leurs émissions sont impactées par la formulation du produit dans lequel ils sont dispersés.

Les protocoles d'essais déployés en chambre d'émission de 1 m³ au cours du projet ESSENTIEL ont été éprouvés dans le cadre des projets de recherche PEPS¹ (produits ménagers), et PRESSENS² (désodorisants non combustibles) pour un panel de produits ménagers intégrant des produits à base d'huiles essentielles. Dans le cadre du projet ESSENTIEL, il a été montré que les essais en chambre d'essai d'émission de 1 m³ imposent des limites quant au processus d'application réel des produits d'entretien. En raison du manque d'espace, les gestes d'application réels des consommateurs lors de l'exécution de l'activité de nettoyage ne peuvent pas être complètement reproduits. Par exemple, les étapes de rinçage ne peuvent être réalisées puisqu'elles impliqueraient une ouverture de la chambre d'essai qui pourrait induire des perturbations. Par conséquent, des évaluations plus réalistes des émissions de COV terpéniques issus des produits de nettoyage à base d'huiles essentielles dans des conditions d'utilisation réelles doivent être conduites dans une pièce échelle 1:1 autorisant une mise en œuvre des produits sans aucun compromis expérimental sur le protocole de mise en œuvre des produits de nettoyage.

6.3. La question du formaldéhyde émis par les produits de nettoyage

Le projet ESSENTIEL a montré que l'utilisation de certains produits sélectionnés pourrait représenter une source sous-estimée et mal renseignée de formaldéhyde dans les environnements intérieurs. En effet, la concentration en formaldéhyde à l'intérieur des bâtiments pourrait augmenter de plusieurs ppb à l'issue des activités de nettoyage en raison de la présence, dans les nettoyants, de composés non réglementés libérant du formaldéhyde.

Concernant les trois produits de nettoyage évalués dans notre étude, la présence de Bronopol® a été répertoriée par les fabricants uniquement pour le nettoyant N6. Sa présence peut expliquer le profil d'émission de formaldéhyde spécifique observé pour ce produit. Cependant, conformément à la législation européenne pour l'industrie des produits de nettoyage, de nombreux agents libérateurs de formaldéhyde ne sont pas tenus de figurer dans la liste des ingrédients du produit. Face à ce manque d'information, la corrélation entre le profil d'émission de formaldéhyde observé pour les produits de nettoyage testés et la présence de libérateurs de formaldéhyde dans leur composition est suggérée mais n'a pas été confirmée.

Par conséquent, l'utilisation de produits de nettoyage pourrait générer une concentration en formaldéhyde dans l'air intérieur avec une croissance continue sur le long terme. Les niveaux maximums émis peuvent alors persister dans l'environnement intérieur pendant plusieurs heures après la fin du nettoyage, sans une aération spécifique des locaux. Les libérateurs de formaldéhyde présents dans les produits de nettoyage représentent une source cachée de formaldéhyde, prolongeant l'impact des produits de nettoyage sur la QAI à hauteur de plusieurs dizaines de ppb de formaldéhyde, pendant plusieurs heures après la fin de l'activité domestique.

6.4. Mise en œuvre des produits de nettoyage dans la pièce expérimentale IRINA de 40 m³

Les essais réalisés au sein de la pièce expérimentale de 40 m³ permettent d'affiner l'identification et la compréhension des déterminants du transfert des terpènes depuis les produits de nettoyage vers la phase gazeuse. Les résultats obtenus confirment que le transfert en enceinte de volume réelle n'est pas exclusivement régi par leur concentration massique sous forme liquide, mais est aussi fortement influencé par plusieurs facteurs clés. Ces facteurs sont :

- (i) La formulation (composition) du produit de nettoyage, qui peut induire des interactions physiques et chimiques entre les espèces, modifiant leur cinétique d'émission ;
- (ii) L'utilisation de technologies visant à retarder ou prolonger l'émission de certaines espèces ;
- (iii) Le protocole d'application, c'est-à-dire la procédure de rinçage, la dilution du produit, la quantité de produit appliquée ;
- (iv) Les paramètres environnementaux à l'intérieur de l'enceinte, notamment l'humidité relative.

6.5. Influence du volume de la chambre sur les essais d'émission des produits de nettoyage

Au même titre que pour les huiles essentielles, le processus d'émission des terpènes contenus dans des produits de nettoyage est fortement impacté par le volume de la chambre expérimentale utilisée. Des variabilités en terme de quantités émises sont à noter mais également en termes de cinétiques d'émissions, comme le présente la Figure 3.

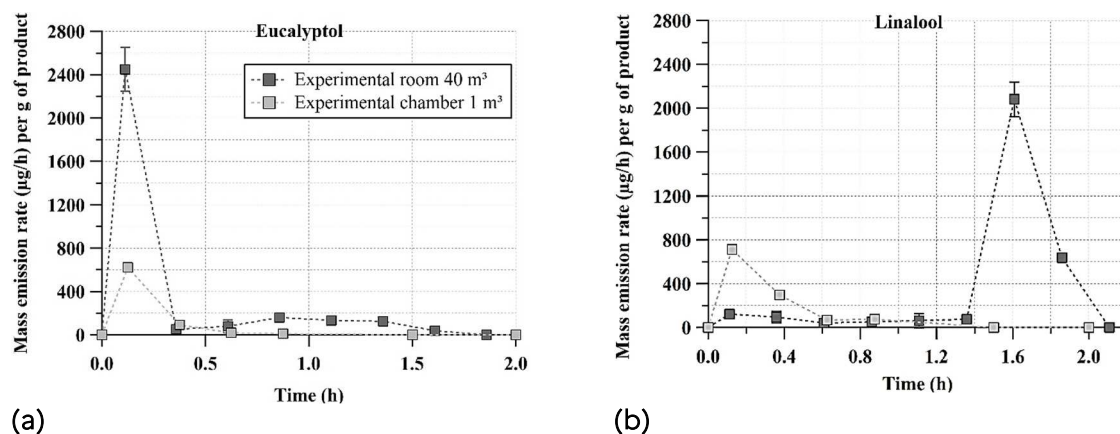


Figure 3: Comparaison de l'évolution temporelle des taux d'émission massiques des deux principaux terpènes émis en pièce expérimentale (40 m³) et en chambre d'essai d'émission (1 m³) lors de la mise en œuvre du produit nettoyant de surface (N6)
(T = 23 °C, HR = 50 % et taux de renouvellement d'air = 0,3 h⁻¹)

7. Le devenir des terpènes en air intérieur

Au-delà des sources d'émission, une description et une modélisation précises de la concentration des COV en air intérieur doit intégrer les phénomènes d'adsorption, l'émission secondaire des composés préalablement déposés, et les éventuelles pertes par réactions. Les travaux du projet de recherche ESSENTIEL sur le devenir des terpènes en air intérieur ont donc intégré deux volets complémentaires : (i) le transfert des terpènes sur les surfaces intérieures par dépôts, (ii) la consommation des terpènes par réactivité initiée par l'ozone. À cet égard, le projet fournit des données quantitatives permettant de décrire les processus de perte des terpènes par sorption et par réaction afin d'améliorer l'intégration de ces termes puits dans les modèles dédiés à l'air intérieur, et ainsi leur représentativité et notre compréhension du devenir des COV, particulièrement terpéniques.

7.1. Matériaux des environnements intérieurs : des puits contrastés de terpènes

La détermination du coefficient de partition du limonène pour une sélection de dix matériaux typiques des environnements intérieurs (textiles, verre, plâtres, matériaux bois) permet un classement quantitatif des principaux puits de terpènes. Les résultats révèlent des comportements très différents entre les matériaux sélectionnés en termes de quantité de limonène piégée. En effet, les coefficients de partition varient de $0,010 \pm 0,001$ m pour le verre à 1200 ± 50 m pour la plaque de plâtre modifiée. Les échantillons de verre, de polyester, d'OSB, de peinture acrylique et de panneau de particules sont classés comme des puits mineurs de limonène. Les échantillons de coton, de plaques de plâtre classique, de peinture glycérophthalique et de bois naturel sont identifiés comme des puits modérés. Enfin, l'échantillon de plâtre modifié agit clairement comme un puits majeur vis-à-vis du limonène. Les matériaux de ces deux dernières catégories sont à même d'affecter la concentration en phase gazeuse du limonène.

En outre, l'étude de la réversibilité de la fraction adsorbée fournit des informations sur les processus consécutifs à la sorption. Fait intéressant, certains matériaux classés comme puits modérés (peinture glycérophthalique et bois naturel) présentent des comportements mixtes puits / source en fonction de la concentration en phase gazeuse. Il est suggéré que ces matériaux peuvent agir comme des tampons, ou des modérateurs, de la concentration résultante en terpène en air intérieur. Les trois matériaux étudiés qui constituent les principaux puits de limonène (coton, plâtre classique et plâtre modifié) s'avèrent présenter un comportement de piégeage très majoritairement irréversible. Ils peuvent donc constituer sur le long terme des réservoirs surfaciques de terpènes dans les environnements intérieurs. Ces terpènes adsorbés restent alors potentiellement disponibles pour des réactions de surface.

7.2. Processus réactifs impliquant des terpènes : source de polluants secondaires

L'étude de la réactivité des terpènes en air intérieur dans des conditions réalistes a été conduite par la mise en œuvre du diffuseur par capillarité d'huile essentielle au sein de la pièce expérimentale IRINA dans laquelle une injection ponctuelle d'ozone est réalisée. Le pic d'ozone, similaire à celui résultant d'un épisode de pollution extérieure observé en période estivale, est à même de déclencher un processus réactif en air intérieur. Couplé à ce scénario, une approche multi-instrumentale a été mise en œuvre permettant de suivre la concentration de l'ensemble des espèces gazeuses et particulaires d'intérêt au cours des essais.

La réactivité des COV terpéniques initiée par l'ozone dans des conditions typiques de l'air intérieur, est une source secondaire significative d'espèces gazeuses et d'aérosols organiques. Les résultats montrent une consommation rapide et massive des réactifs, qui conduit à la formation d'acétone et de formaldéhyde, ainsi que des particules ultrafines (PM₁). Les deux caractéristiques majeures des processus réactifs étudiés sont leur dynamique temporelle très rapide et des rendements de formation des sous-produits importants. Les niveaux atteints en produits gazeux et particulaires sont à même d'impacter la qualité de l'air intérieur sur plusieurs heures. Les concentrations en formaldéhyde et acétone, respectivement augmentées à 10 ± 4 et 25 ± 5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, restent constantes dans la pièce expérimentale IRINA plus de 2 h après l'injection d'ozone. La concentration massique en PM₁ est supérieure à 100 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ au cours des 2 h suivant l'injection d'ozone. L'impact de cette réactivité sur la qualité de l'air intérieur est limité dans le temps par la quantité finie d'ozone injectée. Si le scénario mis en œuvre montre un impact du processus réactif, il ouvre aussi la question de l'exposition des occupants en cas d'apport régulier d'ozone sur plusieurs heures.

Ce travail constitue une première étape dans la prise en compte des processus réactifs impliquant les terpènes afin d'évaluer l'impact global de ces espèces sur la qualité de l'air intérieur, c'est à dire tout au long de leur cycle de vie en air intérieur. Il propose une stratégie et un protocole expérimental à l'échelle 1:1 maîtrisé permettant : (i) le contrôle des réactifs, (ii) le suivi des concentrations en espèces d'intérêt grâce à une approche multi-instrumentale et (iii) dans une chambre expérimentale de taille réelle et en conditions proches de la réalité de l'air intérieur.

8.Ce qu'il faut retenir du projet ESSENTIEL

A l'issue du projet de recherche ESSENTIEL, nous sommes parvenus à :

Définir des protocoles expérimentaux permettant de déterminer les taux d'émission des COV terpéniques de façon représentative et transposable en minimisant les biais d'échelle. Les données obtenues peuvent être utilisées en modélisation de la qualité de l'air intérieur ou en évaluation de l'exposition des occupants.

Caractériser les teneurs en terpènes de produits ménagers, depuis leur format liquide jusqu'aux espèces émises en air intérieur. Cette chaîne de caractérisation des teneurs terpéniques montre que la composition liquide d'un produit ne présage en rien de ses émissions en air intérieur.

Renseigner les dynamiques temporelles des concentrations en terpènes au cours de la mise en œuvre réelle de produits de nettoyage et de la diffusion d'huiles essentielles. **Evaluer** l'intensité des émissions et **estimer** leurs durées d'impact sur la QAI

Montrer la représentativité des essais réalisés en enceinte de grand volume et associer à chaque dispositif expérimental de caractérisation des émissions, ses avantages et ses limitations.

Quantifier le dépôt des terpènes à la surface de matériaux typiques des espaces intérieurs, hiérarchiser ces matériaux et identifier les puits ou réservoirs potentiels de terpènes à court et à long terme en air intérieur.

Identifier les sous-produits formés lors de la transformation des terpènes en air intérieur pour évaluer l'intensité et la durée de l'impact QAI des épisodes réactifs induits par l'ozone.

Ouverture du projet ESSENTIEL, interactions avec d'autres projets de recherche soutenus par l'ADEME

/ Le projet ESSENTIEL offre un socle de données expérimentales validées et réalistes sur les émissions des COV terpéniques lors de la mise en œuvre de produits de nettoyage et la diffusion d'huiles essentielles. Une valorisation complémentaire des résultats de ce projet consisterait à proposer une exploitation du point de vue sanitaire des données d'émissions liées à l'utilisation de produits ménagers à base d'huiles essentielles. Les projets PEPS¹ et PRESSENS² ont permis de construire des scénarios d'expositions génériques relatifs à l'utilisation de produits de nettoyage et de désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs, afin de caractériser les expositions chroniques associées. L'application de ces scénarios aux données d'émissions déterminées pour les produits de nettoyage et la diffusion d'huile essentielles dans le cadre du projet ESSENTIEL permettrait une analyse des expositions et des risques sanitaires spécifique à l'utilisation de produits contenant des huiles essentielles.

9.Recommandations à l'issue du projet ESSENTIEL

Dans une perspective d'amélioration de la qualité de l'air intérieur, les résultats obtenus dans le cadre du projet ESSENTIEL permettent à la fois d'orienter les politiques publiques et d'émettre des messages visant à sensibiliser les consommateurs avec pour objectif d'infléchir leurs comportements lors de l'utilisation de produits ménagers contenant des huiles essentielles.

9.1. Recommandations à destination des pouvoirs publics

L'objectif du projet de recherche ESSENTIEL n'était pas de confirmer ou infirmer les propriétés sanitaires des huiles essentielles. Il n'apporte donc pas de conclusion, ni de recommandation, sur l'usage de ces composés chimiques pour des actions antiseptiques ou anti-inflammatoires. En revanche, le projet apporte une image plus précise de l'impact des émissions de COV terpéniques issus des produits ménagers sur la qualité de l'air respiré dans les environnements intérieurs.

¹ Le projet de recherche ESSENTIEL établit clairement le fait que la teneur terpénique en phase liquide d'un produit de nettoyage ne permet pas de présager des émissions en COV terpéniques générées lors de sa mise en œuvre dans un environnement intérieur. **Par conséquent, imposer un détail de la composition en COV terpéniques des produits sur l'étiquetage n'est pas suffisant pour fournir une information pertinente sur leur impact sur la qualité de l'air intérieur. Ainsi, dans une perspective de normalisation et de hiérarchisation des produits de nettoyage par rapport à**

leur impact QAI, il ne faut pas s'appuyer sur les teneurs en terpènes dans le produit au format liquide, mais sur des essais d'émission.

② Du point de vue de la détermination de l'impact des produits ménagers sur la qualité de l'air intérieur, le projet ESSENTIEL montre que la hiérarchisation pertinente des produits en termes d'émission de COV terpéniques passe par l'utilisation d'enceintes de volume réaliste permettant une mise en œuvre réelle des produits ménagers. Une enceinte de grand volume associée à une mise en œuvre réelle et complète des produits permet de minimiser l'influence du protocole expérimental sur les processus de transfert des espèces depuis le produit appliqué vers la phase gazeuse. **Une proposition pertinente en termes de normalisation des essais d'émission impliquant des produits à base d'huiles essentielles est donc de recourir à l'utilisation d'enceintes de grand volume, ou de volume réaliste, a minima 30 m³.**

③ Enfin, il apparaît nécessaire de clarifier les termes et le vocabulaire associés à la promotion des produits ménagers à base d'huile essentielle. La notion de « purification » de l'air intérieur par les huiles essentielles présente une ambiguïté majeure vis-à-vis des consommateurs. Du point de vue de leur impact sur la concentration en COV dans les environnements intérieurs, les produits ménagers ne peuvent pas être revendiqués comme des produits « purifiants » ou « assainissants » de l'air. Au contraire, l'utilisation de produits de nettoyage à base d'huiles essentielles, de désodorisant et la diffusion d'huiles essentielles sont clairement des sources de COV qui peuvent se déposer sur les surfaces intérieures, voire réagir en présence d'oxydants et représenter alors des sources de polluants secondaires. **Il apparaît donc nécessaire d'encadrer les allégations portant sur les propriétés de ces produits en termes d'amélioration de la qualité de l'air intérieur.**

9.2. Recommandations à destination du grand public

En matière de qualité de l'air intérieur, il apparaît nécessaire de déconstruire l'association d'idées selon laquelle, du fait que les huiles essentielles sont des produits naturels issus des plantes, elles présentent une innocuité totale. Si les huiles essentielles présentent, selon plusieurs études disponibles, des propriétés antiseptiques et anti-inflammatoire, elles impactent en revanche directement la composition et la qualité de l'air que nous respirons lorsqu'elles sont diffusées dans les environnements intérieurs, ou sont utilisées pour parfumer les produits de nettoyage. **Un air intérieur qui offre une odeur agréable évoquant les plantes n'est pas nécessairement un air sain.**

Il ne s'agit pas de recommander une prohibition de l'utilisation d'huiles essentielles dans les espaces intérieurs, ni d'être alarmiste, mais de promouvoir une utilisation raisonnée et éclairée de ces composés.

① **Recommandation sur la diffusion d'huile essentielle /** Il convient de **privilégier la diffusion transitoires d'huiles essentielles** plutôt que la diffusion continue dans les espaces intérieurs. Cette orientation permettrait de (i) limiter le temps d'exposition primaire des occupants ; (ii) éviter l'accumulation des COV terpéniques à la surface des matériaux puits qui peut occasionner une exposition secondaire ; et (iii) limiter les épisodes réactifs et ainsi réduire l'exposition aux sous-produits (formaldéhyde, acétone, PM₁₀).

② **Recommandation sur la mise en œuvre de produits de nettoyage à base d'huile essentielle /** La diminution de l'exposition lors de la mise en œuvre de ces produits pourrait passer par le fait de **privilégier d'abord un nettoyage sans produit (chiffon humide, microfibre...) et le cas échéant, choisir des produits de nettoyage au format liquide en évitant l'application par spray et en favorisant les produits nécessitant un rinçage** afin de limiter la dispersion et l'accumulation dans l'environnement intérieur.

③ **Recommandation générale /** Il est nécessaire de **promouvoir l'aération des locaux** dans lesquels des produits ménagers à base d'huiles essentielles sont mis en œuvre.

Références

¹ Nicolas, G. Karr, E. Real, F. Maupetit. 2018. 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 /projet PEPS, 164 pages

² Nicolas, G. Karr, E. Quivet. 2020. Composés volatils et particulaires émis par les désodorisants non combustibles : définition d'un protocole d'essai, évaluation des émissions et analyse des risques sanitaires / projet PRESSENS. 100 pages

Liste des tableaux et figures

TABLEAUX

Tableau 1 : Listes des produits ménagers d'intérêt, catégorie, mode d'application ou de diffusion, huile(s) essentielle(s) entrant dans la composition du produit, et type de caractérisations menées dans le cadre du projet ESSENTIEL.....9

FIGURES

Figure 1 : schéma des différents processus déterminant le devenir des terpènes en air intérieur 8
Figure 2 : Comparaison de l'évolution temporelle des taux d'émission massiques de γ -terpinène et α -terpinène, 12
Figure 3: Comparaison de l'évolution temporelle des taux d'émission massiques des deux principaux terpènes émis en pièce expérimentale (40 m³) et en chambre d'essai d'émission (1 m³) lors de la mise en œuvre du produit nettoyant de surface (N6) 14

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, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - 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 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.



HUILES ESSENTIELLES ET QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Ce projet de recherche porte sur la caractérisation des émissions de composés organiques volatils lors de l'utilisation de produits ménagers à base d'huiles essentielles, ainsi que sur leur devenir dans les environnements intérieurs. Les produits ménagers étudiés sont des produits de nettoyage (sprays, lingettes, liquides), des désodorisants (sprays, aérosols) et des huiles essentielles pures.

Des durées d'impact très contrastées ont été observées, en fonction du mode de diffusion de l'huile essentielle d'arbre à thé. Ainsi, il convient de privilégier la diffusion temporaire d'huiles essentielles plutôt que la diffusion continue dans les espaces intérieurs afin de limiter le temps d'exposition des occupants.

Par ailleurs, le dépassement des seuils critiques d'exposition établis par l'Union Européenne a été mis en évidence pour l'α-pinène suite à l'utilisation de diffuseurs d'huile essentielle.

Il a également été montré que les concentrations en terpènes résultantes de la diffusion l'huile essentielle d'arbre à thé sont susceptibles de donner lieu à la formation en milieu oxydant de sous-produits gazeux oxygénés (formaldéhyde, acétone) et de particules fines.

Le projet a abouti à la proposition de préconisations à destination des politiques publiques mais également des utilisateurs les invitant à des pratiques raisonnées, accompagnées d'une bonne aération des locaux.

Il apparaît nécessaire d'encadrer les allégations portant sur les propriétés des produits ménagers à base d'huiles essentielles en termes d'amélioration de la qualité de l'air intérieur et de promouvoir l'aération des locaux dans lesquels ces produits sont mis en œuvre.

