

Activités domestiques et qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires

*Household products using and indoor air quality :
emission, reactivity and by-products*

Rapport final

Responsables scientifiques :

Mélanie NICOLAS, Laura CHIAPPINI

Auteurs :

Mélanie NICOLAS, Laura CHIAPPINI, Barbara D'ANNA

Céline CANNIER (CSTB), Sébastien FABLE (INERIS), Marianne FERNANDEZ (CSTB),
Claire GREUILLET (INERIS), Gwendal LOISEL (CSTB), Aurelie MEME (IRCELYON),
Jérôme NICOLLE (CSTB-IRCELYON), Chafika RIOUCH (CSTB), Romain ROLLET (CSTB),
Stéphanie ROSSIGNOL (INERIS), Priscilla THIRY (CSTB), Aurélien USTACHE (INERIS)

Avril 2013

Convention : 962C0071 du 17/12/2009



Grenoble
Pôle Ingénierie des Risques
Sanitaires
Mélanie NICOLAS
04.76.76.25.58



Verneuil-en-Halatte
Unité Chimie Métrologie Essais
Laura CHIAPPINI
03.44.55.65.89



Lyon
Equipe Air
Barbara D'ANNA
04.72.43.83.97

Résumé

Les activités domestiques (utilisation de produits ménagers) entraînent des émissions de composés organiques volatils (COV) pouvant réagir avec des oxydants présents dans les environnements intérieurs par transfert depuis l'extérieur ou provenant d'équipements électroniques. En particulier, les terpènes peuvent réagir avec l'ozone pour former notamment du formaldéhyde (Nazaroff and Weschler, 2004) dont les effets sur la santé ont été démontrés (Wolkoff et al., 2008), mais également des aérosols organiques secondaires (Sarwar and Corsi, 2007) dont la composition chimique n'est encore que partiellement connue (Hallquist et al., 2009) et dont les effets sanitaires commencent à être démontrés (Baltensberger et al., 2008; Nawrot et al., 2007). Les émissions des produits ménagers, les composés secondaires formés, doivent donc être identifiés pour évaluer l'exposition résultante des occupants.

Le projet ADOQ porte sur l'impact de l'utilisation des produits ménagers sur la qualité de l'air intérieur. Afin de répondre à cet objectif, les émissions de polluants liées aux activités domestiques dans l'air intérieur ont été caractérisées et la contribution réelle des produits de réaction secondaires sur la qualité de l'air intérieur a été évaluée. La méthodologie employée repose sur la combinaison de mesures en atmosphère réelle (maison expérimentale MARIA) et en atmosphère simulée (évaluation des produits ménagers en chambre d'émission contrôlée). Ainsi les facteurs d'émissions de 54 produits ont été caractérisés. Une dizaine de produits a été testée dans des conditions réalistes sur la base de scénarii préalablement établis. Pour tous les produits ménagers testés, une augmentation des concentrations en COV est observée. La corrélation observée entre ozone et formaldéhyde souligne son caractère secondaire. Successivement à l'emploi de certains produits ménagers les variations en limonène et en ozone corrélaient bien avec la formation de nouvelles particules de petites tailles, révélant ainsi la formation d'aérosols organiques secondaires. L'analyse chimique des phases gazeuses et particulaires met en évidence la présence de plusieurs composés polyfonctionnalisés dans les deux phases et suggère ainsi l'importance de considérer les deux voies d'exposition. Les analyses chimiques ont montré la formation de composés dont les effets sur la santé sont suspectés comme le méthylglyoxal et le 4-oxopentanal et d'autres composés dont les effets sur la santé sont encore inconnus. Le projet ADOQ a proposé une méthodologie d'évaluation des émissions chimiques des produits de consommation. De plus, les données d'émissions obtenues pourront alimenter des bases de données existantes (BUMAC, EPHECT) ou en définir une nouvelle spécifique aux produits d'entretien autant qu'alimenter les modèles destinés à évaluer l'exposition des utilisateurs et estimer le risque sanitaire associé.

Mots clefs : activités domestiques, produits ménagers, émissions primaires, émissions secondaires, réactivité, aérosols organiques secondaires, produits de réaction.

Abstract

Domestic activities and cleaning products use generate emissions of volatile organic compounds which can react with atmospheric oxidants coming either from outdoor or electronic equipments. More specifically, terpenes can react with ozone to form secondary pollutants such as formaldehyde whose carcinogenicity is well-known and Secondary Organic Aerosols (SOAs). Aerosols impact and health effects have been observed and confirmed for many years now by epidemiologic studies showing the influence of the aerosol size. The smaller particles can go deepest into the lungs reaching alveolar region. This is the case of SOA formed by nucleation and VOC condensation processes. SOA consequently display a very small particle diameter ($< 1,0 \mu\text{m}$). This implies the need to investigate secondary products (gases and SOA) formation pathways and chemical composition whose impact on human health is nowadays poorly known since it is still poorly characterized. The ADOQ project aims to assess the impact of household products on the indoor air quality by characterizing pollutants emissions from household products, and estimating the secondary products formed during domestic activities. The methodology lies on the combination of real atmosphere experiments (experimental house known as MARIA: Maison Automatisée pour des Recherches Innovantes sur l'Air: automated house for innovative air research) and simulated atmospheres (cleaning products evaluation in emission chambers). The emission factors of 54 products have been determined. A dozen of products has also been tested using various scenarii chosen previously. For all the tested products an increase in VOCs concentration is observed. Good correlation between ozone and formaldehyde suggests a secondary formation of such aldehyde. Upon the use of some household product decreases of limonene and ozone mixing ratios well correlated with formation of new small particle, suggesting a secondary formation of organic aerosols. Chemical analysis of both the gaseous and particulate phase showed the presence of several functionalized compounds in both phases, suggest the importance of the two exposition pathways. Such analyses also showed products formation for which health effects are suspected, as methyl glyoxal and 4-ozopentanal, and other products for which the health effects are still unknown. The ADOQ project proposed a new methodology for the evaluation of chemical emission of household products; such data can now be part of existing databases (BUMAC, EPHETC) or be used to build a new and specific database for household products. In addition those data can be used in models for the evaluation of user's exposure and sanitary risk.

Key words: domestic activities, household products, primary emissions, secondary emissions, reactivity, secondary organic aerosols, reaction products

Note de synthèse

Les produits de grande consommation en général et les produits ménagers en particulier constituent une source importante de polluants en air intérieur. L'exposition à ces polluants est d'autant plus importante qu'elle a lieu dans des milieux confinés, peu ventilés où l'on passe la grande majorité de notre temps. De plus, cette exposition reste encore aujourd'hui peu connue.

La loi Grenelle 1 stipule la poursuite des actions visant à améliorer la qualité de l'air intérieur notamment en ce qui concerne les connaissances du rôle des produits de grande consommation. Dans ce contexte, le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) soutient des travaux préliminaires en vue de l'étiquetage des produits de grande consommation.

Afin d'affiner cet étiquetage, la réalisation de travaux expérimentaux est nécessaire pour confirmer les substances cibles à intégrer. Or, la limitation en teneur dans les produits ne préjuge toutefois pas de l'exposition finale du consommateur, celle-ci dépendant de la catégorie du produit, de son usage et des réactions entre les substances chimiques émises entre elles et avec les substances présentes dans les environnements intérieurs. Comme pour les produits de construction et de décoration, des limites d'émission pourraient être fixées.

Le projet ADOQ vise à apporter des éléments de réponses à l'ensemble de ces questionnements au travers d'une méthodologie expérimentale permettant l'étude des produits ménagers et de l'évaluation des expositions qui résultent de leur utilisation. Cette étude s'articule en quatre temps :

1. Analyse de la composition chimique du produit ménager ;
2. Analyse des émissions et établissement des facteurs d'émission ;
3. Définition d'un scénario et caractérisation des polluants émis et formés successivement à l'emploi du produit ménager en condition réelle ;
4. Caractérisation de la réactivité liée aux émissions du produit ménager en atmosphère contrôlée

L'ensemble de cette méthodologie a été appliquée à quatre produits ménagers afin d'en démontrer la capacité à fournir l'ensemble des éléments d'information nécessaires à la caractérisation des émissions, de la réactivité et des expositions.

Des méthodologies plus légères ont été appliquées à un nombre plus importants de produits ménagers.

Ainsi les facteurs d'émissions de 54 produits ont été caractérisés. Ce travail permet non seulement d'établir une **méthodologie d'évaluation des émissions chimiques des produits ménagers** inspirée des normes ISO en vigueur en vue d'un étiquetage de ces produits, mais également de mettre à disposition de la communauté un nombre important de **données d'émissions** afin d'alimenter les bases de données existantes sur les produits de grande consommation ou plus spécifiques aux produits ménagers telle la base de données EPHECT. Ce type de données est en effet indispensable pour nourrir les modèles d'émission et de dispersion.

Parmi ces 54 produits, une dizaine a été testée dans des conditions réalistes sur la base de scénarii préalablement établis. Ce travail a permis dans un premier temps d'établir une méthodologie de tests et des scénarii d'évaluation des concentrations d'exposition en condition réelle.

Pour tous les produits ménagers testés, **une augmentation des concentrations en COV** a été observée systématiquement, de même que très fréquemment, **une augmentation des concentrations en aldéhydes**. Les variations de concentrations en limonène, la décroissance des concentrations en ozone, la formation de nouvelles particules de petites tailles, successivement à l'emploi de certains produits ménagers sont autant d'éléments révélateurs de **la formation d'aérosols organiques secondaires**. Des augmentations du nombre de particules de l'ordre de 50 nm jusqu'à 160 000 particules.cm⁻³ ont pu être mesurées pour des niveaux de fond de l'ordre de 4000 particules.cm⁻³.

La mise en œuvre combinée de deux techniques analytiques, différentes et complémentaires que sont les analyses sur filtre d'une part et le suivi en continu par AMS d'autre part, a permis de **caractériser les phénomènes d'émission et de formation de ces particules**. Ainsi, le suivi en continu des fragments organiques par AMS permet de discriminer les émissions primaires liées directement à l'emploi du produit ménager, des formations secondaires liées aux phénomènes de réactivité. La spéciation chimique quant à elle permet de confirmer la nature secondaire de ces formations, d'identifier les produits traceurs de la réactivité et les précurseurs.

La quantification des produits d'oxydation permet également d'estimer la part de l'AOS dans la masse totale de particules auxquels les personnes faisant l'action sont exposées, part faible, de l'ordre d'une vingtaine de pourcent. De petite taille, ces AOS participent peu à la masse totale, gouvernée par les particules de plus grosses tailles. Il n'en demeure pas moins que l'augmentation du nombre de particules de petite taille, inférieure à

100 nm, est important d'un point de vue sanitaire. En effet, alors que de nombreuses études épidémiologiques basées sur la mesure en masse des particules et plus particulièrement des PM_{2.5} et PM₁₀ ont démontré le lien entre l'exposition à ces PM et l'augmentation de la mortalité et de la morbidité (Pope III, 1996 ; Pope III and Dockery, 2006 ; Polichetti et al., 2010), un nombre grandissant de travaux suggère que la santé est d'autant plus affectée par les particules inférieures à 100 nm (Delfino et al., 2005; Englert, 2004) dont la détermination du nombre et de la composition chimique est de ce fait un enjeu sanitaire majeur. La distribution granulométrique des particules dans l'air ambiant fait d'ailleurs l'objet actuellement de travaux de normalisation.

De plus, ces nouvelles particules peuvent jouer le rôle de noyau de condensation pour des composés primaires émis en phase gazeuse, lors de l'emploi du produit ménager. Ces composés comme le DPGME ou le 1-butoxypropanol, dont les effets sous leur forme gazeuse ont été démontrés comme négligeables, se retrouvent alors en phase particulaire qui pourrait représenter une nouvelle voie d'exposition à ces composés.

L'analyse chimique des phases gazeuses et particulaires a également mis en évidence la formation de composés dont les effets sur la santé sont suspectés comme le méthyl glyoxal et le 4-oxopentanal (Anderson et al., 2007 ; Anderson et al., 2010) mais également d'autres composés dont les effets sur la santé sont encore méconnus tels les diacides carboxyliques (acide lévullinique et acide limonique), les dialdéhydes (limonaldéhyde)... **Ces analyses mettent en évidence la présence de plusieurs composés fonctionnalisés autant dans la phase gazeuse que particulaire et suggèrent ainsi l'importance de considérer les deux voies d'exposition.**

Enfin, parmi la dizaine de produits ménagers testés en atmosphère réelle, un a été choisi afin d'évaluer l'importance des phénomènes de réactivité vis-à-vis de l'ozonolyse dans des conditions maîtrisées en faisant varier les concentrations en ozone. **L'augmentation des concentrations en ozone a généré une augmentation des concentrations en formaldéhyde, soulignant ainsi son caractère secondaire.** Ces essais ont également mis en évidence l'émission de NO₂, composé aux effets sanitaires avérés mais également susceptible d'induire des phénomènes de réactivité de surface avec possible production de HONO, un important précurseur de radicaux OH.

Ces essais ont également permis d'observer plusieurs épisodes de nucléation successifs mettant ainsi en évidence l'existence de plusieurs précurseurs, émis plus ou moins rapidement après l'utilisation de certains des produits testés.

L'ensemble des essais en atmosphère réelle, l'analyse de la composition chimique du produit ménager et les essais en atmosphère contrôlée suggèrent l'émission d'autres précurseurs et d'autres voies réactionnelles que l'ozonolyse pour la formation d'AOS ainsi que le rôle éventuel des amines dans ces processus.

Enfin, d'un point de vue pratique, outre la mise au point d'une **méthodologie d'évaluation des émissions chimiques des produits ménagers**, le projet ADOQ met à disposition de la communauté un nombre important de **données d'émissions** et de **concentrations en polluants dans l'air intérieur obtenues dans des conditions réelles**. Ces données pourront être utilisées dans une **évaluation des risques sanitaires**, comparable aux évaluations faites dans le cadre de la réglementation REACH. Les données disponibles restent limitées au regard du nombre de produits existants et des substances émises, et des variabilités des conditions d'utilisation et d'exposition, l'évaluation restera indicative. Elle permettra néanmoins de **hiérarchiser les substances et les types de produits et d'utilisations en fonction des risques potentiels respectifs. Ce travail de hiérarchisation devra s'appuyer sur un travail de revue des données toxicologique disponibles**. En effet, pour la plupart des composés identifiés comme majoritairement émis, peu de données existent. **Elle sera ainsi utile pour orienter les travaux futurs et, le cas échéant, les actions de prévention** (étiquetage et information des consommateurs notamment).

Table des matières

RESUME	2
ABSTRACT	3
NOTE DE SYNTHÈSE	4
TABLE DES MATIÈRES	6
LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES	8
TABLE DES ABREVIATIONS	12
GLOSSAIRE	13
I. CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET	14
II. METHODOLOGIE	16
A. PHASE 1 : SELECTION DES PRODUITS	16
1. <i>Choix des produits</i>	16
2. <i>Mesures en chambre d'essais d'émissions</i>	18
3. <i>Analyse de la composition chimique des produits</i>	18
B. PHASE 2 : CAMPAGNES ESTIVALE ET HIVERNALE	19
1. <i>Choix des scénarii d'utilisation des produits ménagers</i>	20
2. <i>Organisation des campagnes</i>	21
3. <i>Description de la campagne estivale</i>	23
4. <i>Description de la campagne hivernale</i>	25
C. PHASE 3 : ÉVALUATION DE LA REACTIVITE EN ATMOSPHERE CONTROLEE	27
III. RESULTATS	28
A. PHASE 1 : SELECTION DES PRODUITS	28
1. <i>Facteurs d'émissions spécifiques</i>	28
2. <i>Identification des composés organiques volatils</i>	32
3. <i>Choix des produits</i>	34
4. <i>Conclusion et valorisation</i>	35
B. CAMPAGNE ESTIVALE	35
1. <i>Niveaux de fond</i>	35
2. <i>Synthèse des résultats</i>	35
3. <i>Conclusion et valorisation</i>	37
C. RESULTATS DE LA CAMPAGNE HIVERNALE.....	38
1. <i>Niveaux de fond</i>	38
2. <i>Synthèse des résultats</i>	38
3. <i>Conclusions et valorisation</i>	40
D. PHASE 3 : ÉVALUATION DE LA REACTIVITE EN ATMOSPHERE CONTROLEE	41
1. <i>Principe</i>	41
2. <i>Résultats</i>	41
3. <i>Conclusions et valorisation</i>	43
IV. DISCUSSION	44
A. ÉVALUATION DES ÉMISSIONS ET EXPOSITION	44
1. <i>Méthodologie d'évaluation des émissions des produits</i>	44
2. <i>Choix de traceurs en vue d'un étiquetage des émissions</i>	45
3. <i>Exposition</i>	46
B. COMPOSITION CHIMIQUE ET REACTIVITE.....	47
1. <i>ADOQ-53</i>	47
2. <i>ADOQ-50</i>	59
3. <i>ADOQ-39</i>	70
4. <i>ADOQ-20</i>	79
5. <i>Conclusions</i>	86
V. VALORISATION, DELIVRABLES ET PERSPECTIVES	87
LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS	90

BIBLIOGRAPHIE	91
ANNEXES	95
A. FACTEURS D'EMISSIONS SURFACIQUES ET MASSIQUES DES 54 PRODUITS TESTES EN CHAMBRE D'ESSAI D'EMISSION.....	96
B. REPARTITION DES COV IDENTIFIES ET DES 15 ALDEHYDES RECHERCHES, DANS LES 54 PRODUITS TESTES	132
C. NOTES GLOBALES DES PRINCIPAUX COMPOSES VOLATILS IDENTIFIES	140
D. FORMULES CHIMIQUES DES COMPOSES IDENTIFIES LORS DE L'ANALYSE DES PRODUITS PURS	141

Liste des tableaux et des figures

Figure 1 : Types et conditionnements des 54 produits testés	16
Figure 2 : Chambre d'essai d'émission (CSTB)	18
Figure 3 : Maison expérimentale MARIA du CSTB (Champs-sur-Marne)	19
Figure 4 : Instrumentation de l'étage de MARIA (analyseurs C2-C6, C6-C12, ozone, oxydes d'azote, SMPS, système de prélèvements pour Tenax TA et DNPH)	23
Figure 5 : Exemple de scénarii d'utilisation d'un nettoyant de sol parquet mis en œuvre dans la chambre et d'un nettoyant pour vitres mis en œuvre dans la cuisine	24
Figure 6 : Concentration des différents polluants (oxydes d'azote, ozone et PM ₁₀) le 8 juillet 2010	24
Figure 7 : Concentrations extérieures moyennes de l'ozone, des oxydes d'azote et des PM ₁₀ (données AIRPARIF 2010, station de Tremblay-en-France)	25
Figure 8 : Epurateur d'air intérieur utilisé comme source d'ozone lors de la campagne hivernale.....	25
Figure 9 : Filtration et mélange gazeux (figure de gauche) ; Chambre réactionnelle du banc d'essai (figure de droite)	27
Figure 10 : Répartition des produits en fonction de leur facteur d'émission surfacique (en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)	31
Figure 11 : Concentrations en PM ₁₀ mesurées au niveau de la station de mesure AIRPARIF située à Tremblay en France et concentrations en PM _{2.5} mesurées par le TEOM-FDMS dans MARIA	38
Figure 12 : Evolution des concentrations en ozone, NO ₂ et en aérosols (nombre et masse) au cours de l'essai à 100 $\mu\text{g m}^{-3}$ d'ozone	42
Figure 13 : Evolution des concentrations en limonène et des particules en nombre et en masse pour la journée du 01/02/11 (à gauche) et du 07/02/11 (à droite)	49
Figure 14 : Détail de l'augmentation massive de la concentration en particules à partir de l'emploi du produit ADOQ-53 (flèche verticale) pour les journées du 07/02/11 (graphiques de gauche), du 22/02/11 (graphiques du milieu) et du 23/02/11 (graphiques de droite). Discrimination entre l'augmentation due aux particules de diamètre inférieur à 600 nm (mesure SMPS) et celle due aux particules de diamètre supérieur à 0,5 μm (mesure APS).....	50
Figure 15 : Evolution temporelle des principaux paramètres physico-chimique dans la cuisine de MARIA avant, pendant et après l'utilisation du produit ménager ADOQ-53 pour la journée du 22/02/11 (figure de gauche). Evolution temporelle de la distribution granulométrique des particules avant et après l'application du produit ADOQ-53 en présence d'ozone (figure de droite).....	51
Figure 16 : Produit ADOQ-53 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (07/02/2011). Evolution dans le temps de la fraction particulaire (diamètre 40-1000nm) de l'organique (vert), du nitrate (bleu), du sulfate (rouge), de l'ammonium (jaune), de l'eau (turquoise) et comparaison avec la masse des particules obtenue par le SMPS (diamètre 10-600nm et densité 1,2 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$).....	52
Figure 17 : Produit ADOQ-53 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (07/02/2011) - Superposition des spectres de masse de la fraction particulaire avant l'action (en rouge) et pendant l'action (en bleu).....	52
Figure 18 : Produit ADOQ-53 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (07/02/2011). Evolution dans le temps de certains fragments.	53
Figure 19 : Distribution en taille du produit ADOQ-53 en fonction de la composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge). (a) : avant l'application du produit (intégration entre 16h09 et 16h39), (b) dès le début de l'action (intégration entre 16h42 et 16h51) et (c) après le pic de l'action (intégration entre 16h54 et 17h24).	54
Figure 20 : Composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge, ammonium : jaune) des particules émises lors de l'utilisation du produit ADOQ-53 en fonction de leur gamme de taille : entre 20 et 126 nm (a) et entre 126 et 800 nm (b). Comparaison avec la composition des particules du fond (c).....	55
Figure 21 : Evolution du rapport O/C (atomique) lors de l'analyse AMS à 35eV du produit ADOQ-53 en présence d'ozone (07 février).....	58
Figure 22 : Evolution des concentrations en limonène et des particules en nombre et en masse pour la journée du 02/02/11 (à gauche) et du 08/02/11 (à droite).	61
Figure 23 : Détail de l'augmentation massive de la concentration en particules à partir de l'emploi du produit ADOQ-50 (flèche verticale) pour les journées du 08/02/11 et du 23/02/11 (graphique de droite). Discrimination entre l'augmentation due aux particules de diamètre inférieur à 600 nm (mesure SMPS) et celle due aux particules de diamètre supérieur à 0,5 μm (mesure APS).....	62
Figure 24 : Evolution temporelle des principaux paramètres physico-chimique dans la cuisine de MARIA avant, pendant et après l'utilisation du produit ménager ADOQ-50 pour la journée du 23/02/11 (figure de	

	gauche). Evolution temporelle de la distribution granulométrique des particules avant et après l'application du produit ADOQ-50 en présence d'ozone (figure de droite).....	63
Figure 25 :	Produit ADOQ-50 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (08/02/2011). Evolution temporelle de la fraction particulaire (diamètre 40-1000nm) : organique (vert), nitrate (bleu), sulfate (rouge), ammonium (jaune), eau (turquoise) et masse des particules obtenue par le SMPS (diamètre 10-600nm et densité 1,2 g.cm ³).....	64
Figure 26 :	Produit ADOQ-50 analysé à 35eV en présence d'ozone (08/02/2011) - Superposition des spectres de masse de la fraction particulaire avant l'action (en rouge) et pendant l'action (en bleu).....	64
Figure 27 :	Produit ADOQ-50 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (08 février) - Evolution dans le temps de certains fragments.	65
Figure 28:	Distribution en taille du produit ADOQ-50 en fonction de la composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge). (a) avant l'application du produit (intégration de 12h09 à 13h09), (b) dès le début de l'action (intégration entre 13h12 et 13h42) et (c) 30 minutes après l'application du produit (intégration entre 13h45 et 14h45).....	66
Figure 29 :	Composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge, ammonium : jaune) des particules émises lors de l'utilisation du produit ADOQ-50 en fonction de leur gamme de taille : de 40 à 110 nm (a) ; de 110 à 800 nm (b) et de 320 à 900 nm pour les particules du fond, avant l'utilisation du produit ADOQ-50.....	66
Figure 30 :	Evolution du rapport O/C (atomique) lors de l'analyse AMS à 35eV du produit ADOQ-50 en présence d'ozone (08/02/2011).....	70
Figure 31 :	Evolution temporelle des principaux paramètres physico-chimique dans la cuisine de MARIA avant, pendant et après l'utilisation du produit ménager ADOQ-39 pour les journées du 11/02/11 et du 24/02/11.....	72
Figure 32 :	Produit ADOQ-39 analysé par AMS à 70eV en présence d'ozone (24/02/2011). Evolution dans le temps de la fraction particulaire (diamètre 40-1000 nm) de l'organique (vert), du nitrate (bleu), du sulfate (rouge), de l'ammonium (jaune), de l'eau (turquoise) et comparaison avec la masse des particules obtenue par le SMPS (diamètre 10-600 nm et densité 1,2 g.cm ³). Echelle temporelle en UT.	73
Figure 33 :	Produit ADOQ-39 analysé par AMS à 70eV en présence d'ozone (24/02/2011) - Superposition des spectres de masse de la fraction particulaire avant l'action (en rouge) et pendant l'action en bleu (à gauche) et évolution dans le temps de certains fragments (à droite).	74
Figure 34 :	Distribution en taille du produit ADOQ-39 en fonction de la composition (organiques : vert, nitrate : bleu, sulfate : rouge). (a) avant l'application du produit (intégration de 11 :21 à 12:03 1), (b) dès le début de l'action (intégration entre 12 :12 et 12:27) et (c) 15 minutes après l'application du produit (intégration entre 12:27 et 13:09).	74
Figure 35 :	Composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge, ammonium : jaune) des particules émises lors de l'utilisation du produit ADOQ-39 en fonction de leur gamme de taille de 50 à 220 nm (a) et de 220 à 1000 nm (b) - Comparaison avec la composition des particules du fond de 220 à 1000 nm, avant l'utilisation du produit ADOQ-39 (c).....	75
Figure 36 :	Evolution du rapport O/C (atomique) lors de l'analyse AMS à 70eV du produit ADOQ-39 en présence d'ozone (24 février).....	78
Figure 37 :	Evolution des concentrations en limonène et des particules en nombre et en masse pour la journée du 01/02/11 (à gauche) et du 10/02/11 (à droite)	81
Figure 38 :	Distribution granulométrique des particules mesurées le 01 (à gauche) et le 10/02/2011 (à droite) lors de l'emploi du produit ADOQ-20.....	81
Figure 39:	Produit ADOQ-20 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (10/02/2011). Evolution dans le temps de la fraction particulaire (diamètre 40-1000nm) de l'organique (vert), du nitrate (bleu), du sulfate (rouge), de l'ammonium (jaune), de l'eau (turquoise) et comparaison avec la masse des particules obtenue par le SMPS (diamètre 10-600 nm et densité 1,2 g.cm ³)	83
Figure 40 :	Produit ADOQ-20 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (10 février) - Superposition des spectres de masse de la fraction particulaire avant l'action (en rouge) et pendant l'action (en bleu).....	83
Figure 41 :	Produit ADOQ-20 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (10/02/2011) - Evolution dans le temps de certains fragments.	84
Figure 42 :	Distribution en taille du produit ADOQ-20 en fonction de la composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge), (a) : avant l'application du produit (intégration entre 10h27 et 10h54), (b) : pendant l'action (intégration entre 11h09 et 11h36).....	84
Figure 43 :	Composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge, ammonium : jaune) des particules émises lors de l'utilisation du produit ADOQ-20 en fonction de leur gamme de taille : de 100 à 330	

nm (a) et de 330 à 1100 nm (b) - Comparaison avec le fond de particules, avant l'utilisation du produit ADOQ-20 : de 100 à 330 nm (c) et de 330 à 1100 nm (d).....	85
Figure 44 : Evolution du rapport O/C (atomique) lors de l'analyse AMS à 35eV du produit ADOQ-20 en présence d'ozone (10/02/2011).....	85
Tableau 1 : Liste des produits ménagers présélectionnés dans le cadre du projet ADOQ.....	17
Tableau 2 : Conditions des essais en chambre d'émission.....	18
Tableau 3 : Conditions des prélèvements en chambre d'émission.....	18
Tableau 4 : Caractéristiques des pièces de MARIA étudiées.....	19
Tableau 5 : Synthèse des conditions expérimentales de l'étude AFSSET-CSTB (Solal et al., 2008).....	20
Tableau 6 : Scénarii d'utilisation des produits testés dans MARIA.....	21
Tableau 7 : Planning de la campagne d'été (SDB : salle de bain, CHB : chambre, CUI : cuisine, SCN : scénario multi-activités, TRA : taux de renouvellement d'air ; CTR : contrôles).....	23
Tableau 8 : Planning de la campagne d'hiver (CUI : cuisine ; SNC ; scénario multi-activités ; CTR : contrôles des instruments de mesure). En bleu les essais sans ozone, en rouge les essais avec ozone.	26
Tableau 9 : Débits d'émissions surfaciques des 54 produits testés en chambres d'essai d'émission.....	29
Tableau 10 : Débits d'émissions massiques des 54 produits testés en chambres d'essai d'émission.....	30
Tableau 11 : Identification et répartition des COV retrouvés dans au moins 5 produits testés.....	33
Tableau 12 : Résultats de la campagne estivale. Concentrations avant et après l'action (i.e., utilisation du produit ménager testé) en ozone, COV totaux (COVt), limonène, formaldéhyde et Pcl. : nombre de particules – nd : non disponibles	36
Tableau 13 : Résultats de la campagne hivernale. Concentrations avant et après l'action (i.e., utilisation du produit ménager testé) en ozone, COV totaux (COVt), limonène, formaldéhyde et nombre de particules (nd : non disponible).....	39
Tableau 14 : Résumé des essais réalisés sur le banc.....	41
Tableau 15 : Nombre, masse et mode des aérosols formés, concentrations en NO ₂ , limonène et formaldéhyde en fonction de la concentration en ozone	41
Tableau 16 : Concentrations en COV mesurées par TENAX (µg m ⁻³)	42
Tableau 17 : Nombre, masse et mode des aérosols formés en fonction de la concentration en ozone.....	43
Tableau 18 : Synthèse des scénarii d'utilisation de produits réalisés au cours du projet pour 4 produits.....	44
Tableau 19 : Synthèse des scénarii d'utilisation de produits réalisés au cours du projet pour 4 produits.....	46
Tableau 20 : Composés détectés dans le produit ADOQ-53 pur	47
Tableau 21 : Résumé des quatre essais mettant en jeu le produit ADOQ-53.....	48
Tableau 22 : Classement des principaux ions fragments caractéristiques du produit ADOQ-53 en fonction de leur évolution temporelle lors de l'action et tentative d'assignation. Les fragments indiqués en bleu sont également présent dans le fond de particules, c'est-à-dire avant l'introduction du produit ADOQ-53.....	53
Tableau 23 : Composés carbonylés en phase gazeuse et/ou particulaire suite à l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond (avant utilisation du produit). Quand aucun étalon n'est disponible, un pourcentage d'augmentation est donné (22/02/11).....	56
Tableau 24 : Quantification des composés hydroxylés et acides carboxyliques observés en phase gazeuse et/ou particulaire au moment de l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond, avant utilisation du produit (22/02/11).....	57
Tableau 25 : Vitesse de réaction vis-à-vis de l'ozone et estimation du temps de vie dans l'atmosphère du limonène, de l'α et du β-pinène (calculé avec une concentration en ozone de 80 µg m ⁻³).	57
Tableau 26 : Composés détectés dans le produit ADOQ-50 pur	60
Tableau 27 : Résumé des quatre essais mettant en jeu le produit ADOQ-50.	61
Tableau 28 : Classement des principaux ions fragments caractéristiques du produit ADOQ-50 en fonction de leur évolution temporelle lors de l'action.	65
Tableau 29 : Quantification des composés carbonylés en phase gazeuse et/ou particulaire à l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond (avant utilisation du produit) pour le 23/02/11.....	68
Tableau 30 : Quantification des composés hydroxylés et acides carboxyliques observés en phase gazeuse et/ou particulaire au moment de l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond (avant utilisation du produit) pour le 23/02/11.	69
Tableau 31 : Composés détectés dans le produit ADOQ-39 pur	71
Tableau 32 : Résumé des quatre essais mettant en jeu le produit ADOQ-39	72

Tableau 33 : Classement des principaux ions fragments caractéristiques du produit ADOQ-39 et tentative d'assignation.....	74
Tableau 34 : Quantification des composés hydroxylés et acides carboxyliques en phase particulaire au moment de l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond (avant utilisation du produit) pour le 24/02/11.....	76
Tableau 35 : Quantification des composés hydroxylés et acides carboxyliques en phase particulaire au moment de l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond (avant utilisation du produit) pour le 24/02/11.....	77
Tableau 36 : Composés détectés dans le produit ADOQ-20 pur	79
Tableau 37 : Résumé des deux essais mettant en jeu le produit ADOQ-20.....	79
Tableau 38 : Quantification des composés carbonylés en phase particulaire au moment de l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond pour le 10/02/11.	82
Tableau 39 : Classement des principaux ions fragments caractéristiques du produit ADOQ-20 et tentative d'assignation.	84

Table des abréviations

AMS : Aerosol Mass Spectrometer (spectromètre de masse à aérosol)

AOS : Aérosol Organique Secondaire

APS : Aerosol Particle Sizer

BEUC : Bureau européen des unions de consommateurs

BHT : Butylated HydroxyToluene (N°CAS 128-37-0)

COSV : Composés Organiques Semi-Volatils

COV : Composés Organiques Volatils

COVt : Composés Organiques Volatils totaux

CREDOC : Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie

DPGME : DiPropylene Glycol Monomethyl Ether (N°CAS 34590-94-8)

DNP : Dinitrophenylhydrazine

EPHECT : Emissions, Exposure Patterns and Health Effects of Consumer Products in the EU

ERA Envhealth : Environment and Health research in Europe

IARC : International Agency for Research on Cancer (Agence internationale de recherche sur le cancer)

ISIAQ : International Society of Indoor Air Quality and Climate

MTBSTFA : N-(tert-butyl dimethylsilyl)-N-methyltrifluoroacetamide

MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie

OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

PFBHA : O-(2,3,4,5,6-Pentafluorobenzyl)hydroxylamine

PM : Particulate Matter (matière particulaire)

pTOF : Particule Time-Of-Flight

QSAR : Quantitative structure–activity relationship models

REACH : Règlement sur l'Enregistrement, l'Evaluation, l'Autorisation et les Restrictions des substances Chimiques

SCHER : Scientific Committee on Health and Environmental Risks (Comité scientifique sur la santé et le risque environnemental)

SER : facteur d'émissions spécifique

SERa : facteur d'émission surfacique

SERq : facteur d'émission massique

SMPS : Scanning Mobility Particle Sizer

TD/GC/MS/FID : Thermodésorption / Chromatographie gazeuse / spectrométrie de masse / Détection à Ionisation de Flamme

TEOM-FDMS : Tapered Element Oscillating Microbalance (Microbalance à Elément Conique Oscillant) - Filter Dynamics Measurement System

TRA : Taux de Renouvellement d'Air

Glossaire

COVt : somme des composés organiques volatils éluant entre le n-hexane et le n-hexadécane (norme NF ISO 16000-6, AFNOR 2005).

Facteur d'émission spécifique : quantité de composé volatil émise par un produit, par unité de temps.

Facteur d'émission surfacique : quantité de composé volatil émise par un produit, par unité de surface et par unité de temps.

Facteur d'émission massique : quantité de composé volatil émise par un produit, par unité de masse et par unité de temps.

Produits de grande consommation : dans le cadre de ce projet, regroupe l'ensemble des produits de consommation courant, à savoir les produits ménagers, les bougies, les encens, les parfums d'ambiance, les désodorisants, les produits pour le linge...

Produits ménagers ou produits d'entretien : dans le cadre de ce projet, regroupe l'ensemble des produits de nettoyage, à savoir les nettoyants multi-usages et spécifiques (meubles, sols, salle de bains, cuisine, WC, vitres), les eaux de javel, les produits vaisselle.

Produits de construction : regroupe l'ensemble des matériaux et composants retrouvés dans les bâtiments (structure, enveloppe et intérieur).

I. Contexte et objectifs du projet

La qualité de l'air intérieur dépend principalement de trois facteurs : la qualité de l'air extérieur, les conditions de ventilation et 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, cela révèle la prépondérance des sources de pollution intérieures. Les sources de pollutions intérieures sont nombreuses et variées: les occupants et leurs activités (fumée de tabac, activités de cuisine, bricolage), les produits de construction, de décoration, d'ameublement et de bureautique, mais aussi les désodorisants d'intérieur et les produits d'entretien. Si certaines de ces sources de pollution sont relativement bien connues et parfois maîtrisées, par exemple par l'utilisation de certains labels permettant la sélection de produits de construction « faibles émissions », de nombreuses sources de pollution de l'air restent encore mal connues et documentées. C'est le cas de la plupart des produits de grande consommation : bougies, encens, parfums d'ambiance, produits d'entretien...

« 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 and Salthammer, 2007 dans leur revue sur l'impact des produits de réaction issus des émissions de produits de construction et des produits de grande consommation dans l'air intérieur. En effet, les produits de construction (Nicolas et al., 2007 ; Destailats et al., 2008), l'emploi de produits de grande consommation tels que les détergents, les encens, les désodorisants et produits d'entretien (Nazaroff and Weschler, 2004 ; Solal et al., 2008) émettent de nombreux composés organiques volatils (COV) dans l'air intérieur où ils peuvent réagir avec les agents oxydants (ozone, radicaux OH et nitrates) pour former des produits secondaires, potentiellement plus toxiques que les COV précurseurs. Ainsi, les réactions des terpènes avec l'ozone et en particulier celles du limonène, largement présent dans les produits d'entretien, ont récemment été étudiées et ont montré entre autre la formation de formaldéhyde et d'aérosols organiques secondaires (Sarwar and Corsi, 2007 ; Wolkoff et al., 2008). Certaines études ont également démontré le lien entre ces réactions et une perception altérée de la qualité de l'air (Tamas et al., 2006) ainsi que des manifestations sanitaires immédiates (Wolkoff et al., 2008).

Cependant, les phénomènes de réactivité dans l'air intérieur liés aux émissions des matériaux et produits de grande consommation sont encore peu connus et l'exposition des populations qui en résulte peu évaluée. Cette exposition des populations à des espèces potentiellement polluantes est d'autant plus importante que :

- la population passe près de 90 % de son temps en air intérieur ;
- les émissions qui y ont lieu sont « diluées » dans de très faibles volumes, faiblement ventilés ;
- les sujets sont bien souvent au plus près de la source.

Ainsi, des actions aussi courantes que faire la cuisine (Lai et al., 2004; Zhu and Wang, 2003), se chauffer (Lai et al., 2004), faire le ménage (Nazaroff and Weschler, 2004) peuvent être à l'origine de l'émission de polluants et de ce fait de l'exposition des populations à des COV potentiellement toxiques.

Par exemple, la mesure en continu du formaldéhyde, composé classé depuis juin 2004 dans le groupe 1 de l'IARC (International Agency for Research on Cancer), c'est à dire cancérigène certain pour l'homme (IARC, 2004) a mis en valeur une formation secondaire en grande quantité ($\sim 200 \mu\text{g m}^{-3}$) de ce composé suite à l'utilisation de produits détergents et lave-vitre (Chiappini et al., 2009).

A l'heure actuelle, les travaux de recherche sur les émissions de polluants volatils (COV et aldéhydes) par les produits de construction et de décoration, ainsi que l'ameublement, sont bien avancés et un protocole d'évaluation en chambre d'essai d'émission a notamment été défini par l'AFSSET¹ (2006, 2009). Toutefois, il existe peu de données sur les autres sources potentiellement émettrices de polluants dans l'air intérieur, et notamment celles liées aux activités domestiques. Les travaux disponibles sont issus de mesures en chambre d'essai. Ces manques d'informations sont encore plus significatifs pour l'évaluation réelle de l'exposition des occupants aux COV émis par les produits ménagers, en conditions réalistes.

Cette évaluation a été identifiée d'intérêt majeur par le SCHER (Scientific Committee on Health and Environmental Risks) dans un rapport établissant l'état des lieux des connaissances sur la qualité de l'air intérieur et des risques sanitaires associés ainsi que les orientations nécessaires en matière de recherche (SCHER, 2007). De plus, le projet de Loi « Grenelle 1 » adopté en première lecture par le Sénat le 10 février 2009 prévoit dans son article 35 la mise en place d'un étiquetage obligatoire des émissions de composés volatils par les produits de construction, de décoration et d'ameublement.

¹ L'AFSSET et l'AFFSA ont fusionné le 1^{er} juillet 2010 pour former l'ANSES.

Il est également prévu que l'Etat publie une étude sur la nécessité d'étendre cette mesure à d'autres catégories de produits de grande consommation susceptibles de polluer l'air intérieur, tels que les produits d'entretien.

Le but de ce travail est donc d'identifier et de quantifier les composés volatils (COV et aldéhydes) et les particules, émis et formés par des actions dites domestiques liées à l'emploi de produits ménagers et d'entretien, d'évaluer l'influence des paramètres environnementaux tels la température, l'humidité relative et le taux de renouvellement d'air, sur ces émissions ; et de différencier la part des émissions primaires des émissions secondaires, en particulier dans le cas du formaldéhyde. Ces travaux ont pour objectif de proposer une méthodologie adaptée à la caractérisation des émissions de ces produits dans l'air intérieur et d'apporter les données nécessaires à **l'évaluation du risque encouru par la personne réalisant l'activité domestique** ainsi que par son environnement afin d'identifier **les actions à mener au jour le jour pour réduire l'exposition aux COV et particules secondaires**. Ce projet de recherche pourra ainsi fournir des éléments de réflexion en vue de la mise en place future d'un **étiquetage des émissions de composés volatils** par certains produits tel que prévu dans le cadre du Grenelle de l'Environnement.

Dans ce contexte, nous nous proposons de répondre aux points suivants, listés dans le thème 2 de l'appel à projet « mieux appréhender les sources et prédire les situations de pollution de l'air intérieur » :

- I. Caractériser les émissions des différentes sources et situations de pollution rencontrées dans l'air intérieur,
- II. Quantifier les facteurs qui influencent les émissions de polluants (température, hygrométrie, adsorption/désorption),
- III. Estimer la part des polluants secondaires issus de la réactivité chimique sur la qualité de l'air intérieur.

L'originalité de la méthodologie proposée pour répondre aux trois points énoncés dans le thème 2 de l'APR, réside en la conjugaison de deux types de mesures, s'enrichissant l'un l'autre : des mesures en atmosphère réelle et des mesures en atmosphère simulée.

Dans un premier temps, après avoir choisi les produits ménagers à tester (phase 1), les mesures en environnement réaliste (phase 2) permettront d'évaluer **l'exposition réelle** des personnes faisant l'action impliquant un produit ménager et d'identifier les composés d'intérêt majeur qui seront étudiés, dans un second temps, plus en détail, en atmosphère simulée dans des chambres d'essais d'émissions (phase 3). En effet, ces dernières permettent de mettre en œuvre les produits d'entretien selon des scénarii réalistes et de travailler dans des conditions simplifiées, contrôlées et reproductibles s'affranchissant de la complexité des mélanges réels que l'on retrouve en air intérieur et des variabilités des paramètres environnementaux (température, humidité relative, taux de renouvellement d'air...). Elles sont donc un outil indispensable à la **compréhension des phénomènes liés à l'apparition de polluants lors des activités domestiques**: identification des émissions des produits ménagers, impact des paramètres environnementaux sur ces émissions et mécanismes de formation de produits de réactions secondaires.

La méthodologie envisagée pour répondre aux trois questionnements évoqués précédemment, s'articule en trois phases, successives et complémentaires :

- **Phase 1** : Sélection des produits ménagers et évaluation des sources potentielles d'émissions de polluants.
- **Phase 2** : Evaluation des émissions des produits ménagers et de la réactivité : campagnes de mesures en environnement réel.
- **Phase 3** : Etude de l'influence des paramètres environnementaux sur les émissions des produits ménagers et sur l'apparition des produits de réactions secondaires : mesures en chambre d'essais d'émissions.

Les différents moyens de mesures mis en œuvre tout au long des différentes phases du projet associent des techniques fréquemment éprouvées voire normalisées, à des techniques novatrices mais déjà évaluées lors de précédents travaux de recherche, afin d'assurer le bon déroulement du projet jusqu'à son terme.

II. Méthodologie

A. Phase 1 : sélection des produits

Durant cette première phase, différents produits ménagers potentiellement émetteurs de polluants dans l'air intérieur ont été sélectionnés. La sélection des sources potentielles d'émissions de polluants liées à des activités domestiques a été réalisée selon plusieurs critères tels que leur représentativité dans le parc des ménages français ou la nature des polluants émis.

1. Choix des produits

Le premier critère proposé repose sur la **représentativité** de produits sélectionnés vis-à-vis des habitudes des ménages français et la fréquence de présence de ces produits dans les foyers d'après les résultats de l'enquête ECOVER réalisée par le CREDOC en 2009 sur les français et les risques sanitaires associées aux produits ménagers et de soin du corps. D'après ces études, plus de 50% des personnes interrogées utilisent quasi-quotidiennement ou plus souvent un produit de nettoyage des sols et la fréquence d'utilisation atteint 87% pour le liquide vaisselle à mains. Les produits dépoussiérants pour les meubles et les produits de nettoyage des parquets sont utilisés au moins une fois par semaine respectivement par près de 43% et 20% des personnes interrogées.

A partir de ces informations, un échantillonnage a été réalisé dans plusieurs grandes surfaces ; la stratégie de choix des produits retenue étant :

- Sélection de différents **types** de produits (nettoyant multi-usage et spécifique)
- Sélection de différents **conditionnements** de produits (liquide, poudre, crème, lingette...)
- Sélection de différentes **marques** de produits – concernant ce dernier point, 4 catégories ont été définies : marque internationale, marque distributeur, marque 1^{er} prix et marque écologique (type bio, vert...)

Au final, 54 produits ont été présélectionnés. Les caractéristiques détaillées de ces produits sont rassemblées dans le Tableau 1.

La répartition de ces produits par usage et par conditionnement est présentée sur la Figure 1.

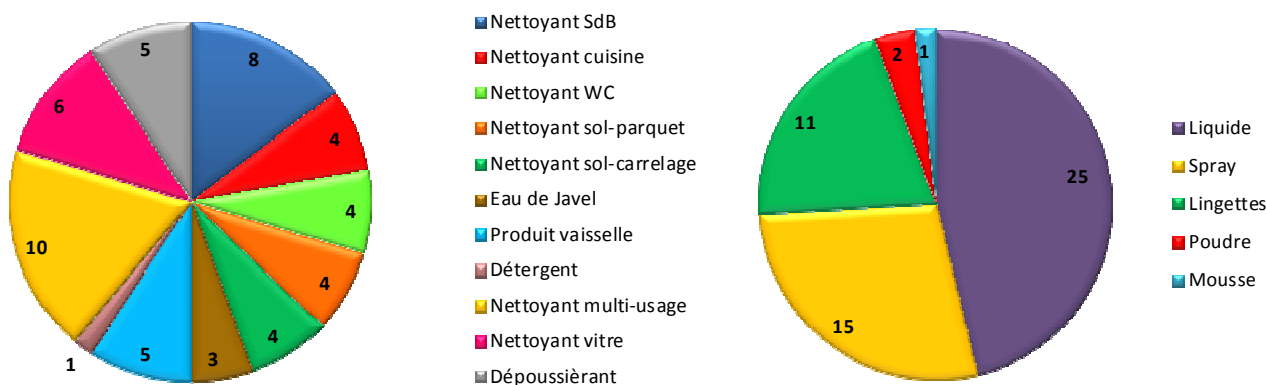


Figure 1 : Types et conditionnements des 54 produits testés

Tableau 1 : Liste des produits ménagers présélectionnés dans le cadre du projet ADOQ

Référence	Famille de produit	Conditionnement
ADOQ-01	Produit Vaisselle	Flacon - à diluer
ADOQ-02	Produit Vaisselle	Flacon - à diluer
ADOQ-03	Produit Vaisselle	Flacon - à diluer
ADOQ-04	Produit Vaisselle	Flacon - à diluer
ADOQ-05	Produit Vaisselle	Flacon - à diluer
ADOQ-06	Javel	Berlingot - à diluer
ADOQ-07	Javel	Berlingot - à diluer
ADOQ-08	Javel	Berlingot - à diluer
ADOQ-09	Nettoyant multi-usage	Poudre / Crème
ADOQ-10	Nettoyant WC	Flacon – pur
ADOQ-11	Nettoyant WC	Flacon – pur
ADOQ-12	Nettoyant WC	Flacon – pur
ADOQ-13	Nettoyant WC	Flacon – pur
ADOQ-14	Nettoyant SdB (anticalcaire)	Flacon – pur
ADOQ-15	Nettoyant SdB (anticalcaire)	Flacon – pur
ADOQ-16	Nettoyant SdB (anticalcaire)	Flacon – pur
ADOQ-17	Nettoyant SdB (anticalcaire)	Vaporisateur
ADOQ-18	Nettoyant SdB (anticalcaire)	Vaporisateur
ADOQ-19	Nettoyant vitres	Vaporisateur
ADOQ-20	Nettoyant vitres	Vaporisateur
ADOQ-21	Nettoyant vitres	Vaporisateur
ADOQ-22	Nettoyant vitres	Vaporisateur
ADOQ-23	Nettoyant vitres	Lingettes
ADOQ-24	Nettoyant vitres	Lingettes
ADOQ-25	Dépoussiérant meuble	Vaporisateur
ADOQ-26	Dépoussiérant meuble	Vaporisateur
ADOQ-27	Dépoussiérant meuble	Vaporisateur
ADOQ-28	Dépoussiérant meuble	Lingettes
ADOQ-29	Dépoussiérant meuble	Lingettes
ADOQ-30	Entretien sol – parquets cirés	Lingettes
ADOQ-31	Entretien sol – parquets vitrifiés	Flacon - à diluer
ADOQ-32	Entretien sol – parquets vitrifiés	Flacon - à diluer
ADOQ-33	Entretien sol – carrelage	Lingettes
ADOQ-34	Entretien sol – carrelage	Lingettes
ADOQ-35	Entretien sol – carrelage	Flacon - à diluer
ADOQ-36	Entretien sol – carrelage	Flacon - à diluer
ADOQ-37	Nettoyant cuisine	Vaporisateur
ADOQ-38	Nettoyant cuisine	Vaporisateur
ADOQ-39	Nettoyant cuisine	Vaporisateur
ADOQ-40	Nettoyant cuisine	Vaporisateur
ADOQ-41	Nettoyant multi-usage	Lingettes
ADOQ-42	Nettoyant multi-usage	Lingettes
ADOQ-43	Nettoyant multi-usage	Lingettes
ADOQ-44	Nettoyant multi-usage	Lingettes
ADOQ-45	Nettoyant multi-usage	Flacon - à diluer
ADOQ-46	Nettoyant multi-usage	Flacon - à diluer
ADOQ-47	Nettoyant multi-usage	Flacon - à diluer
ADOQ-48	Nettoyant multi-usage	Flacon - à diluer
ADOQ-49	Nettoyant multi-usage	Flacon - à diluer
ADOQ-50	Nettoyant multi-usage	Poudre / Crème
ADOQ-51	Nettoyant SdB	Vaporisateur
ADOQ-52	Nettoyant SdB	Vaporisateur
ADOQ-53	Nettoyant SdB	Mousse
ADOQ-54	Entretien sol – parquets vitrifiés	Lingettes

2. Mesures en chambre d'essais d'émissions

Protocole d'essai

Le second critère de sélection est basé sur les émissions chimiques des produits ménagers. Ainsi, les émissions des 54 produits ménagers présélectionnés ont été évaluées dans des chambres d'essai d'émissions (Figure 2) au sein du laboratoire Pollem du CSTB, à l'aide de scénarii adaptés à leur usage.



Figure 2 : Chambre d'essai d'émission (CSTB)

Les produits ménagers présélectionnés ont été appliqués selon des scénarii réalistes intégrant les recommandations des fabricants, sur un support inerte (plaque en verre). La masse appliquée de chaque produit a été déterminée par pesée avant et après application soit de la plaque en verre, soit de l'applicateur utilisé (papier, éponge, serpillière). Elles sont ensuite mises en place dans des chambres d'essais d'émissions où la température, l'humidité relative et le débit d'air sont contrôlés, selon les recommandations de la norme NF ISO 16000-9 (AFNOR 2006). Les conditions d'essais sont rassemblées dans le Tableau 2.

Les polluants organiques volatils (COV et aldéhydes) majoritairement émis et susceptibles de réagir avec l'ozone pour former des produits de réaction secondaires, ont été identifiés au moyen de prélèvements sur adsorbants spécifiques. Les prélèvements de COV et d'aldéhydes sont réalisés conformément aux normes NF ISO 16000-6 (AFNOR 2005) et 3 (AFNOR, 2011), respectivement. Les échantillonnages sont effectués en duplicats, entre 0-30 et 30-60 minutes. Un échantillonnage préliminaire d'une heure est réalisé afin de s'assurer du faible niveau de fond en composés volatils dans la chambre. Les conditions de prélèvements sont rassemblées dans le Tableau 3.

Tableau 2 : Conditions des essais en chambre d'émission

Conditions	Valeurs
Température	23±1°C
Humidité relative	50±5%
Débit d'air	2,0±0,2 L/min
TRA	2,0±0,3 h ⁻¹
Type de support	Plaque de verre
Superficie du support	0,090 m ² / 0.140m ²

Tableau 3 : Conditions des prélèvements en chambre d'émission

Paramètres	COV	Aldéhydes
Adsorbants	Tenax TA	DNPH
Débit d'échantillonnage	130 mL/min	1000 mL/min
Durée d'échantillonnage	30 minutes	30 minutes
Analyse	TD/GC/MS/FID	HPLC

3. Analyse de la composition chimique des produits

Pour certains produits ménagers, des analyses de composition ont été réalisées. Il n'existe pas de technique normative pour réaliser ce type d'analyse. Le protocole a été mis au point au cours du projet afin de documenter de manière qualitative la composition des produits.

Une faible quantité (1 µL) de produit a été déposée sur un filtre en fibre de Quartz (Whatman Grade QMA) préalablement conditionné par chauffage sous flux d'azote à 320°C. Le filtre a ensuite été introduit dans un tube en acier inoxydable afin d'être analysé par TD/GC/MS/FID (TurboMatrix 650, Clarus 580 et Clarus SQ8, Perkin Elmer). La colonne utilisée est de type Elite 5ms (60 m, 0,25 mm i.d., épaisseur de film : 0,1 µm). Les tubes ont été désorbés à 300°C pendant 15 min à un débit de 50 mL min⁻¹ et piégé criogéniquement (Tenax TA, mesh 60/80) à -30°C. Le piège a ensuite été désorbé à 280°C pendant 20 min avec un split de 1:10. Les composés ont été séparés grâce au programme suivant : palier de 5 min à 40°C puis montée de 40°C à 170°C à raison de 2,5°C.min⁻¹, puis montée à 250°C à raison de 7,5°C.min⁻¹ et enfin, palier de 13 min à 250°C.

Compte-tenu du nombre important de composés détectés et identifiés et bien que le laboratoire dispose d'étalons spécifiques pour de nombreux composés, une quantification par rapport au coefficient de réponse spécifique du toluène, obtenu par détection à ionisation de flamme, a été réalisée dans le cadre de l'analyse de la composition des produits d'entretien afin de permettre une comparaison facilitée des concentrations des composés. Les concentrations ont ensuite été ramenées à la quantité de produit appliqué. La masse totale de composés identifiés a été calculée afin de déterminer les pourcentages respectifs de chaque composé individuellement.

B. Phase 2 : Campagnes estivale et hivernale

Parmi les 54 produits ménagers choisis et testés au cours de la phase 1, les plus émissifs et les plus pertinents vis-à-vis des phénomènes de réactivité liée à l'ozone (c'est-à-dire ceux émettant des COV insaturé susceptible d'être ozonolysés) ont été choisis afin d'être utilisés en conditions réelle.

Les campagnes se sont déroulées dans la maison expérimentale MARIA du CSTB (Figure 3, Ribéron and O'Kelly, 2002) située à Champs-sur-Marne en banlieue est de Paris, sur deux périodes : du 24 juin au 30 juillet 2010, pour la campagne estivale, et du 27 janvier au 25 février 2011 pour la campagne hivernale. Lors de la campagne estivale, la réactivité était basée sur les niveaux d'ozone provenant de l'extérieur tandis qu'au cours de la campagne hivernale, une source d'ozone a été utilisée.

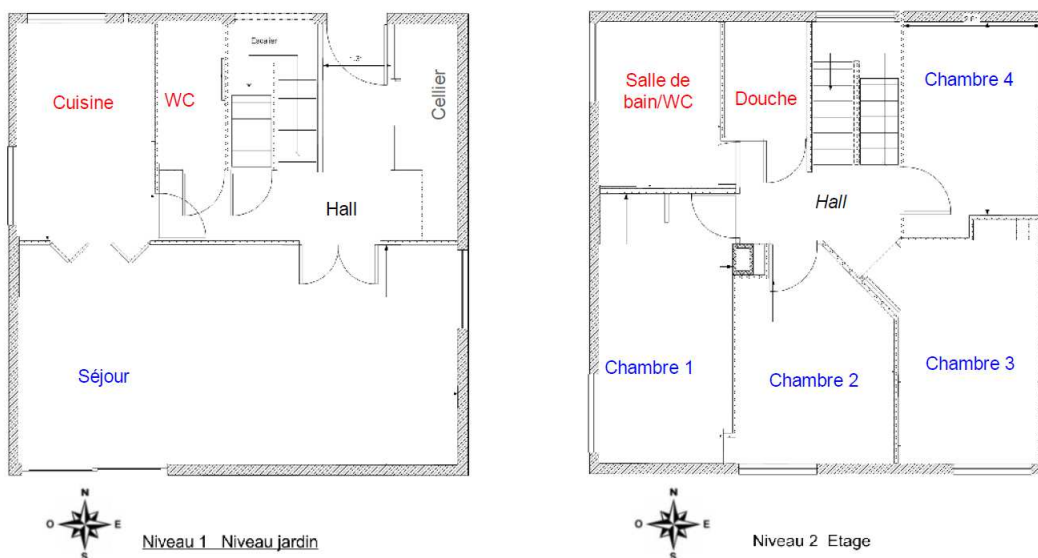


Figure 3 : Maison expérimentale MARLA du CSTB (Champs-sur-Marne)

Les pièces utilisées lors des campagnes de mesures étaient la chambre n°1, la salle de bain et la cuisine, pour la campagne estivale, et uniquement la cuisine pour la campagne hivernale. Les caractéristiques de ces pièces sont rassemblées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Caractéristiques des pièces de MARLA étudiées

Pièces	Volume (m ³)	Ventilation	TRA (h ⁻¹)
Chambre n°1	33	Extraction forcée	0,6
Salle de bain	18	VMC simple flux	1,6
Cuisine	27	VMC simple flux	2,0

1. Choix des scénarii d'utilisation des produits ménagers

Pour chaque produit ménager sélectionné, des scénarii spécifiques, intégrant les recommandations d'usage des fabricants, ont été établis dans un lieu de vie donné (salle de bain, chambre ou cuisine).

Il est important de noter qu'au moment de la réalisation de ces campagnes, il n'existait pas de protocoles normalisés et peu de données bibliographiques sur des scénarii d'utilisation des produits ménagers.

Pour des produits type désodorisants d'intérieurs, le Bureau Européen des Unions de Consommateurs a réalisé, en 2005, une étude concernant les émissions de substances volatiles par des diffuseurs électriques, des désodorisants sous forme liquide, gel ou encore spray, mais également par des encens et des bougies parfumées (BEUC, 2005). Ces produits ont été utilisés dans les conditions les plus proches possibles de la réalité : les tests ont été menés dans des pièces louées dans un immeuble vide et inoccupé, afin d'éviter le « bruit de fond » causé, par exemple, par l'émission de substances provenant d'autres produits de grande consommation. Les concentrations de polluants émises ont été mesurées à partir d'échantillons d'air de la pièce prélevés à 2 mètres du produit testé, placé sur le sol, au milieu de la pièce, portes fermées. Les prélèvements ont été réalisés sur tubes Tenax pour les composés organiques volatils (COV) et sur cartouches DNPH pour les aldéhydes. Pour les sprays, les prélèvements étaient réalisés après 3 pulvérisations à 15 minutes d'intervalle, 1 minute après la dernière pulvérisation ; tandis que pour les gels et les liquides à diffusion lente, ils étaient lancés 2 heures après ouverture. Des scénarii d'utilisation de bougies d'intérieur et de bâtons d'encens ont également été élaborés dans le cadre d'une étude menée par le CSTB et le LHVP (Maupetit and Squinazzi, 2009) où des mesures ont été réalisées dans un environnement réaliste (la maison expérimentale MARIA du CSTB). Les prélèvements, d'une durée d'1 heure, débutaient après combustion complète de l'encens ou après 1h d'utilisation d'une bougie d'intérieur. Une succession de trois prélèvements étaient réalisés, afin d'aboutir à 3h de mesures post-utilisation.

Au cours de travaux menés à l'université de Berkeley (Destailats et al., 2006 ; Singer et al., 2006), des expérimentations ont été conduites dans une chambre d'essai de 50 m³, simulant une chambre d'habitation classique. Deux produits d'entretien ont été testés en conditions réalistes. Un nettoyeur dégraissant a été pulvérisé sur une plaque d'aluminium afin de simuler le nettoyage d'une plaque de cuisson. Après 1 minute, l'excédent est essuyé. Un nettoyeur multi-usage (dilué au 1/16 dans de l'eau) a été utilisé pour nettoyer un revêtement de sol plastique. Des prélèvements de composés volatils, d'une durée d'échantillonnage comprise entre 1 et 20 minutes, ont été réalisés durant les intervalles de temps suivants : 0-30 minutes, 30-90 minutes, 90-240 minutes et 240-720 minutes.

Dans le cas des produits d'entretien, une étude menée par l'AFSSET et le CSTB (Solal et al., 2008) a permis une première approche de scénarii d'utilisation. Lors de ce travail conduit sur 32 produits de grande consommation appartenant à 16 catégories différentes, plusieurs produits d'entretien ont été testés dans une chambre de la maison expérimentale MARIA ou en chambre d'essai d'émission. Après utilisation du produit, 4 prélèvements successifs de 30 minutes étaient réalisés. Le Tableau 5 présente une synthèse des conditions d'utilisation des produits d'entretien testés.

Tableau 5 : Synthèse des conditions expérimentales de l'étude AFSSET-CSTB (Solal et al., 2008)

Catégorie de produit	Conditions d'utilisation	Lieu
Nettoyant vitre (liquide)	9 pulvérisations, sans essuyage	MARIA
Nettoyant vitre (lingette)	4 lingettes	MARIA
Dépoussiérant	Nettoyage d'une table	MARIA
Bloc WC	Installation la veille, 4 utilisations toutes les 30min	MARIA
Gel WC	Application 15min puis 4 utilisations toutes les 30min	MARIA
Nettoyant moquettes	Nettoyage de 100% l'échantillon de moquette	Chambre essai
Détachant moquette	Nettoyage de 10% l'échantillon de moquette	Chambre essai
Nettoyant sol	Application sur plaque de verre, sans rinçage	Chambre essai
Nettoyant sol (lingette)	2 applications d'une même lingette, sans rinçage	Chambre essai

A partir de ces études, et en tenant compte des recommandations d'usage fournies par les fabricants sur les emballages des produits, des scénarii d'utilisation des produits testés dans MARIA ont été définis. Ils sont rassemblés dans le Tableau 6. Lorsqu'un temps d'action était préconisé par le fabricant, il a été respecté par l'opérateur. La durée de chaque action liée à l'emploi d'un produit d'entretien a été fixée à 5 minutes. Passé ce délai, l'opérateur ayant réalisé l'action sort de la pièce avec les produits et les applicateurs éventuels utilisés (éponges, papier...).

Tableau 6 : Scénarii d'utilisation des produits testés dans MARIA

Produits	Scénarii d'utilisation dans MARIA
ADOQ-02	Nettoyage de vaisselle pendant 5 minutes
ADOQ-08	Nettoyage de la baignoire, application sur une éponge après dilution du berlingot
ADOQ-12	Nettoyage des WC, attente et une utilisation
ADOQ-16	Nettoyage de la baignoire, application du produit pur sur une éponge
ADOQ-17	Nettoyage de la baignoire, 20 pulvérisations avec essuyage
ADOQ-20	Nettoyage des vitres, 10 pulvérisations avec essuyage
ADOQ-24	Nettoyage des vitres, utilisation d'une lingette
ADOQ-27	Nettoyage d'une table, application avec un papier
ADOQ-28	Nettoyage d'une table, utilisation d'une lingette
ADOQ-31	Nettoyage d'un parquet stratifié, application sur serpillière après dilution
ADOQ-32	Nettoyage d'un parquet stratifié, application sur serpillière après dilution
ADOQ-33	Nettoyage d'un parquet stratifié, utilisation d'une lingette
ADOQ-39	Nettoyage de l'évier, 20 pulvérisations avec essuyage
ADOQ-43	Nettoyage de l'évier, utilisation d'une lingette
ADOQ-50	Nettoyage de l'évier, application sur produit pur puis rinçage
ADOQ-51	Nettoyage de la baignoire, 20 pulvérisations avec essuyage
ADOQ-52	Nettoyage de la baignoire, 20 pulvérisations avec essuyage
ADOQ-53	Nettoyage de la baignoire, pulvérisation, attente et rinçage
ADOQ-54	Nettoyage d'un parquet, utilisation d'une lingette

2. Organisation des campagnes

Les premiers jours sont dédiés à l'installation du matériel, ainsi qu'à la vérification de son bon fonctionnement. De plus, les niveaux de fond, avant le début des essais impliquant l'emploi des produits ménagers sélectionnés suivant les scénarii définis tels que décrit au paragraphe précédent, sont évalués.

Déroulement d'un scénario

Deux types de scénarii ont été mis en œuvre au cours des campagnes :

- des scénarii mono-activité afin de tester chaque produit individuellement, dans des conditions d'emploi conformes aux recommandations du fabricant ;
- des scénarii multi-activités afin d'évaluer l'exposition totale d'une personne au cours d'une phase complète ou quasi complète de ménage impliquant donc plusieurs produits ménagers.

Quel que soit le type de scénario, l'organisation restait la même : la première étape consistait à réaliser le blanc pendant une heure tandis que la seconde étape comprenait l'action et le début des prélèvements, en simultanée. Pour chaque scénario, la durée de l'action a été minutée, la quantité de produit utilisée pesée (masse du flacon ou de la lingette, avant et après l'action) et la surface nettoyée calculée, afin de pouvoir reproduire l'action à l'identique si besoin.

Métrologie

Les différentes techniques de mesures mises en œuvre à l'intérieur de la pièce étudiée (chambre, cuisine, salle de bains) se regroupent en deux catégories :

D'une part, des mesures intégrées dites « off-line » :

- Les COV ont été prélevés en continu sur des tubes contenant un adsorbant spécifique (Tenax TA) puis analysés par chromatographie gazeuse et spectrométrie de masse associée à un détecteur à ionisation de flamme après thermodésorption (TD/GC/MS/FID, Perkin Elmer).
- Les aldéhydes ont été prélevés en continu sur des cartouches contenant un adsorbant spécifique (DNPH) puis analysés par chromatographie liquide à hautes performances (HPLC, Waters). A noter qu'un scrubber a été placé en amont de chaque cartouche afin d'éviter leur dégradation des hydrazones par l'ozone présent dans l'air prélevé.

- Les composés oxygénés polyfonctionnels dans les phases organiques gazeuse et particulaire ont été mesurés simultanément grâce à une méthodologie innovante développée à l'INERIS (Rossignol et al., 2012). Cette approche implique la caractérisation poussée de la composition chimique de cette matière organique à l'échelle moléculaire. Ainsi, sur la base d'une analyse aisée à mettre en œuvre, la thermo-désorption couplée à la chromatographie en phase gazeuse et à la spectrométrie de masse, une méthode permettant le prélèvement simultané et la dérivation d'échantillons gazeux sur tubes d'adsorbant, et particulaires sur filtres, a été développée pour la détection et la quantification spécifiques des composés organiques oxygénés et fonctionnalisés (jusqu'à tétra-fonctionnalisés) composant la matière organique secondaire. Simple et rapide d'utilisation, la méthodologie, développée sur la base d'étude de l'oxydation de précurseurs d'origine biotique, permet l'étude de l'AOS en lui-même mais plus largement celle des transformations chimiques menant à la formation et à l'évolution de la matière organique secondaire atmosphérique dans son ensemble. Ces mesures ont été réalisées principalement au cours de la campagne hivernale pour les produits ADOQ-20, ADOQ-39, ADOQ-50 et ADOQ-53.

D'autre part, des mesures en continu dites « on line » :

- Des mesures spécifiques à l'aide d'analyseurs en continu C2-C6 et C6-C12 ont permis de déterminer des COV précurseurs d'ozone. Cette technique a permis de suivre l'évolution des concentrations de certains COV ayant des chaînes carbonées contenant 2 à 12 atomes de carbone, après utilisation de produits ménagers, pour différencier une formation primaire et secondaire (disparition et apparition de COV liées à des réactions en phase gazeuse).
- De même que pour les COV, l'évolution des concentrations du formaldéhyde lors de l'emploi de produits ménagers (formation primaire et secondaire, disparition et formation liées à des réactions en phase gazeuse) a pu être suivie avec l'utilisation d'un analyseur automatique (AEROLASER, modèle AL4021).
- La granulométrie et le nombre des particules ont été suivis par SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) qui permet de suivre l'évolution des concentrations et de la taille des particules en fonction des actions domestiques menées dans la maison.
- Le c-ToF-AMS (Compact-Time-of-Flight Aerosol Mass Spectrometer Aerodyne Research) est un spectromètre de masse permettant l'analyse en ligne et en temps réel des principales composantes chimiques de l'aérosol submicronique (PM₁). L'analyse quantitative porte sur les sulfates, nitrates, ammoniums et sur la fraction organique non réfractaire (par opposition à la fraction organique réfractaire constituée, par exemple, de la suie, des poussières minérales, et qui ne peut pas être vaporisée dans le temps de l'analyse de l'instrument). Une analyse statistique plus approfondie des résultats peut permettre de différencier les fractions de la matière organique. Classiquement dans les milieux ambiants, les fractions HOA (Hydrocarbon like Organic Aerosol), OOA (Oxygenated Organic Aerosol) ou BBOA (Biomass Burning Aerosol) peuvent être quantifiées. Cette analyse renseigne donc sur les sources des particules d'aérosol. L'ensemble de ces fractions est également résolue granulométriquement. Au sein du laboratoire IRCELYON, un logiciel de traitement de données a été développé (Müller et al, 2011) afin de pousser l'analyse et obtenir des résultats proche de la haute résolution (R=3000-4000) donnant accès aux ratios O/C, H/C, N/C permettant de suivre le degré d'oxydation de la fraction organique. Cet instrument était présent lors de la campagne hivernale.
- L'ozone et les oxydes d'azote ont été mesurés en continu à l'aide d'analyseurs spécifiques.
- Les paramètres environnementaux ont été suivis à l'aide de sondes et d'enregistreurs spécifiques.

La Figure 4 présente un aperçu de l'instrumentation disposée au niveau du palier de l'étage de MARIA.



Figure 4 : Instrumentation de l'étage de MARLA (analyseurs C2-C6, C6-C12, ozone, oxydes d'azote, SMPS, système de prélèvements pour Tenax TA et DNPH).

3. Description de la campagne estivale

Organisation et planning

Parmi les 54 produits sélectionnés au cours de la phase 1, 19 produits ont été évalués durant la campagne estivale (Tableau 7). La réactivité étant basée sur les niveaux d'ozone provenant de l'extérieur, la fenêtre des pièces dans lesquelles se déroulait l'action, était maintenue ouverte afin de favoriser la pénétration de l'ozone à l'intérieur. Les essais débutaient lorsque la concentration d'ozone à l'intérieur de la pièce d'étude, avait atteint un niveau suffisamment élevé (supérieur à $20 \mu\text{g m}^{-3}$). Si le niveau d'ozone était insuffisant, aucune action n'était menée.

Tableau 7 : Planning de la campagne d'été (SDB : salle de bain, CHB : chambre, CUI : cuisine, SCN : scénario multi-activités, TRA : taux de renouvellement d'air ; CTR : contrôles)

Semaine et Lieu	Lundi		Mardi		Mercredi		Jeudi		Vendredi	
	Matin	A-M	Matin	A-M	Matin	A-M	Matin	A-M	Matin	A-M
1 (21-27/06) SDB			<i>Installation</i>		<i>Installation</i>		<i>Installation</i>		<i>CTR</i>	
2 (28/06 - 04/07) SDB	<i>CTR</i>	12	<i>Faible</i> O_3	17	52	51	16	53	8	27 (CHB)
3 (05-11/07) CHB	54 (TRA ₁)	32	54 (TRA ₂)	31	54 (TRA ₃)	28	16 (SDB)	53	-	<i>CTR</i>
4 (12-18/07) CUI	<i>Faible</i> O_3	<i>Faible</i> O_3	<i>Faible</i> O_3	24	-	-	<i>Faible</i> O_3	20	39	<i>CTR</i>
5 (19-25/07) CUI	43	50	2	33	<i>Faible</i> O_3		<i>Faible</i> O_3		<i>Faible</i> O_3	
6 (26-30/07) CUI	<i>Faible</i> O_3	SCN-1	<i>Faible</i> O_3	SCN-2	<i>Fin</i>					

Les deux scénarii multi-activités intégraient les produits suivants :

- **Scénario-1** : produits ADOQ-17 + ADOQ-53 + ADOQ-24 + ADOQ-27 + ADOQ-33
- **Scénario-2** : produits ADOQ-2 + ADOQ-39 + ADOQ-50 + ADOQ-28 + ADOQ-20 + ADOQ-54

Deux exemples de scénarii d'utilisation d'un nettoyant de sol parquet réalisé dans la chambre et d'un nettoyant pour vitres réalisé dans la cuisine sont présentés sur la Figure 5.



Figure 5 : Exemple de scénarii d'utilisation d'un nettoyeur de sol parquet mis en œuvre dans la chambre et d'un nettoyeur pour vitres mis en œuvre dans la cuisine

Le matin, l'échantillonnage du premier blanc démarrait lorsque le niveau d'ozone avait atteint une valeur d'environ $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit approximativement vers 9h30, comme le montre la Figure 6 (exemple du 08 juillet 2010). Toutefois, selon l'ensoleillement, et par conséquent la photochimie, l'atteinte de ce niveau pouvait être décalée.

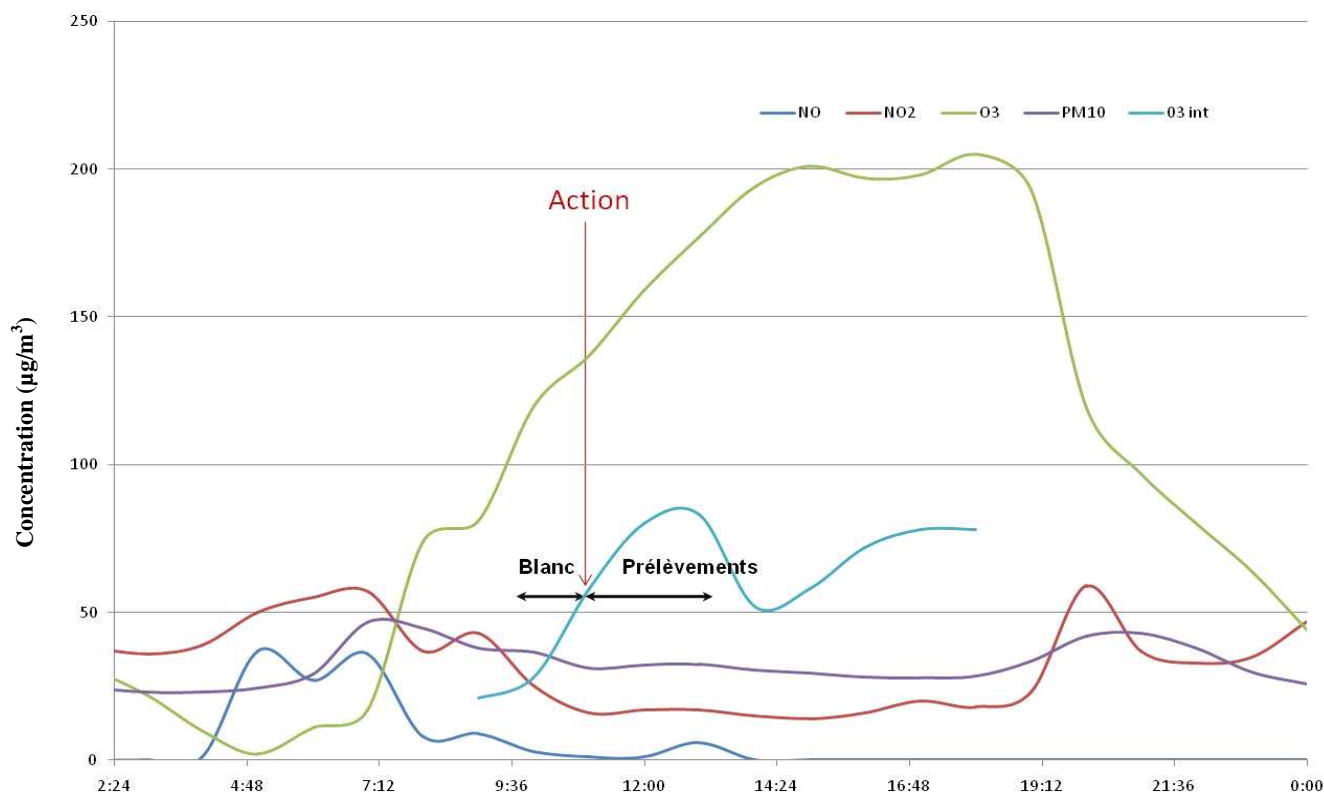


Figure 6 : Concentration des différents polluants (oxydes d'azote, ozone et PM_{10}) le 8 juillet 2010

Cette campagne peut être considérée comme préliminaire et préparatoire à la campagne hivernale, réalisée dans des conditions beaucoup plus maîtrisée dans la mesure où la source d'ozone y était artificielle et où tous les essais ont été réalisés dans la même pièce de la maison MARIA, fenêtres et portes fermées.

Conditions météorologiques et niveaux de polluants extérieurs au cours de la campagne

Les semaines de campagne ont été globalement marquées par du beau temps. Dans la journée, les températures moyennes variaient de 21 à 34°C , pour une hygrométrie pouvant aller de 26% à 64%.

Les concentrations moyennes observées à l'extérieur lors de la campagne estivale pour l'ozone, les oxydes d'azote et les PM_{10} sont rassemblées sur la Figure 7. Ces données sont issues de la station de mesure AIRPARIF située à Tremblay-en-France.

Les concentrations d'ozone extérieures étaient suffisantes pour assurer à l'intérieur de MARIA des niveaux d'ozone favorables à de la réactivité chimique. Les moyennes journalières étaient autour de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pour des concentrations minimales et maximales, respectivement de 30 et 103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Quant aux PM_{10} , les valeurs ont été légèrement fluctuantes avec une valeur moyenne de 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

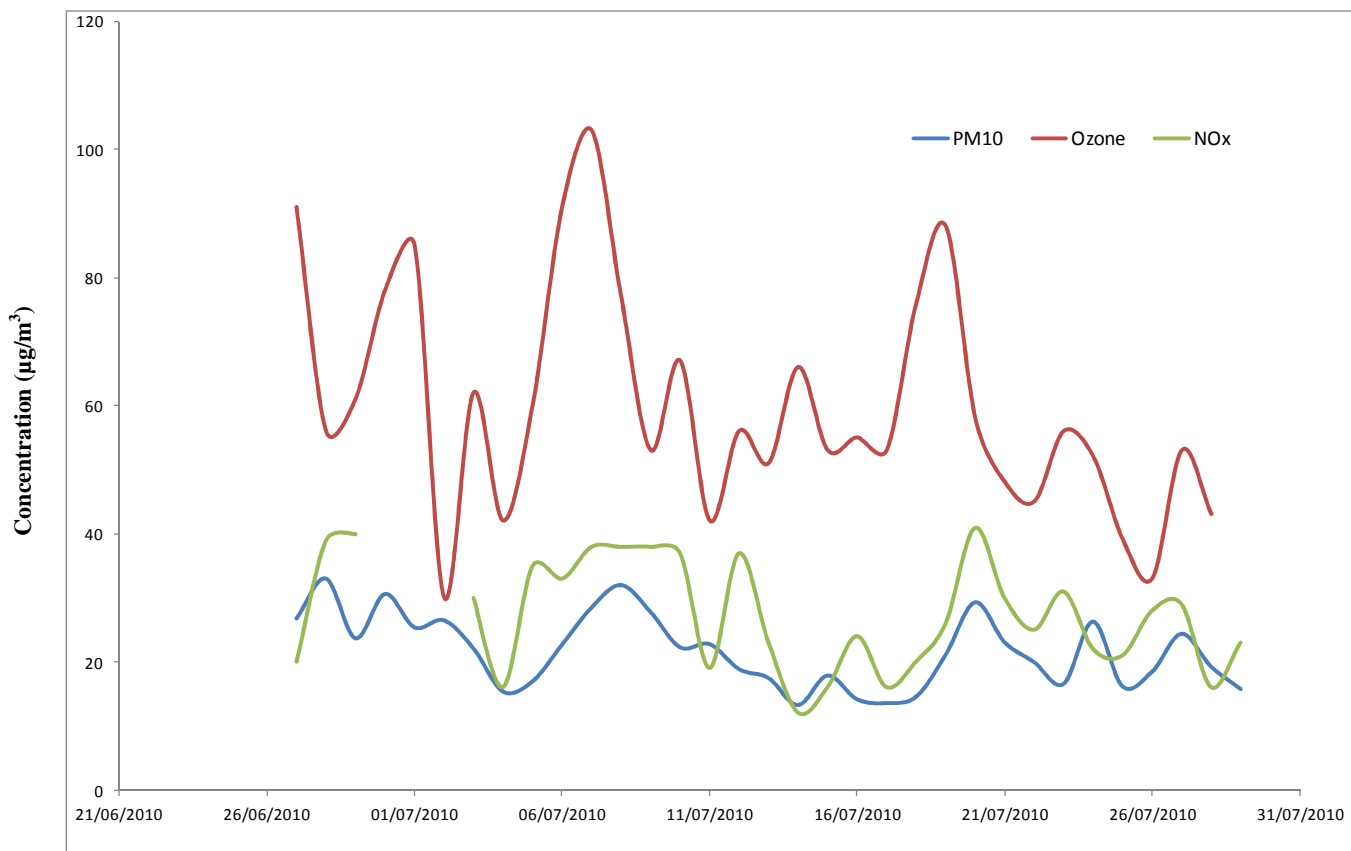


Figure 7 : Concentrations extérieures moyennes de l'ozone, des oxydes d'azote et des PM_{10} (données AIRPARIF 2010, station de Tremblay-en-France)

4. Description de la campagne hivernale

Organisation et planning

Contrairement à l'été, l'ensemble des scénarii a été réalisé dans la cuisine. En effet, il n'a pas été possible, pour des raisons techniques et d'encombrement, de monter l'AMS à l'étage. De plus, la mise en place d'une ligne de prélèvement entre les pièces de l'étage et l'AMS situé au niveau inférieur aurait entraîné une longueur d'échantillonnage trop importante qui aurait conduit à la perte des particules les plus petites.

Sur les 19 produits testés lors de la campagne estivale, 11 ont été choisis pour cette campagne hivernale :

- Les produits ayant conduit à la formation de particules lors de la campagne estivale : ADOQ-20, ADOQ-39, ADOQ-50 et ADOQ-53 ;
- Les produits pour lesquels d'importantes concentrations en COV potentiellement réactifs avaient été observées lors des essais en chambre d'émission ou de la campagne estivale : ADOQ-17, ADOQ-31, ADOQ-32, ADOQ-33, ADOQ-43, ADOQ-52 et ADOQ-54.

Alors que la source d'ozone était extérieure et naturelle en été (liée aux épisodes de pics de pollution photochimique), elle est cette fois-ci artificielle. L'ozone est en effet produit par un épurateur d'air autonome (Figure 8, AIRBUTLER modèle Frank).



Figure 8 : Épurateur d'air intérieur utilisé comme source d'ozone lors de la campagne hivernale

D'après le fabricant, cet épurateur génère des ions négatifs grâce à une lampe UVC. Il possède également un générateur d'ozone par plasma. Son débit de fonctionnement annoncé est de 10 à 100 m³/h, soit une capacité de traitement de l'air d'une pièce allant jusqu'à 30 m², pour un débit réel mesuré à 16 m³/h. Le mode de fonctionnement « high » a été utilisé lors de tous les scénarii afin de s'assurer d'un fonctionnement en continu, le 2nd mode (« low ») présentant une action par cycle de 40 secondes. Des concentrations de 50 à 100 µg/m³ ont pu être générées par cet épurateur dans la pièce d'étude (i.e., la cuisine).

Chaque produit a été testé en présence et en absence d'ozone (Tableau 8), afin de discriminer les produits de réaction issus d'une ozonolyse des émissions primaires.

Tableau 8 : Planning de la campagne d'hiver (CUI : cuisine ; SNC ; scénario multi-activités ; CTR : contrôles des instruments de mesure). En bleu les essais sans ozone, en rouge les essais avec ozone.

Semaine et Lieu	Lundi		Mardi		Mercredi		Jeudi		Vendredi	
	Matin	A-M	Matin	A-M	Matin	A-M	Matin	A-M	Matin	A-M
1 (31/01-06/02) CUI	CTR	CTR	53	20	50	33	17	43	52	39
2 (07-13/02) CUI	CTR	53	50	33	17	43	20	39	52	CTR
3 (14-20/02) CUI	CTR	31	54	32	31	32	32'	54	SCN-2	SCN-2
4 (21-27/02) CUI	SCN-1	SCN-1	CTR	53'	50'	53''	39'	Fin	-	-

Le 16 février 2011, un important épisode de pollution particulaire a été observé à l'extérieur de MARIA. Cet épisode est la conséquence d'essais de brûlage de matériaux en polycarbonates réalisés à proximité de la maison expérimentale. L'essai ADOQ-32 réalisé ce jour-là a été répété le lendemain (ADOQ-32'). Les premiers résultats obtenus pour l'essai ADOQ-31 n'ayant pas montré d'impact significatif de l'ozone, ce produit n'a pas été reproduit. La dernière semaine, les trois produits pour lesquels des observations intéressantes avaient été notés (en particulier, augmentation du nombre de particules) ont été répétés (essais ADOQ-53', ADOQ-50' et ADOQ-39'). Suite à un dysfonctionnement de certains appareils de mesures, l'essai ADOQ-53 a été de nouveau réalisé en fin de campagne (essai ADOQ-53'').

Les deux scénarii intégrant les produits suivants :

- **Scénario-1** : produits ADOQ-17 + ADOQ-53 + ADOQ-33
- **Scénario-2** : produits ADOQ-39 + ADOQ-50 + ADOQ-20 + ADOQ-54

L'organisation d'un scénario est la même que lors de la campagne estivale sans la contrainte liée aux niveaux extérieurs d'ozone. Il a ainsi été plus aisé de réaliser deux essais par jour.

Conditions météorologiques et niveaux de polluants extérieurs au cours de la campagne

La réalisation de la campagne ne dépendant pas des niveaux d'ozone extérieurs, les niveaux de ce polluant à l'extérieur ne seront pas détaillés dans ce rapport intermédiaire.

Durant la période de la campagne hivernale, plusieurs épisodes de pollution particuliers ont été observés et sont à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats. Ainsi, de fortes concentrations d'oxydes d'azote ont pu être constatées, entraînant des niveaux à l'intérieur des pièces étudiées importants, d'où un possible impact sur les niveaux d'ozone mesurés à l'intérieur.

Il est également intéressant de noter qu'un épisode de pollution marqué par de fortes concentrations en PM₁₀ a été observé entre fin janvier et mi février sur la région parisienne. Les concentrations sur l'ensemble de la campagne ont été en moyenne deux fois plus élevées qu'en période estivale (moyenne de 40 µg/m³ sur l'ensemble de la campagne) avec des pics allant jusqu'à 70 µg/m³ en moyenne journalière. La comparaison des niveaux extérieurs en PM₁₀ (station AIRPARIF de Tremblay en France) avec les niveaux moyens intérieurs mesurés par TEOM-FDMS est réalisée plus loin (Figure 11).

C. Phase 3 : Evaluation de la réactivité en atmosphère contrôlée

Après avoir identifié les émissions des produits ménagers en chambre, évalué la réactivité liée aux composés gazeux et particulaires émis pendant l'action, il semble nécessaire d'évaluer leur réactivité dans des conditions plus contrôlées et maîtrisables qu'en atmosphère réelle. La formation d'aérosol organique secondaire est en effet fortement dépendante des conditions environnementales tels que les niveaux en réactif les concentrations en particules initialement présentes, l'humidité, la température et les niveaux en réactif....

Ainsi, des différences de réactivité ont également été observées en faisant varier des paramètres tels la température ou l'humidité (Bonn et al., 2002 ; Cocker III et al., 2001), la présence et la nature de noyaux de condensation (Gao et al., 2004 ; Jang et al., 2003 ; Odum et al., 1996) et l'introduction dans le milieu réactionnel de composés tels l'ammoniac et/ou le formaldéhyde (Kroll et al., 2005).

Afin de s'affranchir de la variabilité inévitable de ces paramètres en atmosphère réelle et caractériser la réactivité liée aux émissions des produits ménagers testés, un banc d'essai permettant de contrôler les niveaux d'humidité relative ainsi que les concentrations en ozone a été utilisé.

Les essais d'évaluation de la réactivité liée aux émissions des produits ménagers en atmosphère contrôlée ont été réalisés dans un banc d'exposition des produits à l'ozone (Nicolas, 2006). Ce dispositif expérimental permet de réalisation des expositions à l'ozone en maîtrisant les conditions d'essais, et en particulier le taux de renouvellement d'air, la concentration en ozone, et l'hygrométrie.

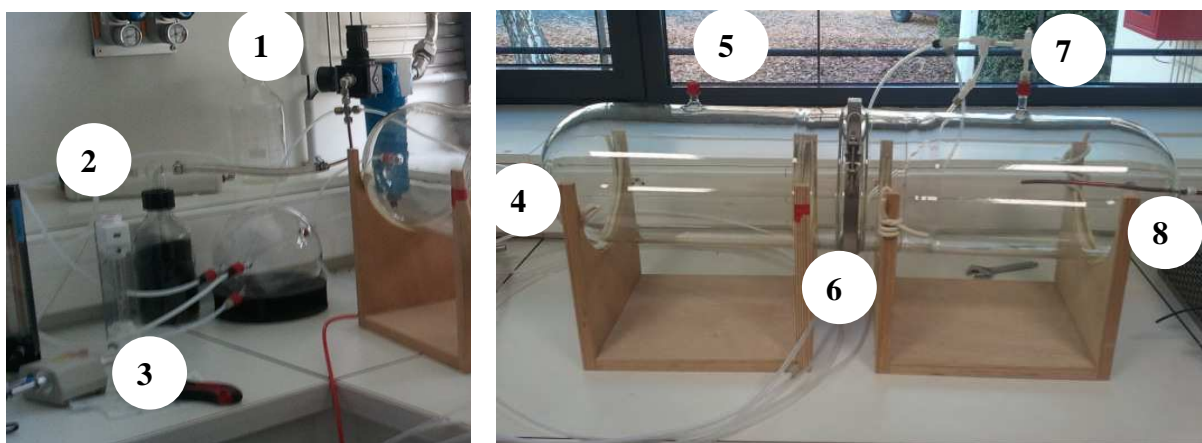


Figure 9 : Filtration et mélange gazeux (figure de gauche) ; Chambre réactionnelle du banc d'essai (figure de droite)

Le flux d'air circulant dans la chambre est issu de la production d'air comprimé où il subit trois niveaux de filtration (1 sur Figure 9). Le flux est alors dirigé au travers d'un lit de charbon actif puis traverse un filtre HEPA (2 sur Figure 9). Il est ensuite divisé en deux parts : une partie est chargée en eau tandis que l'autre partie passe au travers d'un tube en verre où l'utilisation d'une lampe UV (Pen Ray, model SOG 1) permet la génération de l'ozone. Les deux flux d'air (débit total de $3,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$) sont ensuite réunis au niveau d'une chambre d'homogénéisation sphérique de 3 L, reliée au volume d'essai de 29 L (3 sur Figure 9).

La première partie de cette chambre comprend à son extrémité l'entrée du mélange gazeux (air pur + ozone) (4 sur Figure 9) et sur le dessus un septum (5 sur Figure 9) permettant l'introduction direct du produit que l'on cherche à analyser. La deuxième moitié de la chambre comprend une sortie sur le dessus (7 sur Figure 9) de manière à diriger le flux pour l'échantillonnage vers les appareils de mesures des gaz et une fuite pour la mesure de la température et de l'hygrométrie. Une seconde sortie de prélèvement cette fois placée dans le flux gazeux (8 sur figure 2), mais à l'intérieur de la chambre, permet le prélèvement des particules.

Il est important de noter que ces essais ont été réalisés avec un SMPS sans source et sans membrane nafion afin d'assécher l'air d'échantillonnage et qu'il ne s'agit donc que de données qualitatives et relatives.

III. Résultats

A. Phase 1 : sélection des produits

1. Facteurs d'émissions spécifiques

A partir des concentrations mesurées dans la chambre d'essai d'émission et des conditions d'essai, il est possible de calculer des facteurs d'émissions spécifiques (SER). Dans le cas des produits d'entretien, deux facteurs d'émissions spécifiques peuvent être déterminés : le **facteur d'émission surfacique** (SERa), qui prend en compte la surface nettoyée et le **facteur d'émission massique** (SERq), intégrant la masse de produit appliquée.

Les équations utilisées pour calculer ces facteurs sont les suivantes :

$$SERa = C_{mes} \cdot q$$

Avec SERa, le facteur d'émission surfacique ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) ; C_{mes} , la concentration mesurée dans la chambre d'essai ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et q , le débit d'air spécifique par unité de surface qui se définit comme :

$$q = \frac{TRA}{L}$$

Avec TRA, le taux de renouvellement d'air dans la chambre d'essai (h^{-1}) et L ($\text{m}^2\cdot\text{m}^{-3}$), le taux de charge dans la chambre d'essai calculé selon la formule suivante :

$$L = \frac{S}{V}$$

Avec S, la surface nettoyée (m^2) et V, le volume de la chambre d'essai (m^3).

Au final, le facteur d'émission surfacique se définit donc comme :

$$SERa = C_{mes} \cdot \frac{TRA}{S} \cdot V$$

De la même façon, le facteur d'émission massique se calcule grâce à la formule suivante :

$$SERq = C_{mes} \cdot \frac{TRA}{m} \cdot V$$

Avec SERq, le facteur d'émission surfacique ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) et m, la masse de produit appliquée (g).

Les facteurs d'émissions surfaciques et massiques déterminés lors des deux prélèvements (0-30 minutes et 30-60 minutes) pour la somme des composés organiques volatils totaux (COVt), le limonène et le formaldéhyde sont rassemblés dans le Tableau 9 et le Tableau 10, respectivement, pour les 54 produits testés. Les masses de produits appliqués, la surface nettoyée et le TRA dans la chambre d'essai sont également présentés. Les produits surlignés correspondent aux produits sélectionnés afin d'être évalués lors des campagnes dans MARIA.

Ces trois composés (COVt, limonène et formaldéhyde) ont été sélectionnés afin de réaliser la sélection de produits qui seront testés en environnement réaliste lors des campagnes estivale et hivernale :

- Le **COVt** se définit, d'après la norme NF ISO 16000-6 (ANFOR, 2005), comme **la somme des composés organiques volatils** éluant entre le n-hexane et le n-hexadécane. Toujours d'après cette norme, est considéré comme significatif tout pic présentant un rapport signal/bruit supérieur à 5). Le COVt permet d'estimer la charge totale en composés organiques volatils émise par un produit ménager.
- Le **limonène** est un terpène très réactif avec l'ozone, qui peut engendrer la formation d'aérosols organiques secondaires lors de ce processus d'ozonolyse. Il est choisi en tant que traceur futur des réactions d'ozonolyse impliquant les produits d'entretien.
- Le **formaldéhyde** est un polluant de grand intérêt dans les problématiques de qualité de l'air intérieur. Il peut être à la fois émis directement par le produit ou formé lors de réactions d'oxydation.

L'ensemble des conditions d'essais est présenté en Annexe ainsi que les facteurs d'émissions surfaciques et massiques obtenus pour l'ensemble des COV et des aldéhydes identifiés dans la chambre d'essai d'émission lors des prélèvements à 0-30 et 30-60 minutes.

Pour les COV, la quantification est réalisée en équivalent toluène ; pour les aldéhydes, en spécifique.

Tableau 9 : Débits d'émissions surfaciques des 54 produits testés en chambres d'essai d'émission

Référence	m (g)	S (m ²)	TRA (h ⁻¹)	SERa 0-30min (µg.m ⁻² .h ⁻¹)			SERa 30-60min (µg.m ⁻² .h ⁻¹)		
				COVt	limonène	formaldéhyde	COVt	limonène	formaldéhyde
ADOQ-01	0,36	0,09	2,5	1087,2	849,4	34,9	328,8	206,1	10,0
ADOQ-02	0,39	0,09	2,3	1809,5	94,4	35,5	874,2	26,4	9,7
ADOQ-03	0,22	0,09	2,3	756,5	107,8	25,1	345,0	29,1	7,7
ADOQ-04	0,39	0,09	2,4	206,8	-	16,5	64,9	-	3,8
ADOQ-05	0,23	0,09	2,6	774,2	-	30,2	345,5	-	7,5
ADOQ-06	0,22	0,14	2,4	52,3	-	351,1	111,5	-	314,6
ADOQ-07	0,27	0,14	2,5	131,8	-	57,2	32,5	-	36,7
ADOQ-08	0,31	0,14	2,4	487,2	-	405,3	325,8	-	615,7
ADOQ-09	0,76	0,09	2,4	1195,5	-	35,1	881,8	-	13,2
ADOQ-10	0,35	0,14	2,5	111,6	-	13,6	31,1	-	22,4
ADOQ-11	0,42	0,14	2,3	453,0	190,7	6,3	194,0	41,9	1,6
ADOQ-12	0,54	0,14	2,5	1497,3	12,8	6,5	502,3	4,2	2,0
ADOQ-13	0,73	0,14	2,3	287,3	-	4,8	200,0	-	1,6
ADOQ-14	1,29	0,14	2,5	389,0	8,1	0,8	176,9	3,7	0,4
ADOQ-15	1,09	0,14	2,6	1944,3	23,1	6,4	924,8	9,6	3,9
ADOQ-16	0,47	0,14	2,5	1114,6	-	8,1	683,1	-	4,3
ADOQ-17	0,27	0,09	2,4	1762,1	218,6	15,7	951,1	52,7	5,8
ADOQ-18	0,36	0,09	2,5	2024,8	19,8	28,8	1039,9	12,0	8,2
ADOQ-19	0,29	0,09	2,4	31,9	-	38,0	18,6	-	9,9
ADOQ-20	0,18	0,09	2,4	6066,5	-	18,6	1322,4	-	3,8
ADOQ-21	0,20	0,09	2,4	5775,7	8,7	13,2	1320,2	5,0	3,5
ADOQ-22	0,16	0,09	2,5	19,6	-	5,0	10,4	-	12,9
ADOQ-23	0,15	0,09	2,5	248,7	-	16,8	83,7	-	4,7
ADOQ-24	0,17	0,09	2,5	1244,3	-	11,6	304,2	-	2,7
ADOQ-25	1,67	0,09	2,7	575934,7	-	17,6	287305,5	-	9,9
ADOQ-26	1,34	0,09	2,4	363076,0	-	17,5	166744,6	-	7,6
ADOQ-27	1,80	0,09	2,5	607815,0	-	113,9	338733,9	-	58,9
ADOQ-28	0,11	0,09	2,3	3231,3	-	20,5	875,1	-	4,5
ADOQ-29	0,19	0,09	2,4	183,3	14,1	28,3	86,4	11,5	15,0
ADOQ-30	0,90	0,09	2,4	28884,4	-	52,0	30372,5	-	34,1
ADOQ-31	0,23	0,09	2,4	6,7	-	8,8	6,7	-	1,8
ADOQ-32	0,24	0,09	2,4	14,7	-	25,7	6,8	-	8,1
ADOQ-33	0,62	0,09	2,4	2001,5	5,6	21,2	606,5	11,6	5,8
ADOQ-34	0,57	0,09	2,5	527,1	-	17,1	236,9	-	4,2
ADOQ-35	0,27	0,09	2,4	58,6	-	21,2	8,2	-	5,6
ADOQ-36	0,24	0,09	2,5	10,5	-	21,1	54,2	-	7,4
ADOQ-37	0,20	0,09	2,3	14477,9	16,9	0,0	3779,9	3,8	0,0
ADOQ-38	0,14	0,09	2,4	2451,2	13,4	8,9	1092,6	2,4	3,2
ADOQ-39	0,42	0,09	2,4	42283,1	34,2	6,0	11038,3	10,1	5,4
ADOQ-40	0,23	0,09	2,4	807,9	-	40,4	260,9	-	11,4
ADOQ-41	0,21	0,09	2,3	54,0	-	21,4	21,5	-	1,9
ADOQ-42	0,27	0,09	2,4	592,2	20,1	28,3	558,1	5,9	26,2
ADOQ-43	0,42	0,09	2,3	16525,2	28,8	17,7	4076,5	18,5	4,7
ADOQ-44	0,40	0,09	2,4	864,8	361,6	44,6	287,2	94,7	13,4
ADOQ-45	0,31	0,09	2,3	25,1	-	22,3	2,7	-	5,1
ADOQ-46	0,37	0,09	2,4	72,1	19,7	47,9	6,8	0,9	13,3
ADOQ-47	0,30	0,09	2,3	46,2	-	16,0	6,4	-	3,0
ADOQ-48	0,36	0,09	2,4	60,7	-	39,6	54,3	-	12,5
ADOQ-49	0,55	0,09	2,3	0,0	-	28,7	29,0	-	17,3
ADOQ-50	0,42	0,09	2,4	7383,4	951,0	27,4	6097,8	188,8	29,1
ADOQ-51	0,24	0,09	2,4	279,3	-	8,6	172,4	-	1,9
ADOQ-52	0,24	0,09	2,4	788,6	7,2	57,8	278,4	4,8	22,3
ADOQ-53	0,13	0,09	2,2	8603,8	265,3	25,6	276,8	33,0	10,6
ADOQ-54	1,06	0,09	2,4	4452,6	56,9	4,7	13754,7	16,0	4,0

Tableau 10 : Débits d'émissions massiques des 54 produits testés en chambres d'essai d'émission

Référence	m (g)	S (m ²)	TRA (h ⁻¹)	SERq 0-30min (µg. g ⁻¹ .h ⁻¹)			SERq 30-60min (µg.g ⁻¹ .h ⁻¹)		
				COVt	limonène	formaldéhyde	COVt	limonène	formaldéhyde
ADOQ-01	0,36	0,09	2,5	271,8	212,4	8,8	82,2	51,5	2,5
ADOQ-02	0,39	0,09	2,3	424,9	22,2	8,3	205,3	6,2	2,3
ADOQ-03	0,22	0,09	2,3	307,1	43,8	10,2	140,1	11,8	3,1
ADOQ-04	0,39	0,09	2,4	47,1	-	3,8	14,8	-	0,9
ADOQ-05	0,23	0,09	2,6	300,2	-	11,7	134,0	-	2,9
ADOQ-06	0,22	0,14	2,4	32,6	-	218,9	69,5	-	196,1
ADOQ-07	0,27	0,14	2,5	68,1	-	29,6	16,8	-	19,0
ADOQ-08	0,31	0,14	2,4	226,6	-	188,5	151,5	-	286,4
ADOQ-09	0,76	0,09	2,4	142,7	-	4,2	105,3	-	1,6
ADOQ-10	0,35	0,14	2,5	44,9	-	5,5	12,5	-	9,0
ADOQ-11	0,42	0,14	2,3	151,0	63,6	2,1	64,7	14	0,5
ADOQ-12	0,54	0,14	2,5	386,4	3,3	1,7	129,6	1,1	0,5
ADOQ-13	0,73	0,14	2,3	55,4	-	0,9	38,6	-	0,3
ADOQ-14	1,29	0,14	2,5	43,2	0,9	0,1	19,7	0,4	0,0
ADOQ-15	1,09	0,14	2,6	248,2	3	0,8	118,1	1,2	0,5
ADOQ-16	0,47	0,14	2,5	325,6	-	2,4	199,6	-	1,2
ADOQ-17	0,27	0,09	2,4	587,4	72,9	5,2	317,0	17,6	1,9
ADOQ-18	0,36	0,09	2,5	509,8	5	7,2	261,8	3	2,1
ADOQ-19	0,29	0,09	2,4	9,9	-	11,8	5,8	-	3,1
ADOQ-20	0,18	0,09	2,4	3055,7	-	9,3	666,1	-	1,9
ADOQ-21	0,20	0,09	2,4	2613,8	3,9	6,0	597,5	2,2	1,6
ADOQ-22	0,16	0,09	2,5	10,7	-	2,7	5,7	-	7,0
ADOQ-23	0,15	0,09	2,5	146,7	-	9,9	49,4	-	2,8
ADOQ-24	0,17	0,09	2,5	653,0	-	7,5	159,7	-	1,7
ADOQ-25	1,67	0,09	2,7	30716,5	-	0,9	15323,0	-	0,5
ADOQ-26	1,34	0,09	2,4	24027,1	-	1,2	11034,6	-	0,5
ADOQ-27	1,80	0,09	2,5	29546,6	-	5,5	16466,2	-	2,9
ADOQ-28	0,11	0,09	2,3	2738,0	-	17,4	741,5	-	3,8
ADOQ-29	0,19	0,09	2,4	85,6	6,6	13,2	40,4	5,4	7,0
ADOQ-30	0,90	0,09	2,4	2951,7	-	5,3	3103,8	-	3,5
ADOQ-31	0,23	0,09	2,4	2,6	-	3,3	2,6	-	0,7
ADOQ-32	0,24	0,09	2,4	5,4	-	9,5	2,5	-	3,0
ADOQ-33	0,62	0,09	2,4	298,7	0,8	3,2	90,5	1,7	0,9
ADOQ-34	0,57	0,09	2,5	83,4	-	2,7	37,5	-	0,7
ADOQ-35	0,27	0,09	2,4	19,2	-	7,0	2,7	-	1,8
ADOQ-36	0,24	0,09	2,5	4,0	-	8,0	20,5	-	2,8
ADOQ-37	0,20	0,09	2,3	6384,0	7,4	0,0	1666,7	1,7	0,0
ADOQ-38	0,14	0,09	2,4	1579,7	8,7	5,7	704,1	1,5	2,1
ADOQ-39	0,42	0,09	2,4	9219,6	7,5	1,3	2406,9	2,2	1,2
ADOQ-40	0,23	0,09	2,4	316,1	-	15,8	102,1	-	4,5
ADOQ-41	0,21	0,09	2,3	23,0	-	9,1	9,1	-	0,8
ADOQ-42	0,27	0,09	2,4	196,0	6,7	9,4	184,7	1,9	8,7
ADOQ-43	0,42	0,09	2,3	3532,1	6,2	3,8	871,3	4	1,0
ADOQ-44	0,40	0,09	2,4	193,6	80,9	10,0	64,3	21,2	3,0
ADOQ-45	0,31	0,09	2,3	7,3	-	6,5	0,8	-	1,5
ADOQ-46	0,37	0,09	2,4	17,5	4,8	11,6	1,7	0,2	3,2
ADOQ-47	0,30	0,09	2,3	13,8	-	4,8	1,9	-	0,9
ADOQ-48	0,36	0,09	2,4	15,2	-	9,9	13,6	-	3,1
ADOQ-49	0,55	0,09	2,3	0,0	-	4,7	4,7	-	2,8
ADOQ-50	0,42	0,09	2,4	1616,8	208,2	6,0	1335,3	41,3	6,4
ADOQ-51	0,24	0,09	2,4	106,8	-	3,3	65,9	-	0,7
ADOQ-52	0,24	0,09	2,4	301,5	2,7	22,1	106,4	1,8	8,5
ADOQ-53	0,13	0,09	2,2	5872,4	181,1	17,5	188,9	2,2	7,2
ADOQ-54	1,06	0,09	2,4	390,0	5	0,4	1204,8	1,4	0,4

Les masses de produit appliquées varient de 0,1 à 1,8 g ; cette quantité est fonction du type de produit ainsi que de son conditionnement. Les TRA dans la chambre d'essai sont compris entre 2,2 et 2,7 h⁻¹. Les surfaces nettoyées étaient des plaques en verre, de superficie égale à 0,09 ou 0,14 m².

Pour tous les produits testés, les facteurs d'émissions surfaciques de COVt sont compris entre 7 µg.m⁻².h⁻¹ et 610 mg.m⁻².h⁻¹ pour les trente premières minutes et 3 µg.m⁻².h⁻¹ et 340 mg.m⁻².h⁻¹ pour les trente suivantes. Parmi les 54 produits testés, 24 ont présenté des facteurs d'émissions de COVt supérieurs à 1 mg.m⁻².h⁻¹, lors de la première demi-heure, dont 3 avec des concentrations supérieures à 100 mg/m³ : 3 dépoussiérants meubles : ADOQ-25, ADOQ-26, ADOQ-27. Il est également intéressant de noter que des émissions très faibles ont été observées pour les produits ADOQ-22, 31 et 32. Dans la majorité des cas, les facteurs d'émissions surfaciques de COVt diminuent au cours du temps. Cette dynamique n'est toutefois pas observée pour 3 produits : ADOQ-6, (eau de javel) dont le facteur d'émission double, et ADOQ-54 (lingettes de nettoyage des parquets), dont le facteur d'émission est multiplié par 5 lors du second prélèvement mais les niveaux atteints pour ces produits sont relativement faibles, au contraire du produit ADOQ-36, dont le facteur d'émission triple et atteint une valeur supérieure à 10 mg.m⁻².h⁻¹.

Le limonène a été identifié dans 23 produits, à des niveaux compris entre 5 et 950 µg.m⁻².h⁻¹. Les valeurs les plus importantes ont été obtenues pour les produits ADOQ-3, 11, 17, 44 et 53 avec des facteurs d'émissions surfaciques compris entre 100 et 360 µg.m⁻².h⁻¹ ; ainsi que pour les produits ADOQ-01 et 50, dont les niveaux sont respectivement de 850 et 950 µg.m⁻².h⁻¹ lors de la première demi-heure. Mis à part pour le produit ADOQ-3 dont le facteur d'émission double, une diminution du facteur d'émission surfacique du limonène est observée lors de la demi-heure suivante. Cette diminution est supérieure à 50% pour 17 produits sur les 23 présentant des émissions de toluène.

En ce qui concerne les aldéhydes, le formaldéhyde est le composé majoritairement émis par les produits testés. Les facteurs d'émissions surfaciques mesurés varient entre 0 et 405 µg.m⁻².h⁻¹ la première demi-heure, et 0 et 615 µg.m⁻².h⁻¹ la demi-heure suivante. Parmi tous les produits testés, 2 ont présenté des facteurs d'émissions surfaciques supérieurs à 100 µg.m⁻².h⁻¹ : le dépoussiérant meuble ADOQ-27 et les eaux de javel ADOQ-6 et ADOQ-8. Une augmentation au cours du temps du facteur d'émission a été observée pour 3 produits : ADOQ-8, 10 et 22 ; l'augmentation la plus importante concerne le produit ADOQ-8 avec un niveau 50% supérieur. Pour tous les autres produits, les facteurs d'émissions surfaciques de formaldéhyde diminuent.

La Figure 10 présente la répartition des 54 produits testés en fonction de leur facteur d'émission surfacique en COVt, en limonène et en formaldéhyde, pour les deux prélèvements effectués.

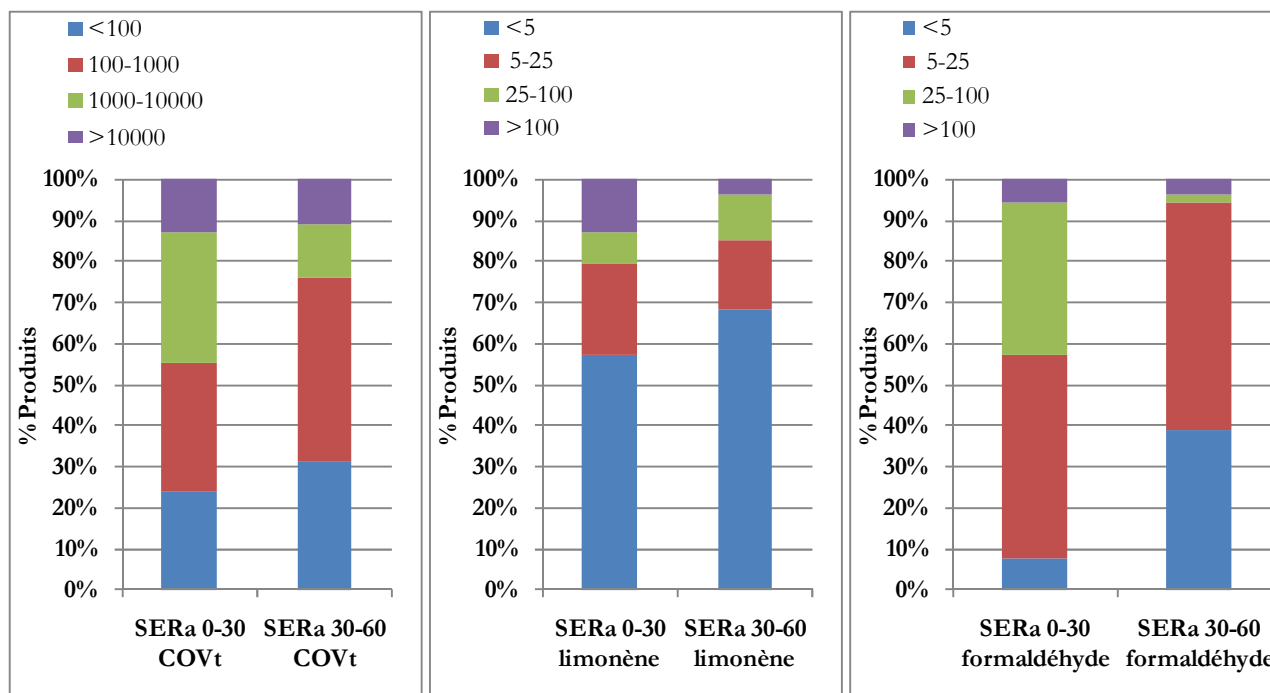


Figure 10 : Répartition des produits en fonction de leur facteur d'émission surfacique (en µg.m⁻².h⁻¹)

L'analyse des facteurs d'émissions massiques en COVt met en évidence des valeurs de 3 µg.g⁻¹.h⁻¹ à 30 mg.g⁻¹.h⁻¹ pour les trente premières minutes et de 1 µg.g⁻¹.h⁻¹ à 16 mg.g⁻¹.h⁻¹ pour les trente suivantes. Les niveaux les plus importants ont été observés pour les produits ADOQ-25, 26 et 27.

Les facteurs d'émissions massiques du limonène sont compris entre 1 et 210 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ la première demi-heure, les produits les plus émetteurs étant ADOQ-1, 50 et 53 avec des facteurs supérieurs à 100 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$.

Le formaldéhyde présente des facteurs d'émission massiques de 0 à 220 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ durant les trente premières minutes. Les facteurs les plus importants étant observés pour les produits ADOQ-6 et 8.

Les dynamiques d'émissions observées pour les facteurs d'émissions massiques sont similaires à celles des facteurs d'émissions surfaciques.

Les facteurs d'émission spécifiques déterminés pour ces 54 produits constituent une base de données importante comprenant les valeurs de près de 240 composés volatils. Ces informations vont alimenter et enrichir des bases de données de sources d'émissions de polluants plus globales (i.e., le projet européen EPHECT). De plus, des concentrations d'exposition pourront être déterminées en utilisant des modèles de prédiction de l'exposition basés sur des scénarii d'application (Travaux INERIS pour le MEDDE, rapport prévu pour la fin de l'année 2012).

2. Identification des composés organiques volatils

Une analyse détaillée des chromatogrammes obtenus a permis de mettre en évidence la présence de nombreux composés retrouvés dans plusieurs des produits testés. La limite d'identification a été fixée à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ équivalent toluène pour les COV. Ainsi, 230 COV ont été quantifiés et identifiés. Une identification précise n'a pas toujours été possible, mais dans la plupart des cas des composés inconnus, la famille chimique est mentionnée. L'ensemble des facteurs d'émissions surfaciques et massiques des COV identifiés et des 15 aldéhydes recherchés est présenté en Annexe.

Le Tableau 11 présente une synthèse des principaux COV identifiés dans les 54 produits testés. Seuls les composés détectés à plus de 5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et identifiés dans 5 produits minimum sont présentés, l'ensemble des données étant rassemblées en Annexe. Parmi les 15 aldéhydes identifiés par la méthode HPLC, seuls les résultats du formaldéhyde sont présentés dans le Tableau 11, les autres données figurent en Annexe. Ce composé est un polluant clé et d'intérêt prioritaire, dans les problématiques de qualité de l'air intérieur.

Les terpènes représentent le groupe majoritaire, avec notamment le limonène, l'alpha-pinène, le camphène, le terpinolène, et le citronellol. Des alcools terpéniques, isomères du terpinéol, sont également fréquemment rencontrés. La présence d'eucalyptol est également à noter pour de nombreux produits. En ce qui concerne les espèces potentiellement réactives avec l'ozone (présentant des insaturations), sont retrouvées en plus du limonène, l'alpha-pinène, le terpinolène, le citronellol, les terpinéols, le dihydromyrécéol, le linalool et le citral. Des émissions de chloroforme sont mises en évidence pour les produits ADOQ-6, 7, 8 (les trois eaux de Javel) et 10 (un nettoyant WC). La présence d'une substance classée cancérigène avérée est à noter pour le produit ADOQ-8, le 2-nitropropane.

Ces résultats sont en accord avec les observations des précédentes études sur les produits d'entretien.

Durant les travaux de Singer et al. (2006), l'émission de nombreux composés, retrouvés dans l'analyse des 54 produits ADOQ, a été mise en évidence : l'alpha-pinène, le camphène, le beta-phellandrene, l'alpha-terpinène, le d-limonène, le gamma-terpinène, le terpinolène, les isomères du terpinéol, le p-cymène, l'eucalyptol, le dihydromyrécéol, le linalool, le beta-citronello et l'alpha-citral.

L'étude de l'AFFSET et du CSTB (Solal et al., 2008) fournit quelques exemples de composés volatils émis par les produits d'entretien testés et notamment, le nonane, le décane et le undécane, le 1-méthoxy-2-propanol, le p-cymène, le terpinéol.

Les résultats du programme de l'Agence danoise de Protection de l'environnement (Danish EPA – Rastogi, 2002) qui constitue une vaste étude concernant les produits de grande consommation peuvent également être mentionnés : 102 études ont été publiées sur les substances potentiellement dangereuses contenues dans les produits de grande consommation. Parmi elles, une concerne les fragrances dans les produits ménagers. La composition chimique de 43 produits a été analysée : 67% contiennent du limonène ; 56% du linal ; 40% de l'aldéhyde hexylcinnamique, du linalool et du gamma-méthylionone ; 30% du benzyl alcool et de la coumarine ; 26% benzyl benzoate et du citronellol ; 21% du benzyl salicylate et du geraniol ; 19% de l'eugénol et 16% du citral.

Enfin, les données obtenues dans le cadre du projet ADOQ sont également en accord avec les informations du rapport INERIS (Larbre et al., 2011) qui présente une synthèse de données bibliographiques sur les émissions des produits d'entretien.

Tableau 11 : Identification et répartition des COV retrouvés dans au moins 5 produits testés

N° CAS	Composé	Identifié dans le(s) produits(s) ADOQ	% de produits
50-00-0	formaldehyde	Tous les produits sauf 14, 22, 37, 39 et 54	91%
138-86-3	d-limonene	1+2+3+11+12+14+15+17+18+21+29+33+37+38+39+42+43+44+46+50+52+53+54	43%
18479-58-8	dihydromyrcenol	2+3+5+9+12+14+15+16+18+29+33+34+37+38+42+43+50+51+53	35%
-	terpenes	2+3+12+13+15+16+18+29+33+39+40+42+44+50+51+52+53	31%
470-82-6	eucalyptol	9+10+12+13+14+15+18+38+39+43+44+50+51+52+53	28%
78-70-6	linalool	2+3+15+33+34+38+39+40+42+43+44+50	22%
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	15+17+20+21+24+39+40+43+44+53	19%
106-25-2	cis-geraniol	2+3+15+34+40+42+43+44+50+54	19%
586-62-9	terpinolene	2+3+11+12+13+14+15+38+50	17%
100-51-6	benzyl alcool	16+17+18+33+34+38+47+54	15%
507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	12+13+14+17+50+51+52+53	15%
124-19-6	nonanal	3+15+17+18+29+33+34+50	15%
60-12-8	phenylethyl alcool	13+24+34+39+47+51+52+54	15%
21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	20+21+37+39+43+53+54	13%
32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	2+5+9+16+17+18+33	13%
65-85-0	acide benzoïque	7+8+10+13+14+15+52	13%
138-87-4	β -terpineol	12+33+39+43+50+53+54	13%
98-55-5	terpineol	12+14+33+39+43+52+53	13%
629-59-4	tetradecane	3+9+12+17+40+50+52	13%
10482-56-1	α -terpineol	2+13+21+29+39+44+54	13%
6863-58-7	di-sec-butyl ether	20+21+24+39+43+53	11%
124-13-0	octanal	3+15+33+43+44+50	11%
98-55-5	α -terpineol	13+21+29+3+44+54	11%
1445-91-6	1-phenylethanol	15+16+17+18+50	9%
586-82-3	1-terpinenol	14+33+39+50+54	9%
128-37-0	BHT	12+16+18+39+44	9%
103-95-7	cyclamal	5+12+18+33+44	9%
80-54-6	lilial	12+16+18+42+50	9%
99-87-6	p-cymene	3+9+15+44+50	9%
2437-95-8	α -pinene	3+9+38+50+54	9%

3. Choix des produits

Les tests en chambre d'émission réalisés sur les 54 produits présélectionnés ont permis de choisir 19 produits (les plus émissifs et ceux contenant des composés potentiellement réactifs tels les terpènes) afin qu'ils soient mis en œuvre dans la maison expérimentale MARIA du CSTB lors de la phase 2 de ce projet. Ces produits sont surlignés dans le Tableau 9 et le Tableau 10.

Les principaux critères de choix utilisés pour effectuer cette sélection ont été : une émission en COVt significative, la présence de COV spécifiques susceptibles de réagir avec l'ozone, l'émission de formaldéhyde importante. De plus, lorsque plusieurs produits d'une même famille (i.e., même usage) étaient sélectionnés, seul un produit par conditionnement a été retenu afin d'éviter tout doublon de scénarii.

Ainsi, les produits sélectionnés sont :

- **Produit ADOQ-02** : produit présentant les émissions de COVt (1809 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) et de formaldéhyde (36 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des produits vaisselle.
- **Produit ADOQ-08** : produit présentant les émissions de COVt (487 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) et de formaldéhyde (188 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs multi-usages présentés en poudre.
- **Produit ADOQ-12** : produit présentant les émissions de COVt (1497 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs WC.
- **Produit ADOQ-16** : produit présentant les émissions de COVt (1115 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) et de formaldéhyde (8 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs pour salle de bains anticalcaire présentés en flacon à utiliser pur.
- **Produit ADOQ-17** : produit présentant les émissions de COVt (1762 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs pour salle de bains anticalcaire présentés en vaporisateur.
- **Produit ADOQ-20** : produit présentant les émissions de COVt (6066 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) et de formaldéhyde (19 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs vitres présentés en vaporisateur.
- **Produit ADOQ-24** : produit présentant les émissions de COVt (1244 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs vitres présentés en lingettes.
- **Produit ADOQ-27** : produit présentant les émissions de COVt (607815 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) et de formaldéhyde (114 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs meubles présentés en vaporisateur.
- **Produit ADOQ-28** : produit présentant les émissions de COVt (3231 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs meubles présentés en lingettes.
- **Produits ADOQ-31 et 32** : ces deux produits ont été sélectionnés dans la famille des nettoyeurs de sol type parquets vitrifiés, afin de comparer les émissions et la réactivité d'un produit classique et d'un produit présentant un affichage «écologique».
- **Produit ADOQ-33** : produit présentant les émissions de COVt (2001 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs de sol type carrelage présentés en lingettes.
- **Produit ADOQ-39** : produit présentant les émissions de COVt (42283 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs cuisine présentés en vaporisateur.
- **Produit ADOQ-43** : produit présentant les émissions de COVt (16525 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs multi-usages présentés en lingettes.
- **Produit ADOQ-50** : produit présentant les émissions de COVt (7383 $\mu\text{g.m}^{-2}\text{.h}^{-1}$) les plus importantes pour la famille des nettoyeurs multi-usages présentés en poudre/crème.
- **Produits ADOQ-51 et 52** : ces deux produits ont été sélectionnés dans la famille des nettoyeurs pour salle de bains présentés en vaporisateur, afin de comparer les émissions et la réactivité d'un produit classique et d'un produit présentant un affichage «écologique».
- **Produits ADOQ-53** : ce produit a été sélectionné car seul représentant de la famille des nettoyeurs pour salle de bains présentés en mousse.

- **Produit ADOQ-54** : ce produit a été préféré au produit ADOQ-30, malgré les importantes émissions de COV de ce dernier, afin de respecter le type de produit ménager. En effet, le produit ADOQ-30 concernait les revêtements de sol type parquets cirés tandis que les autres produits de la même famille se rapportaient aux parquets vitrifiés. Afin de pouvoir étudier l'impact du conditionnement sur les émissions et la réactivité, il a été décidé de conserver les produits destinés aux parquets vitrifiés.

4. Conclusion et valorisation

Durant cette première phase, une méthodologie d'évaluation des émissions chimiques des produits ménagers a été proposée. Les mesures effectuées en chambre d'essai d'émission permettent de disposer d'un nombre important de données d'émissions pour 54 produits ménagers couramment rencontrés.

Ces informations vont pouvoir alimenter et enrichir des bases de données de sources d'émissions de polluants plus globales (i.e., le projet européen EPHECT). La création de nouvelle base de données spécifique aux produits d'entretien est également envisagée.

De plus, ces données peuvent être intégrées à des outils de prédiction d'impact sanitaire dans l'air intérieur. Dans cette optique, un travail est déjà en cours pour intégrer dans un modèle d'exposition spécifique, les facteurs d'émissions massiques et surfaciques déterminés dans le cadre du projet ADOQ (Travaux INERIS pour le MEDDE, rapport prévu pour la fin de l'année).

B. Campagne estivale

1. Niveaux de fond

Les niveaux de fond en COVt relevés dans les pièces étudiées sont compris entre de 50 et 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les valeurs plus importantes (i.e., supérieures à 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ont été observées durant les journées du 19 et du 23 juillet. En ce qui concerne le formaldéhyde, les niveaux de fond varient de 6 à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces valeurs sont cohérentes avec les données issues de la campagne nationale logements organisée par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) en 2006 et dont les résultats sont disponibles dans l'aérathèque dédiée (www.air-interieur.org). Les niveaux de fond en particules sont restés relativement constants tout au long de la campagne avec une moyenne de 4000 particules/ cm^3 et une concentration massique d'environ 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces niveaux sont du même ordre de grandeur que les niveaux mesurés dans des logements ruraux et urbains en Suède en période estivale (Matson, 2005).

2. Synthèse des résultats

Sont présentés ici les résultats de la campagne estivale. Le Tableau 12 résume les niveaux de concentrations des principaux polluants étudiés, avant, pendant et après la réalisation de l'action. Sont ainsi spécifiés :

- Les concentrations en ozone – l'ozonolyse des COV émis par le produit testé conduira à une décroissance du niveau d'ozone.
- Les concentrations en COVt obtenues par prélèvements sur Tenax TA permettront, comme pour les essais en chambre d'émission, d'évaluer la charge globale en COV du produit testé.
- Les concentrations en limonène, obtenus par prélèvements sur Tenax TA. Le niveau de limonène peut, dans un premier temps, croître consécutivement à l'emploi d'un produit ménager puis, dans un second temps, décroître suite à des réactions d'ozonolyse. Le suivi en continu de ces COV spécifiques est également réalisé et constitue le moyen de mesure le plus pertinent pour identifier les phénomènes de réactivité.
- Les concentrations en formaldéhyde issues des prélèvements sur DNPH. Les niveaux de formaldéhyde peuvent augmenter suite à une émission primaire par le produit ménager ou secondaire comme produit d'ozonolyse des terpènes émis par le produit ménager.
- Le nombre des particules et le mode (la taille) de la distribution en nombre des particules. Cette mesure permet d'identifier les « épisodes » de formation de nouvelles particules et d'évaluer la part d'AOS sur la quantité totale de particules.

Lorsqu'aucune valeur n'est spécifiée pour « Pcl après » c'est qu'aucune augmentation significative du nombre de particules n'a pu être observée consécutivement à l'action c'est à dire à l'emploi de produit ménager. Les produits surlignés sont ceux présentant les résultats les plus intéressants en termes de réactivité potentielle avec l'ozone. Ils seront re-testés lors de la campagne hivernale.

Tableau 12 : Résultats de la campagne estivale. Concentrations avant et après l'action (i.e., utilisation du produit ménager testé) en ozone, COV totaux (COVt), limonène, formaldéhyde et Pcl. : nombre de particules – nd : non disponibles

Produits	Ozone avant ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Ozone après	COVt avant ($\mu\text{g.m}^{-3}$ eq. toluène)	COVt après	Limonène avant ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Limonène après	HCHO avant ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	HCHO après	Pcl. avant (#.cm ⁻³)	Pcl. après	Mode avant (nm)	Mode formé
ADOQ-02	78	66	58	137	<1	9	12	17	6489	-	140	-
ADOQ-08	76	76	95	122	<1	<1	24	26	3537	-	100	-
ADOQ-12	116	124	nd	224	<1	<1	17	14	3459	-	20 et 150	-
ADOQ-16	36	40	nd	68	<1	<1	27	24	5455	-	10 et 70	-
ADOQ-17	72	72	nd	173	<1	<1	7	17	5767	-	30 et 150	-
ADOQ-20	58	48	53	732	<1	<1	9	10	3034	13 595	20	40
ADOQ-24	52	54	126	504	1	1	12	123	3363	-	20 et 120	-
ADOQ-27	86	80	140	13 486	<1	<1	39	41	1653	-	200	-
ADOQ-28	106	102	113	146	<1	<1	39	33	3441	-	100 et 130	-
ADOQ-31	46	62	66	60	1	1	25	22	4789	-	30 et 100	-
ADOQ-32	56	56	73	76	<1	1	27	28	2846	-	100	-
ADOQ-33	106	86	107	255	1	3	18	22	4353	-	40 et 160	-
ADOQ-39	46	42	52	1023	1	9	7	10	3498	10 493	50	36
ADOQ-43	20	26	109	730	1	10	10	5	5263	-	70	-
ADOQ-50	70	82	190	352	2	149	17	8	4999	187 475	100	40
ADOQ-51	50	42	191	324	<1	<1	17	30	6891	-	40	-
ADOQ-52	36	32	149	166	1	1	14	17	2996	-	140	-
ADOQ-53	70	38	114	5101	1	460	22	33	4678	87 715	100	54
ADOQ-54	46	34	nd	112	<1	<1	24	27	4457	-	100	-

Les niveaux d'ozone mesurés à l'intérieur des pièces étudiées variaient de 36 à 116 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avant le début des actions, contre 26 à 124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ après. Une diminution significative d'ozone a été observée pour plusieurs produits (ADOQ-02, ADOQ-20, ADOQ-27, ADOQ-28, ADOQ-33, ADOQ-39, ADOQ-51, ADOQ-52, ADOQ-54). La variation la plus importante a été obtenue avec le produit ADOQ-52 dont l'utilisation conduit à une diminution de près de 50% de l'ozone.

Exception fait du produit ADOQ-31, une augmentation des COVT a été observée pour tous les produits testés, mettant ainsi en évidence le terme source de pollution liée aux activités domestiques. Les niveaux de COVT les plus importants ont été détectés pour les produits ADOQ-20, ADOQ-24, ADOQ-39, ADOQ-43 et ADOQ-27, pour ce dernier le niveau dépasse 13 mg/m^3 soit près de 100 fois le niveau initial. Le COV spécifique présenté ici, le limonène, a été émis en concentration importante lors des actions ADOQ-50 (près de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et ADOQ-53 (plus de 450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Des niveaux plus faibles mais significatifs ont été relevés pour les produits ADOQ-02, ADOQ-33, ADOQ-39 et ADOQ-43.

Pour les niveaux de formaldéhyde notés après les actions, des valeurs comprises entre 5 et 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été notées. Une augmentation significative a été observée pour près de 2/3 des produits. Les différences les plus importantes (près de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ont été obtenues pour les produits ADOQ-17 et ADOQ-53.

En ce qui concerne la formation de particules en nombre, quatre produits se distinguent des autres par leur propension à générer un grand nombre de petites particules : ADOQ-20, ADOQ-39, ADOQ-50 et ADOQ-53.

3. Conclusion et valorisation

La campagne estivale a été organisée en juillet 2010 dans la maison MARIA. Les produits ménagers y ont été testés sur la base de scénarii rigoureusement déterminés. Les conditions atmosphériques et en particulier les concentrations en ozone ont été favorables à l'étude de la réactivité des COV émis par les produits testés.

Les résultats ont permis d'observer des émissions de COV en lien avec l'emploi de produits ménagers et en particulier de limonène, terpène précurseur d'AOS, ainsi que la diminution concomitante des concentrations en limonène et en ozone et la présence de nouvelles particules, supposant la survenue de réactions chimiques dans l'atmosphère et la potentielle formation de produits secondaires.

Le scénario présenté en détail (ADOQ-53) et effectué dans des conditions réalistes d'utilisation d'un produit ménager, a montré la formation de particules ultrafines inhalables par l'utilisateur ou les personnes présentes à proximité de cette source polluante. Cependant, la campagne de mesure estivale réalisée dans MARIA en 2010 ne permet pas d'être catégorique quant à la formation de type primaire, provenant directement du produit lors de son emploi, ou secondaire, résultant de l'ozonolyse de composés de type terpénique.

La validation de la formation d'aérosol organique secondaire pourra être effective lors de la campagne hivernale avec la réalisation d'essais en absence et en présence d'ozone dans la pièce étudiée. L'absence de particules après l'emploi d'un produit ménager en absence d'ozone indiquera que la formation particulière obtenue lors de la campagne estivale est bien due à la réaction d'ozonolyse de COV précurseurs. L'utilisation d'un Aerosol Mass Spectrometer (AMS) permettant le suivi de la composition chimique des particules présentes dans l'air intérieur de la pièce où s'effectue l'emploi du produit ménager ainsi que des analyses chimiques spécifiques des composés oxygénés formés par oxydation de COV précurseurs d'AOS constitueront également une preuve de la formation d'AOS.

C. Résultats de la campagne hivernale

1. Niveaux de fond

Les niveaux de fond en COVt relevés dans la cuisine sont compris entre de 30 et 750 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en absence d'ozone et entre 100 et 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en présence d'ozone. Les niveaux de fond en formaldéhyde relevés dans la cuisine sont compris entre de 10 et 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, les valeurs observées en présence d'ozone étant globalement supérieures aux valeurs sans ozone.

Les niveaux de fond en particules se sont révélés plus variables que lors de la campagne estivale, certainement influencés par les variations des niveaux extérieurs comme le montre la Figure 11 présentant l'évolution temporelle des concentrations en PM₁₀ mesurées à la station Tremblay en France et les concentrations en PM_{2.5} mesurées par TEOM-FDMS dans la MARIA. Ainsi, de même que les niveaux extérieurs, les niveaux intérieurs sont plus élevés que lors de la période estivale.

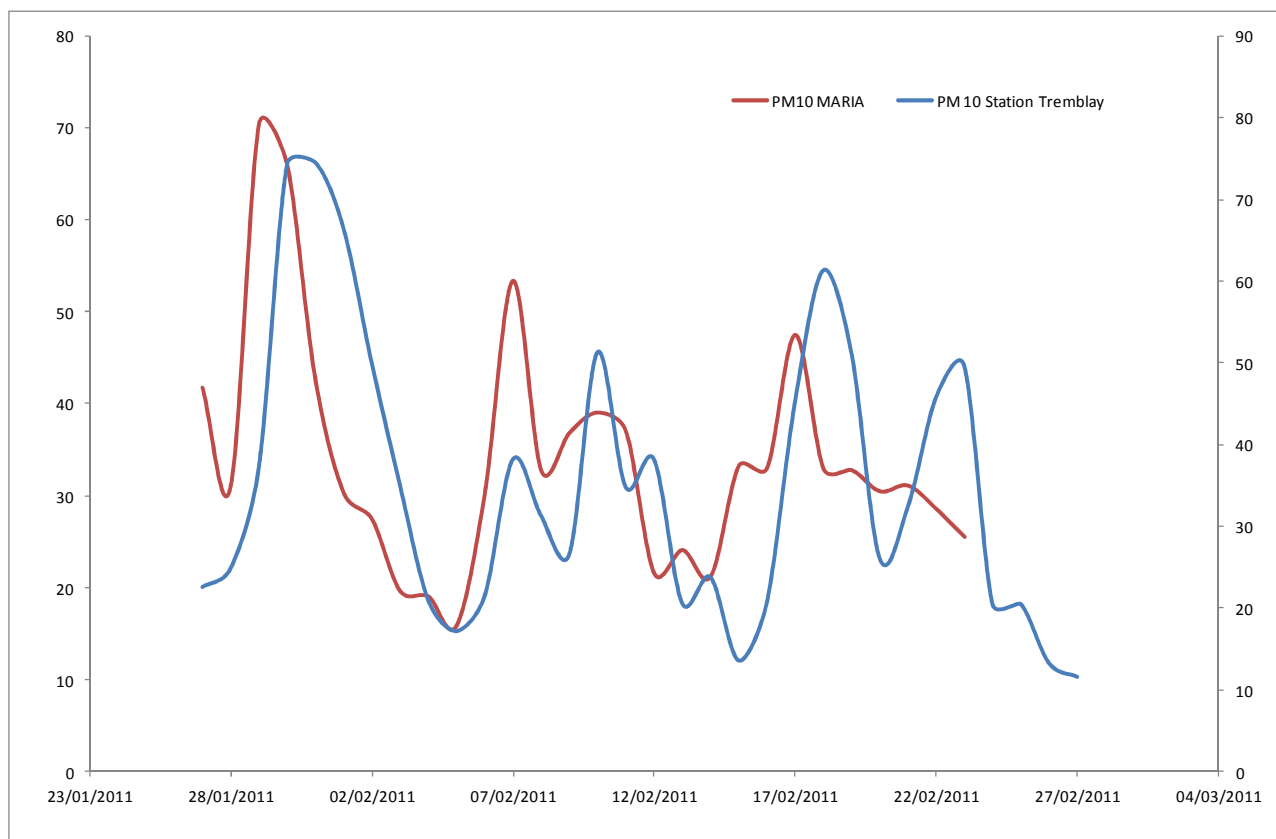


Figure 11 : Concentrations en PM₁₀ mesurées au niveau de la station de mesure AIRPARIF située à Tremblay en France et concentrations en PM_{2.5} mesurées par le TEOM-FDMS dans MARIA

2. Synthèse des résultats

Le Tableau 13 présente les résultats de la campagne hivernale. Pour chaque scénario/produit testé, sont présentés les résultats sans ozone (en bleu) et avec ozone (en rouge).

Les produits surlignés sont ceux présentant les résultats les plus intéressants en termes de réactivité potentielle avec l'ozone.

Tableau 13 : Résultats de la campagne hivernale. Concentrations avant et après l'action (i.e., utilisation du produit ménager testé) en ozone, COV totaux (COVt), limonène, formaldéhyde et nombre de particules (nd : non disponible)

Produits	Ozone avant ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Ozone après ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	COVt avant ($\mu\text{g.m}^{-3}$ eq. toluène)	COVt après ($\mu\text{g.m}^{-3}$ eq. toluène)	Limonène avant ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Limonène après ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	HCHO avant ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	HCHO après ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	PM avant ($\#\text{.cm}^{-3}$)	PM après ($\#\text{.cm}^{-3}$)	Mode avant (nm)	Mode formé
ADOQ-17	<1	<1	48	17	8	13	15	16	9110	-	120	-
ADOQ-17	nd	nd	116	168	18	21	23	25	10880	-	20	-
ADOQ-20	<1	<1	190	949	36	29	13	13	6624	23377	100	32
ADOQ-20	nd	nd	127	1085	17	12	18	19	5927	7723	100	50
ADOQ-31	<1	<1	36	49	25	24	21	25	3843	-	29-57	-
ADOQ-31	nd	nd	97	127	47	77	20	25	5995	-	50-85	-
ADOQ-32	<1	<1	99	108	23	23	21	26	3043	-	25-36	-
ADOQ-32	nd	nd	82	94	19	16	21	23	2966	-	66-98	-
ADOQ-33	<1	<1	152	276	37	25	10	14	5098	-	100 et 140	-
ADOQ-33	nd	nd	164	245	24	15	20	19	3945	-	-	-
ADOQ-39	<1	<1	144	1226	120	97	18	19	6819	9037	60	27
ADOQ-39	nd	nd	282	2418	47	96	29	35	4151	11451	170	20
ADOQ-43	<1	<1	755	1265	9	13	17	19	5053	-	80	-
ADOQ-43	nd	nd	318	898	18	20	26	27	12265	-	20 et 130	-
ADOQ-50	<1	<1	58	447	10	381	13	15	7022	-	10 et 90	-
ADOQ-50	nd	nd	210	417	13	211	25	30	3754	13988	85	16
ADOQ52	<1	<1	32	48	11	10	14	17	6668	-	80	-
ADOQ-52	nd	nd	411	504	145	14	15	22	4476	-	20 et 150	-
ADOQ-53	<1	<1	55	1842	25	215	11	13	4563	5336	150	-
ADOQ-53	nd	nd	264	1835	7	93	15	14	3482	156143	20 et 85	18
ADOQ-54	<1	<1	195	572	20	39	20	25	2995	-	28-31	-
ADOQ-54	nd	nd	149	658	12	34	31	27	1639	7546	71-117	21

Le COV spécifique présenté ici, le limonène, a été retrouvé à des niveaux importants, même avant mise en œuvre des produits, avec des valeurs variant de 7 à 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Des concentrations supérieures aux niveaux de fond ont été notées après utilisation des produits ADOQ-17, ADOQ-31, ADOQ-39, ADOQ-54, ADOQ-50 et ADOQ-53. Pour ces deux derniers produits, des niveaux supérieurs à 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été atteints. Pour les niveaux de formaldéhyde notés après les actions, des valeurs comprises entre 12 et 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été notées.

Tout comme lors de la campagne estivale, les produits ADOQ-20, ADOQ-39, ADOQ-50 et ADOQ-53 se distinguent des autres par la survenue d'une formation de petites particules successivement à leur utilisation.

En ce qui concerne le produit ADOQ-52, aucune augmentation du nombre de particules n'est observée que ce soit en absence ou en présence d'ozone. En revanche, une forte augmentation de leur masse peut être mesurée par SMPS, cette dernière passant de 16 à 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le cas de l'essai sans ozone et de 19 à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le cas de l'essai avec ozone, le mode passant dans les deux cas de 2 à 8 μm . Cette augmentation pourrait s'expliquer soit par une condensation importante de COV sur les particules préexistantes (cette hypothèse sera à confirmer par l'analyse de la composition chimique des particules, présentée dans la partie B du rapport) soit par des émissions primaires de grosses particules liées à l'emploi du produit (vaporisateur). Ces particules de grosses tailles sédimentent rapidement ce qui expliquerait la diminution rapide de la masse une dizaine de minutes à peine après l'épisode.

Parmi ces quatre produits, trois présentent des différences de comportement avec et sans ozone. En effet, l'utilisation des produits ADOQ-39, ADOQ-50 et ADOQ-53 en absence d'ozone ne mène pas à la formation de particules suggérant une formation d'AOS. En revanche, l'utilisation du produit ADOQ-20 mène à la formation de particules avec et sans ozone, suggérant une origine primaire. Cette hypothèse est confirmée par les concentrations faibles et stables en limonène (le produit ADOQ-20 serait faiblement émetteur de ce COV précurseur d'ozone), avant et après l'action.

Afin de confirmer ou d'infirmer ces hypothèses des analyses chimiques permettant de rechercher des traceurs spécifiques de réaction secondaires (analyse des phases gazeuses et particulaires) ont été réalisées et comparées aux données AMS. Ces résultats sont présentés dans la partie Discussion de ce rapport (chapitre IV).

3. Conclusions et valorisation

Les phénomènes observés au cours de la campagne hivernale sont similaires à ceux observés au cours de la campagne estivale à savoir :

- Augmentation systématique des concentrations en COV et aldéhydes successivement à l'emploi des produits ménagers ;
- Augmentation pour certains produits ménagers des concentrations en limonène successivement à leur utilisation ;
- Identification d'épisodes de formation de nouvelles particules de petite taille (quelques dizaines de nanomètres)

Cependant, la campagne hivernale a permis de travailler dans des conditions beaucoup plus maîtrisées dans la mesure où les concentrations en ozone étaient générées à l'aide d'un épurateur d'air. De plus, puisque la source d'ozone était cette fois-ci intérieure, les fenêtres sont restées fermées minimisant ainsi les échanges avec l'extérieur et les phénomènes de dilution.

Ainsi, au cours de cette campagne, des analyses chimiques des deux phases, gazeuse et particulaire, ainsi qu'un suivi continu de la composition chimique des aérosols par AMS a été mené afin de caractériser ces épisodes de nucléations et de mieux décrire la réactivité liée à l'emploi des produits ménagers.

Ce travail fait l'objet de la partie « discussion » de ce rapport.

D. Phase 3 : Evaluation de la réactivité en atmosphère contrôlée

1. Principe

Le produit ADOQ-53 a été choisi du fait de sa forte propension à générer des AOS dont la formation a été étudiée. Et l'influence de deux paramètres a été étudiée : l'humidité relative et la concentration en ozone selon le plan de travail présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Résumé des essais réalisés sur le banc

Produit	Quantité de produit utilisé (g)	Concentration d'ozone ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Humidité relative (%)	Température ($^{\circ}\text{C}$)	Nombre d'essais
53	0,8 / 1,1	0	50	23	1
	0,8 / 0,7	20	50	23	2
	0,7 / 0,9	100	50	23	2
	1,3 / 1,2	160	50	23	2
	0,8 / 0,8	100	<5	23	2
	1,7 / 0,8	100	30	23	2
	1,0 / 1,0	100	70	23	2

2. Résultats

Influence des concentrations en ozone

Le Tableau 15 présente les résultats du suivi de la granulométrie des aérosols et des niveaux de NO_2 en fonction des concentrations en ozone générées.

Les résultats en nombre et masse d'aérosols présentés montrent une augmentation de ces paramètres alors que la concentration en ozone augmente. Cette tendance est nette entre 0 et $100 \mu\text{g m}^{-3}$ d'ozone et devient moins nette entre 100 et $160 \mu\text{g m}^{-3}$. Ceci peut s'expliquer par les temps de résidence faibles dans la chambre, de l'ordre de 10 minutes, limitant ainsi les temps de réaction.

Il est intéressant de constater que même en l'absence d'ozone (<1 ppbv), quelques particules de petite taille, de l'ordre de quelques dizaines de nanomètres, sont mesurées et ne peuvent donc être attribuées à des émissions primaires du produit ménager.

Ce phénomène pourrait suggérer l'existence d'autres précurseurs que le limonène et d'autres voies réactionnelles que l'ozonolyse menant à la formation de l'aérosol organique secondaire.

En revanche, sans génération d'ozone, aucune concentration en formaldéhyde n'est mesurée suggérant ainsi que le produit ADOQ-53 ne constitue pas une source primaire de ce composé. Ce résultat va à l'encontre des mesures en chambre d'émission présentée en phase 1 du rapport où des niveaux de l'ordre de $20 \mu\text{g m}^{-3}$ avaient été mesurés. Avec l'augmentation des concentrations en ozone, la concentration en formaldéhyde augmente également soulignant ainsi son caractère secondaire.

Tableau 15 : Nombre, masse et mode des aérosols formés, concentrations en NO_2 , limonène et formaldéhyde en fonction de la concentration en ozone

Concentration O_3 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	<1	20	100	160
Masse de produit utilisé (g)	0,8 / 1,1	0,8 / 0,7	0,7 / 0,9	1,3 / 1,2
Nombre de particules max ($\#/\text{cm}^3$)	2460 / 1100	6800 / 5600	10100 / 8000	8500 / 12000
Masse de particules formée max ($\mu\text{g m}^{-3}$)	2,7 / 1,6	7,1 / 3,3	25 / 21	22 / 39
Mode 1 ^{ères} particules formées (nm)	25 / 40	55 / 40	50 / 50	60 / 60
Mode 2 ^{èmes} particules formées (nm)	-	50 / 50	70 / 70	80 / 80
NO_2 max ($\mu\text{g m}^{-3}$)	45 / 43	31 / 41	36 / 41	50 / 47
Limonène ($\mu\text{g m}^{-3}$)	1260 / 1500	1150 / 1070	1130 / 1200	1700 / 1800
Formaldéhyde ($\mu\text{g m}^{-3}$)	0 / 0	5 / 3	8 / 11	11 / 15

La Figure 12 présente l'évolution des concentrations en ozone, NO_2 et en aérosols (nombre et masse) au cours de l'un des essais à $100 \mu\text{g m}^{-3}$ d'ozone.

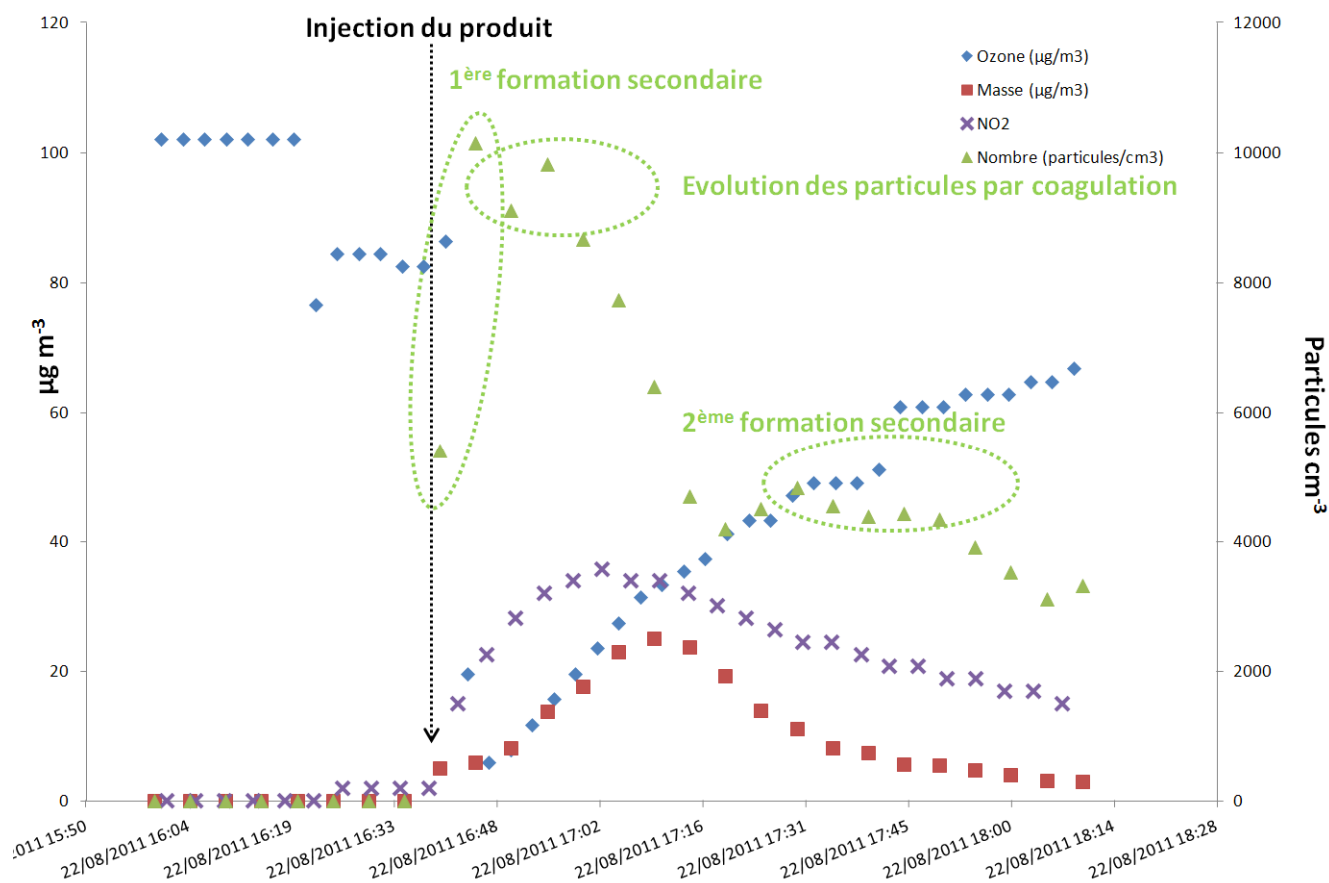


Figure 12 : Evolution des concentrations en ozone, NO_2 et en aérosols (nombre et masse) au cours de l'essai à $100 \mu\text{g m}^{-3}$ d'ozone.

Dès l'injection du produit dans la chambre, les concentrations en ozone diminuent alors que le nombre et la masse des particules croissent. Une première augmentation du nombre et de la masse a lieu immédiatement après l'introduction du produit, correspondant en partie aux mêmes phénomènes de nucléation observés dans le cas de l'essai sans ozone. Il est en effet difficile d'attribuer cette augmentation à des émissions primaires du fait de la taille des particules de l'ordre de quelques dizaines de nanomètres. De plus, l'importante concentration de limonène dans les chambres d'essais (Tableau 16) peut fortement influencer la cinétique de nucléation en présence d'ozone. La formation de nouvelles particules observée juste quelques minutes après l'injection du produit pourrait donc également être le résultat d'une oxydation du limonène. Ainsi, la co-existence de deux phénomènes de nucléation d'origine différente, dans ces conditions expérimentales spécifiques, peut-être supposée. A partir d'une dizaine de minutes après l'injection du produit la coagulation domine, ceci explique la rapide réduction du nombre de particules.

Une deuxième formation de particules peut être observée quarante minutes après la première. Il est ainsi possible de supposer que le produit ménager continue d'émettre des COV réactifs et par conséquent de générer des AOS. Les mesures de COV réalisées toutes les vingt minutes et présentées dans le tableau ci-dessous montrent l'augmentation des concentrations en 5-hepten-2-one, 6-méthyl-, composé insaturé potentiellement réactif vis-à-vis de l'ozone.

Tableau 16 : Concentrations en COV mesurées par TENAX ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Composé	Concentrations ($\mu\text{g m}^{-3}$)			
	0 min	20 min	40 min	60 min
1,2,4-triméthyl-pentène	0,0	8,7	2,0	0,5
1-(2-propényloxy)- 2-propanol	0,0	13,3	19,0	16,1
3-hexen-1-ol	0,0	5,4	5,2	3,2
6-méthyl-5-hepten-2-one	6,0	13,5	9,6	6,0
β -pinène	1,67	25,8	12,6	6,2
d-limonène	0,9	1129,7	595,3	306,7
2,6-diméthyl-7-octen-2-ol	0,0	230,8	282,23	223,1

Cette observation suggère la recommandation pratique suivante pour les utilisateurs : toujours rincer la surface nettoyée autant que possible après utilisation du produit ménager.

Cette expérience apporte un élément nouveau par rapport aux essais réalisés en condition réelle dans la maison MARIA. L'utilisation du produit ménager avec ou sans ozone résulte en la génération de NO₂, composé dont les effets sanitaires sont avérés mais également susceptible d'induire des phénomènes de réactivité. Cette formation peut être due à présence de -nitro- et/ou nitroso-composés présents dans le produit ménager ou formés pendant la réaction. Ce type de phénomène a déjà observé auparavant dans la littérature par Zhang and Anastasio, 2003 par exemple, en exposant des aérosols à de la lumière ou de l'ozone, et Baduel et al., 2011 en exposant des HULIS à de l'ozone. L'analyse du produit ADOQ-53 présentée dans la partie discussion de ce rapport confirme cette hypothèse.

Influence de l'humidité

Le Tableau 17 présente les résultats de l'influence de l'humidité sur le nombre de particules formées ainsi que sur la concentration en NO₂. Aucune information n'est donnée sur le mode ni sur la masse dans la mesure où aucune membrane nafion n'a été utilisée afin d'assécher les particules (problèmes avec la membrane du sècheur lors de ces essais). Il a en effet été démontré qu'une humidité supérieure à 40 % pouvait modifier la distribution en taille des particules et par conséquent l'estimation de la masse (Wiedensohler et al., 2012).

Aucune tendance nette ne se dessine de ces essais et l'humidité ne semble pas influencer la formation de particules dans les conditions expérimentales (chambre de petit volume, faible temps de résidence...). Cette conclusion est en bon accord avec les essais de Cocker III et al., 2001 et Bonn et al., 2002 qui n'avaient pas observé d'impact de ce paramètre sur les rendements d'AOS issus de l'ozonolyse de l' α -pinène. Ils vont cependant des essais réalisés toujours par Bonn et al., 2002 qui avaient mis en évidence une réduction de la formation d'AOS issus de l'ozonolyse du β pinène avec une augmentation de l'humidité relative. La position de la double liaison semble dans le cas des essais jouer un rôle sur les effets de l'humidité : la liaison endocyclique ne serait pas influencée par l'humidité sur la formation d'AOS alors que la liaison exocyclique serait associée à des effets négatifs. Rappelons dans ce contexte que le limonène possède deux liaisons, l'une endocyclique et l'autre exocyclique, pouvant complexifier la compréhension des mécanismes réactionnels et le rôle qu'y joue l'eau.

Tableau 17 : Nombre, masse et mode des aérosols formés en fonction de la concentration en ozone

Humidité relative (%)	<5	30	50	70
Masse de produit utilisé (g)	0,8	1,7	0,7 / 0,9	1,0 / 1,1
Nombre de particules max (#/cm³)	19000	11600	9000 / 7000	16000 / 10000
NO₂ max ($\mu\text{g m}^{-3}$)	63	43	36 / 41	43 / 34
Limonène ($\mu\text{g m}^{-3}$)	1400	1500	1130 / 1200	1300 / 1500
Formaldéhyde ($\mu\text{g m}^{-3}$)	9	3	8 / 11	10 / 12

3. Conclusions et valorisation

La réalisation de ces essais en atmosphère contrôlée a permis de mettre en évidence des phénomènes que n'avaient pas été observés en atmosphère réelle lors des essais dans MARIA du fait de la complexité du milieu. Ainsi, l'augmentation des concentrations en formaldéhyde simultanément aux concentrations en ozone, a pu être identifiée, soulignant ainsi son caractère secondaire. Une telle observation n'avait pu être possible lors des essais en condition réelle du fait des niveaux de fond élevés et probablement de sa réactivité (avec d'autres composés, sur les surfaces...). Le premier épisode de nucléation, observé même en l'absence d'ozone, suggère l'émission d'autres précurseurs et d'autres voies réactionnelles que l'ozonolyse pour la formation d'AOS.

Ces essais ont mis en évidence la génération de NO₂ quelles que soient les concentrations en ozone. Ainsi, l'emploi de produits ménagers peut résulter en l'exposition à ce composé aux effets sanitaires sont avérés mais également susceptible d'induire des phénomènes de réactivité.

Enfin, les deux épisodes de nucléation successifs ont permis de supposer l'existence d'autres précurseurs d'AOS, émis moins rapidement que le limonène. Cette observation suggère la recommandation pratique suivante pour les utilisateurs : toujours rincer la surface nettoyée autant que possible après utilisation du produit ménager.

IV. Discussion

A. Evaluation des émissions et exposition

1. Méthodologie d'évaluation des émissions des produits

Plusieurs scénarii de mise en œuvre des produits ménagers ont été utilisés au cours de ce projet. Ainsi, lors de la première phase du projet, les émissions de 54 produits ménagers ont été évaluées en chambre d'essais d'émission de petit volume (50,9 L), après application sur une plaque de verre. Une seule application était réalisée, sans rinçage. La masse de produit utilisée a été déterminée par pesée de la plaque de verre ou de l'applicateur (papier, éponge, lingette) avant et après nettoyage. Au cours des campagnes de mesures dans MARIA, les émissions des produits ont été évaluées dans des conditions réalistes : environnement réel, application sur mobilier / sanitaire et en respectant une utilisation réelle soit avec une phase de rinçage éventuelle. La masse de produit utilisée a été déterminée par pesée du flacon ou de la lingette, avant et après nettoyage. Afin de déterminer le scénario d'utilisation du produit, le rapport masse sur surface nettoyée a été calculée (Tableau 18).

Tableau 18 : Synthèse des scénarii d'utilisation de produits réalisés au cours du projet pour 4 produits

Référence	Période	Surface	Masse utilisée	
			Quantité (g)	Scénario (g/m ²)
ADOQ-20	sélection	verre	0,2	2
	été	vitres	12	10
	été	vitres	17	14
	hiver +ozone	vitres	16	13
	hiver +ozone	vitres	17	14
	hiver +ozone	vitres	18	15
	hiver -ozone	vitres	23	19
	hiver -ozone	vitres	19	16
	hiver -ozone	vitres	12	10
ADOQ-39	sélection	verre	0,4	5
	été	évier	37	25
	été	évier	18	12
	hiver +ozone	évier	19	13
	hiver +ozone	évier	18	12
	hiver +ozone	évier	15	10
	hiver -ozone	évier	17	11
	hiver -ozone	évier	14	10
ADOQ-50	sélection	verre	0,4	5
	été	évier	35	23
	été	évier	42	28
	hiver +ozone	évier	40	27
	hiver +ozone	évier	37	25
	hiver +ozone	évier	33	22
	hiver -ozone	évier	112	75
	hiver -ozone	évier	37	25
ADOQ-53	sélection	verre	0,1	1
	été	baignoire	69	23
	été	baignoire	67	22
	hiver +ozone	évier	16	11
	hiver +ozone	évier	16	11
	hiver +ozone	évier	15	10
	hiver +ozone	évier	18	12
	hiver +ozone	évier	14	10
	hiver -ozone	évier	25	17
	hiver -ozone	évier	13	9
	hiver -ozone	évier	14	10

Dans MARIA, la surface de l'évier a été évaluée à 1,5 m², celle de la baignoire à 3 m² et celle de la vitre à 1,2 m².

Des disparités importantes apparaissent entre les masses appliquées et utilisées. Bien que l'on puisse considérer que seule la masse appliquée participe à l'activité de nettoyage, il semble plus pertinent de prendre en compte la quantité utilisée. En effet, lors de la phase d'ouverture du produit, d'application et / ou de rinçage, une émission de composés volatils peut avoir lieu. Cette phase d'émissions doit être prise en compte dans l'exposition de la personne réalisant l'activité.

Les scénarii d'utilisation réalisés en chambre d'essai d'émission lors de la phase de sélection présentent des valeurs beaucoup plus faibles que ceux conduits en environnement réaliste dans MARIA lors des campagnes de mesures. Cette information apparaît donc comme une donnée essentielle. En effet, afin de réaliser des essais réalistes en chambre d'essai d'émission de petit volume, **il s'avère nécessaire d'utiliser un scénario d'utilisation du produit réaliste**. Compte-tenu des scénarii d'utilisation réalisés dans MARIA, et sans intégrer les valeurs extrêmes, les scénarii réalistes à utiliser pour les produits figurant dans le Tableau 18 peuvent être définis comme :

- pour les produits à vaporiser (ADOQ-20 et ADOQ-39), entre 10 et 15 g/m²
- pour le produit sous forme de crème (ADOQ-50), entre 20 et 30 g/m²
- pour la mousse (ADOQ-53), entre 10 et 30 g/m².

Cette donnée doit être définie pour chaque typologie de produit afin de pouvoir réaliser des essais représentatifs des conditions réelles, à une échelle réduite.

Dans une étude récente (REACH, 2012), des scénarii d'exposition aux composés odorants ont été définis. Toutefois, ces scénarii concernent essentiellement les professionnels : lors de la fabrication des produits et lors de leur application. En ce qui concerne l'exposition des consommateurs, elle est évoquée et des scénarii de fréquence quotidienne, hebdomadaire, de réalisation des activités sont indiqués.

2. Choix de traceurs en vue d'un étiquetage des émissions

Dans le rapport de Larbre (2011), le choix des composés cibles, qui pourraient être intégrés à un étiquetage des produits de grande consommation, a été réalisé à partir de la toxicité chronique et de la fréquence de présence des composés. La toxicité chronique a été évaluée d'après les effets sur la santé : selon les classements CIRC et US-EPA, les produits sont notés de 0 à 3 par effets croissants. La fréquence de présence des produits est déterminée d'après les données bibliographiques synthétisées, les intervalles des différentes notes étant fixés : 0% (note 0), 0 à 25% (note 1), 25% à 50% (note 2) et plus de 50% (note 3). La note globale résulte du produit de ces deux notes. D'après cette classification, les composés suivants ont été identifiés comme traceurs des émissions des produits d'entretien :

- Produits ménagers : benzène, xylènes, toluène, 2-butoxyéthanol, formaldéhyde, limonène, linalol, bêta-pinène
- Nettoyants vaisselles (dans le cadre de ce travail de synthèse, ces produits étaient distingués des produits ménagers) : alcool benzylique, limonène, linalol, géraniol, citronellol.

En déterminant les notes de fréquence des composés identifiés dans les produits testés au cours du projet ADOQ, aucun COV ne présente de note égale à 3. Seuls l'acétone et le formaldéhyde obtiennent ce score. Afin d'établir une hiérarchisation plus en adéquation avec nos données, centrées sur les produits d'entretien mais présentant un large panel de catégories, les intervalles de fréquence sont ramenés à : 0% (note 0), 0 à 10% (note 1), 10 à 30% (note 2) et plus de 30% (note 3). De plus, une note de 1 a été attribuée à tout composé non classé par le CIRC ou l'US-EPA. Les notes globales sont présentées en Annexe. Ainsi, les composés traceurs pouvant être proposés dans le cadre d'un étiquetage des produits d'entretien sont : le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, l'acétone, le propionaldéhyde, le limonène et le dihydromyrcénol.

En synthétisant les résultats de notre étude et ceux du rapport de Larbre (2011), et en se limitant à 10 composés les composés traceurs pour les produits d'entretien qu'il serait intéressant d'intégrer à un étiquetage, en plus de la détermination du COV_t, sont : le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, le limonène, le dihydromyrcénol, l'eucalyptol, le linalol, le géraniol, le 2-butoxyéthanol ou le 1-butoxy-2-propanol, l'alcool benzylique et le terpinolène. Les différentes classes du futur étiquetage seront déterminées en fonction des éléments de toxicité disponibles pour les traceurs choisis. Concernant le benzène, il serait intéressant d'étendre aux produits de grande consommation, les arrêtés du 30 avril 2009 et du 28 mai 2009 portant sur l'interdiction d'émissions de composés cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR) par les produits de construction et de décoration.

3. Exposition

A partir des expérimentations réalistes conduites dans MARIA, l'exposition des personnes réalisant les activités domestiques en utilisant des produits ménagers peut être estimée.

Ainsi, quelle que soit la période considérée (en période estivale où des pics de pollution photochimique peuvent apparaître ou en période hivernale), la réalisation d'activités domestiques avec utilisation de produits ménagers se traduit par une augmentation du niveau global de composés volatils dans la pièce.

Bien que les niveaux de concentrations en **formaldéhyde** soient initialement importants dans les pièces étudiées du fait de la présence de multiples sources de pollution telles que les produits de construction et de mobilier, une augmentation significative apparaît fréquemment après utilisation des produits ménagers. Par exemple des niveaux supérieurs à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesurés l'été lors de l'utilisation d'une lingette de nettoyage des vitres (ADOQ-24). De plus, un doublement des niveaux peut-être noté dans le cas de deux vaporisateurs salle de bains (ADOQ-17 et 51) avec des valeurs atteignant 17 et $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans des conditions plus maîtrisées (en hiver), l'impact des activités domestiques est plus limité mais bien présent. Globalement, les niveaux notés après les actions sont compris entre 13 et $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et entre 10 à $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour rappel, la valeur guide ANSES pour une exposition ponctuelle est fixée à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 2 heures.

En ce qui concerne les **COV**, leurs concentrations après réalisation des actions domestiques peuvent atteindre plusieurs mg/m^3 : lors de l'utilisation d'un vaporisateur nettoyant cuisine (ADOQ-27), les émissions de COVt sont supérieures à $1 \text{mg}/\text{m}^3$, pour la mousse nettoyante salle de bains (ADOQ-53), un niveau de $5 \text{mg}/\text{m}^3$ est atteint tandis que dans le cas du dépolvissant meuble (ADOQ-39) une concentration de COVt de plus de $13 \text{mg}/\text{m}^3$, durant la première demi-heure suivant l'action en été ont été mesurées. Ces phénomènes se retrouvent également en hiver où des niveaux de COVt importants ont également été observés dans le cas du vaporisateur nettoyants vitre (ADOQ-20) avec plus de $1 \text{mg}/\text{m}^3$. En regardant plus précisément les concentrations en limonène observées lors des différentes actions, les valeurs peuvent atteindre des niveaux importants : l'utilisation du nettoyant crème multi-usage conduit à une valeur de près de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tandis que dans le cas de la mousse salle de bains, le niveau est de $460 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (concentrations mesurées la première demi-heure suivant l'action). Pour ce dernier, les niveaux notés en hiver ont été plus faibles mais toujours importants (93 et $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il n'existe pas de valeur réglementaire française pour cette substance. Toutefois, une donnée allemande préconise une valeur de précaution air intérieur à $1 \text{mg}/\text{m}^3$ (Bekanntmachung des Umweltbundesamtes, 2010).

Afin d'évaluer l'exposition réelle des occupants lors d'une activité complète de nettoyage, des scénarii multi-produits ont été réalisés dans MARIA. Des mesures ont été réalisées pendant 2 heures après la fin des scénarii. Les concentrations de COVt, limonène et formaldéhyde obtenues avant la première demi-heure (0-30 minutes) et 2 heures après (90-120 minutes) l'action sont présentés dans le Tableau 19.

Tableau 19 : Synthèse des scénarii d'utilisation de produits réalisés au cours du projet pour 4 produits

Scénario	Période	Produits utilisés ADOQ-	Concentrations blanc / 0-30 / 90-120 min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
			COVt	Limonène	Formaldéhyde
Cuisine	Eté	2+39+50+28+20+54	40 / 850 / 40	1 / 94 / 4	14 / 13 / 12
SDB	Eté	17+53+24 +27+33	48 / 563 / 532	1 / 33 / 2	12 / 12 / 13
Cuisine	Hiver-ozone	39+50+20+33	180 / 350 / 475	14 / 100 / 22	19 / 21 / 24
Cuisine	Hiver+ozone	39+50+20+33	313 / 3497 / 330	16 / 98 / 22	20 / 23 / 26
SDB	Hiver-ozone	53+17+20+54	155 / 3281 / 393	14 / 131 / 24	14 / 19 / 19
SDB	Hiver+ozone	53+17+20+54	341 / 3616 / 800	20 / 134 / 26	19 / 22 / 24

D'une manière générale, l'utilisation des produits conduits se traduit par une augmentation importante du niveau globale en COV de la pièce, révélant ainsi l'impact significatif des activités domestiques sur la qualité de l'air intérieur. Les niveaux de COVt atteints après les actions peuvent dépasser $3 \text{mg}/\text{m}^3$, notamment pour les scénarii réalisés en présence d'ozone et en conditions maîtrisées (« hiver+ozone »), et pour ceux utilisant la mousse nettoyante salle de bains (ADOQ-53). Pour 4 des 6 scénarii testés, le niveau initial en COVt n'est toujours pas retrouvé 2 heures après l'action. En regardant plus en détails les résultats d'un COV spécifique, le limonène, les niveaux atteints juste après utilisation des produits sont très largement supérieurs aux niveaux initiaux, avec des valeurs pouvant atteindre voire dépasser $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Enfin, en ce qui concerne le formaldéhyde, polluant d'intérêt majeur dans les problèmes de qualité de l'air intérieur, les niveaux des augmentations sont observés dans certains cas, avec des valeurs comprises entre 12 et $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ juste après l'action (Tableau 19).

L'utilisation de produits d'entretien constitue donc une source de pollution significative qu'il est important d'intégrer dans les problématiques de la qualité de l'air intérieur, au même titre que les produits de construction.

B. Composition chimique et réactivité

Parmi la dizaine de produits ménagers testés en condition réelle lors de la campagne hivernale, quatre ont été choisis pour mener des investigations plus poussées : ADOQ-53, -50, -39 et -20 ; les deux premiers ont en effet montré de fortes différences de comportement vis-à-vis de la formation de particules lors de leur emploi avec et sans génération d'ozone laissant supposer la formation d'aérosols secondaires. Les distributions granulométriques obtenues lors de l'emploi des deux autres et la comparaison des résultats avec et sans ozone ne permettant de conclure de manière certaine à la formation d'aérosol organique secondaire. Ainsi, pour chacun de ces produits, les analyses suivantes ont été réalisées :

- Analyse de la composition du produit pur ;
- Analyse des distributions granulométrique ;
- Analyse des composés oxygénés en phase gazeuse et particulaire ;
- Suivi des majeurs ions fragments en temps réel par spectrométrie de masse à aérosol (AMS) ;

Dans le paragraphe suivant, les résultats de chacune des ces analyses sont commentés, comparés et mis en regard les uns par rapport aux autres.

1. ADOQ-53

Composition chimique

La composition chimique du produit ADOQ-53 a été déterminée par analyse chromatographique directe, selon la technique décrite dans le paragraphe dédié de ce rapport. Les principaux COV identifiés et quantifiés par rapport au facteur de réponse du toluène, sont rassemblés dans le Tableau 20.

Tableau 20 : Composés détectés dans le produit ADOQ-53 pur

N° CAS	Composé	Quantité (ng/ μ L)	% par rapport masse totale identifiée
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	10542	51%
34590-94-8	DPGME + isomères	6071	28%
112-18-5	n-dodecyldiméthylamine	763	4%
18479-58-8	dihydromyrcenol	543	3%
6863-58-7	di-sec-butyl ether	487	2%
76-49-3 / 125-12-2	bornyl / isobornyl acetate	359	2%
507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	314	2%
98-55-5	α -terpineol	284	1%
100-51-6	benzyl alcool	257	1%
112-75-4	n,n-diméthyl-1-tétradécanamine,	228	1%
64-19-7	acide acétique	223	1%
122-40-7	jasminaldehyde	109	0,5%
93-18-5	1-éthoxy naphthalene	98	0,5%
586-81-2	γ -terpineol	85	0,4%
5390-28-3	ethanol, 2-nitro-, propionate (ester)	71	0,3%
470-82-6	eucalyptol	69	0,3%
103-83-3	benzyl diméthylamine	67	0,3%
112-30-1	decanol	65	0,3%
107-92-6	acide butanoïque	60	0,3%
138-87-4	β -terpinol	42	0,2%
111-87-5	1-octanol	40	0,2%
21460-36-6	1-(2-propényloxy)-2-propanol	25	0,1%
107-98-2	1-méthoxy-2-propanone	23	0,1%
71-36-3 + 71-43-2	1-butanol + benzène	18	0,1%
5989-27-5	d-limonene	18	0,1%

Le produit ADOQ-53 est majoritairement composé de 1-butoxy-2-propanol (près de 51%) et de DPGME (28%). Ensuite, sont retrouvés plusieurs amines, des terpènes et alcools terpéniques, des alcools et des aldéhydes.

Résumé des différents essais

Au cours de la campagne estivale, le produit ADOQ-53 a démontré une forte propension à former des particules en présence d'ozone. C'est pourquoi il a été testé à plusieurs reprises au cours de la campagne hivernale. Un essai a été réalisé en absence d'ozone et trois en présence d'ozone. Le tableau ci-dessous résume ces quatre situations d'emploi du produit ADOQ-53.

Chaque essai est mené de façon identique: vingt vaporisations de la mousse sur l'évier de la cuisine, attente d'un quart d'heure, nettoyage à l'éponge pendant une minute et rinçage à l'eau pendant cinq minutes. Suite à un changement d'opérateur le premier essai mené sans ozone du 01 février se caractérise par une masse de produit employé supérieure aux autres journées.

Tableau 21 : Résumé des quatre essais mettant en jeu le produit ADOQ-53

	01/02/2011	07/02/2011	22/02/2011	23/02/2011
Ozone ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	~1	~80	~80	~80
Masse produit (g)	25	16	16	15
Limonène fond ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	~5	~5	~5	~5
Limonène max ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	130	50	69	55
α-pinène fond ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	7	8	7	5
α-pinène max ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	50	34	26	20
β-pinène fond ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	10	6	4	3
β-pinène max ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	20	14	10	7
Masse particules fond ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	23	14	19	25
Masse particules formées ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	5	7	7	4
Nombre particules fond ($\#. \text{cm}^{-3}$)	4500	3400	2200	3000
Nombre particules formées ($\#. \text{cm}^{-3}$)	-	150 000	68 000	45 000

Synthèse des résultats SMPS et APS

L'essai du produit ADOQ-53 sans ozone se différencie des trois autres journées par l'absence de particules fines suggérant ainsi le rôle fondamental de l'ozone dans la formation d'aérosols organiques secondaires.

La Figure 13 présente les différences d'évolution de la masse et du nombre des particules ainsi que des concentrations en limonène pour une journée sans ozone et une journée avec.

Pour la journée du 01 février, les concentrations en limonène augmentent dès que le produit ménager est appliqué sur l'évier (cette action est identifiée par une flèche sur la Figure 13). Simultanément, une faible augmentation de la masse des particules peut être observée alors que le nombre de particules s'accroît très progressivement potentiellement attribuable soit à une modification des niveaux de fond (augmentation de la concentration des particules à l'extérieur de la maison) soit à des émissions primaire et/ou formation secondaire initiée par d'autres oxydants que l'ozone, lors de l'emploi du produit ménager. Les données AMS n'enregistrant pas d'augmentation des concentrations en sulfate et nitrate, associées à un apport venant de l'extérieur, il semble plus probable d'incriminer des émissions primaires et/ou formation secondaire. L'accroissement du signal des organiques corrobore cette hypothèse.

Quoi qu'il en soit, l'allure de la courbe de l'évolution en nombre de particules du 07 février (essai mené en présence d'ozone) est bien différente et marquée par une augmentation brusque du nombre de particules une dizaine de minutes après l'emploi du produit ménager, suggérant ainsi la formation d'AOS.

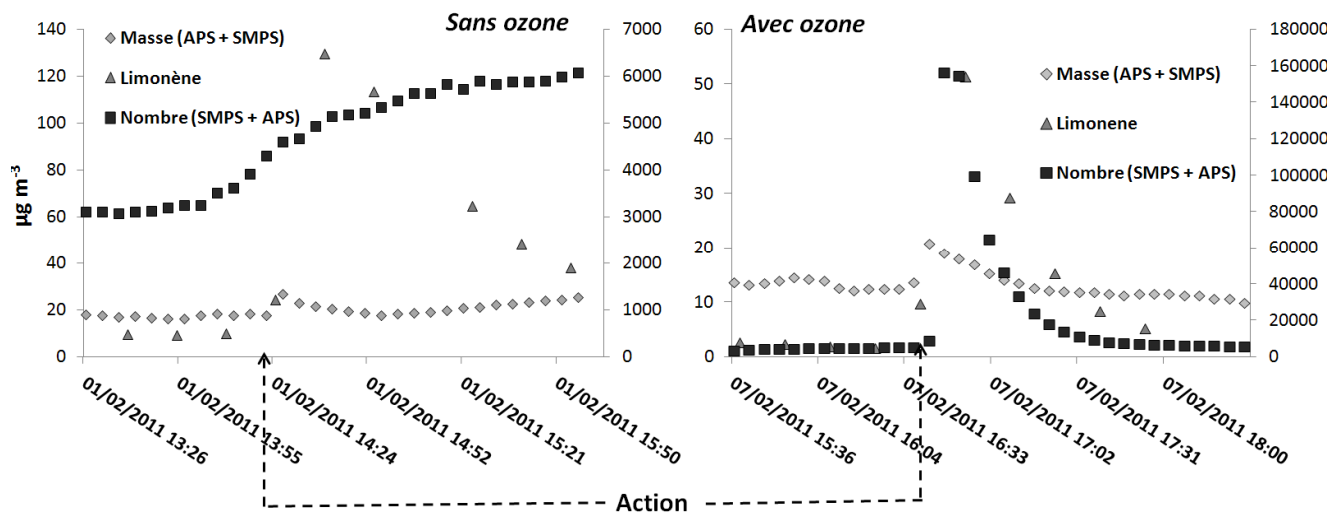


Figure 13 : Evolution des concentrations en limonène et des particules en nombre et en masse pour la journée du 01/02/11 (à gauche) et du 07/02/11 (à droite)

La Figure 14 permet d'illustrer les variations en nombre et masse pendant les essais du produit ADOQ-53 et, au même temps, de différencier les émissions de particule supposées être d'origine primaire de celles d'origine secondaire. En effet, l'accroissement initial rapide de la concentration en particules correspond à une augmentation des particules les plus grossières et plus précisément une augmentation du nombre des particules de 5 à 10 μm (mesure APS entre 0,5 et 20 μm). Le maximum observé est donc susceptible d'être d'origine primaire. Le produit ADOQ-53 est une mousse dont les multiples bulles peuvent, en éclatant, engendrer la formation de particules. La masse des particules décroît rapidement par la suite en raison de la dilution du milieu et de la déposition des grosses particules sur la surface adjacente. Un épaulement est néanmoins observé au cours de cette décroissance correspondant au moment du pic de particules en nombre soit environ 10 min après le début de l'application du produit. Cet épaulement correspondant à l'augmentation en masse de la concentration en particules fines (mesure SPMS entre 10 et 600 nm), contrairement à la première augmentation de la masse des grosses particules, est susceptible d'être d'origine secondaire.

L'évolution de la taille des particules pour la journée du 22 février est présentée sur la Figure 15.

Un incrément significatif du nombre de particules fines est aussi détecté environ 10 min après l'application du produit. Alors que le fond de particules fines dans MARIA est de l'ordre de 3000 particules cm^{-3} et est centré autour de 70 nm, les nouvelles particules présentent un mode centré autour de 25 nm suggérant ainsi un épisode récent de nucléation de particules secondaires. Ce mode évolue rapidement vers de plus gros diamètres jusqu'à se confondre totalement avec les particules du fond, au bout d'une heure sur un mode centré autour de 100 nm. L'augmentation en nombre correspond à un incrément de la masse de particules fines (10-600 nm) de 3,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (données SMPS, densité utilisée 1,2 g cm^{-3}).

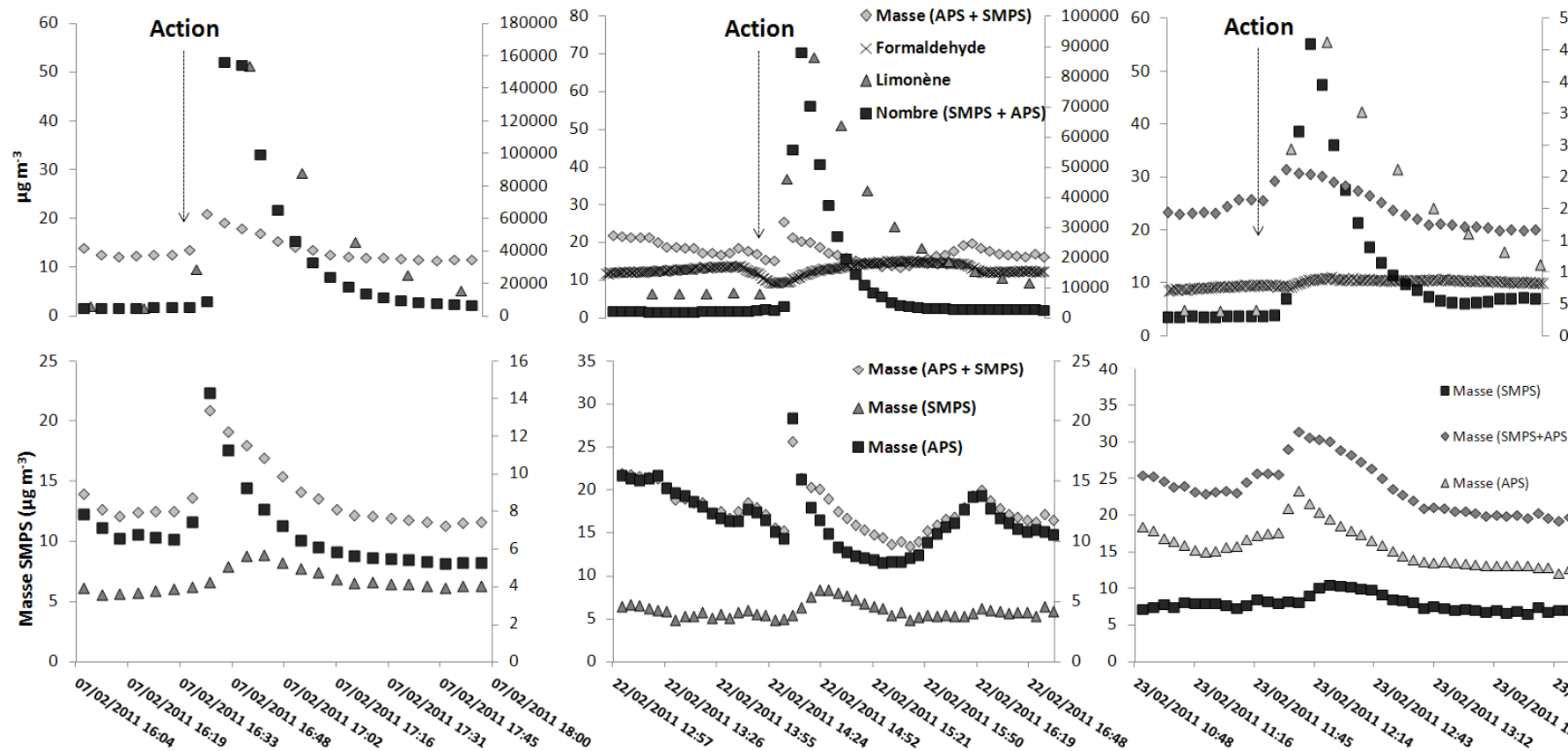


Figure 14 : Détail de l'augmentation massive de la concentration en particules à partir de l'emploi du produit ADOQ-53 (flèche verticale) pour les journées du 07/02/11 (graphiques de gauche), du 22/02/11 (graphiques du milieu) et du 23/02/11 (graphiques de droite). Discrimination entre l'augmentation due aux particules de diamètre inférieur à 600 nm (mesure SMPS) et celle due aux particules de diamètre supérieur à 0,5 μm (mesure APS).

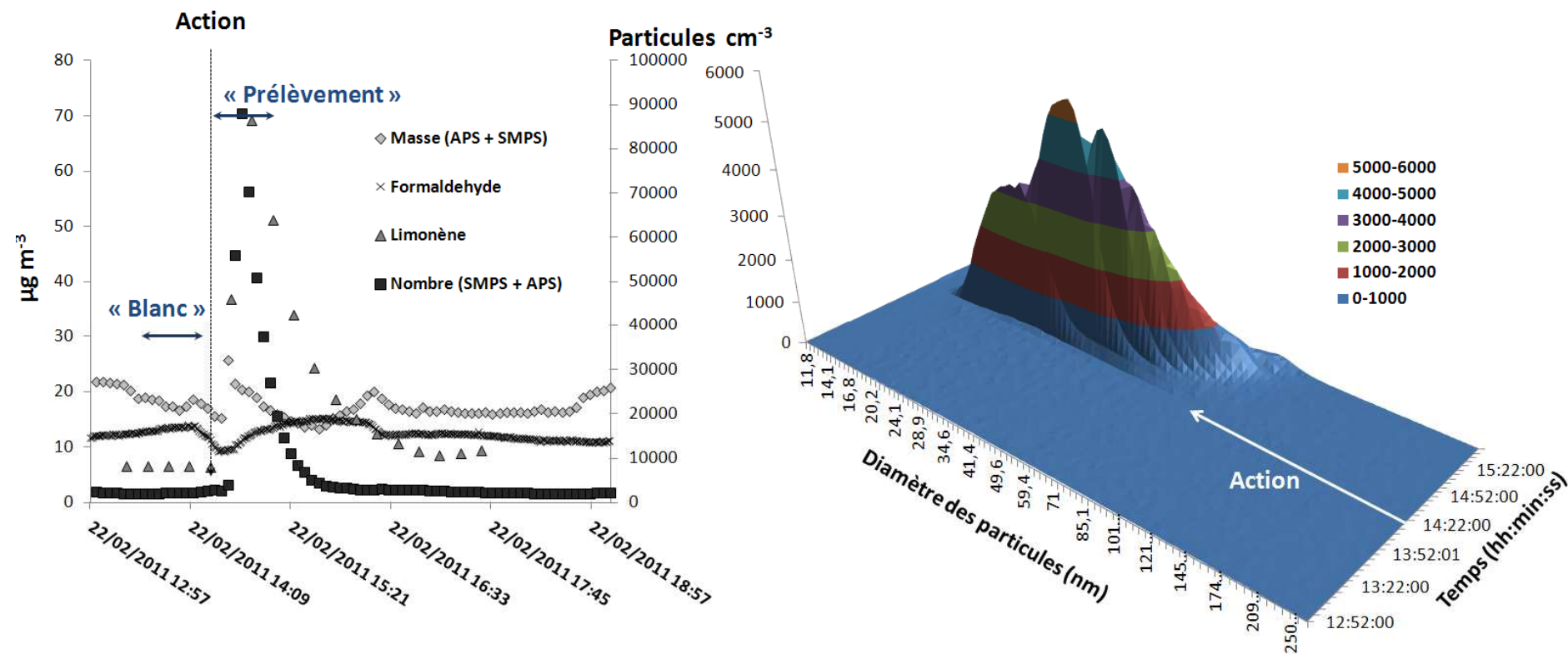


Figure 15 : Evolution temporelle des principaux paramètres physico-chimique dans la cuisine de MARIA avant, pendant et après l'utilisation du produit ménager ADOQ-53 pour la journée du 22/02/11 (figure de gauche). Evolution temporelle de la distribution granulométrique des particules avant et après l'application du produit ADOQ-53 en présence d'ozone (figure de droite).

Synthèse des données AMS et d'analyse chimique

Les données de spectrométrie de masse d'aérosols (AMS) complètent en partie les observations du SMPS et donnent une information supplémentaire de type chimique. La Figure 16 présente l'évolution des particules de taille inférieure à 1000 nm selon leur composition (organique, nitrate, sulfate, ammonium, eau) pour le produit ADOQ-53 analysé le 07 février. Ce graphique indique tout d'abord une bonne corrélation entre les masses totales mesurées par l'AMS (ligne noire) et le SMPS (point-ligne noir).

La mesure du fond avant l'action donne une indication supplémentaire sur le type, le nombre et la masse des particules présentes dans la cuisine de MARIA ainsi que sur l'influence de l'air extérieur. Une nette augmentation de la concentration des composés organiques et de l'eau est visible quelques minutes après le début de l'action à 16h42. Au contraire, la concentration des composés inorganiques, provenant très probablement de l'air extérieur, n'évolue pas pendant l'action.

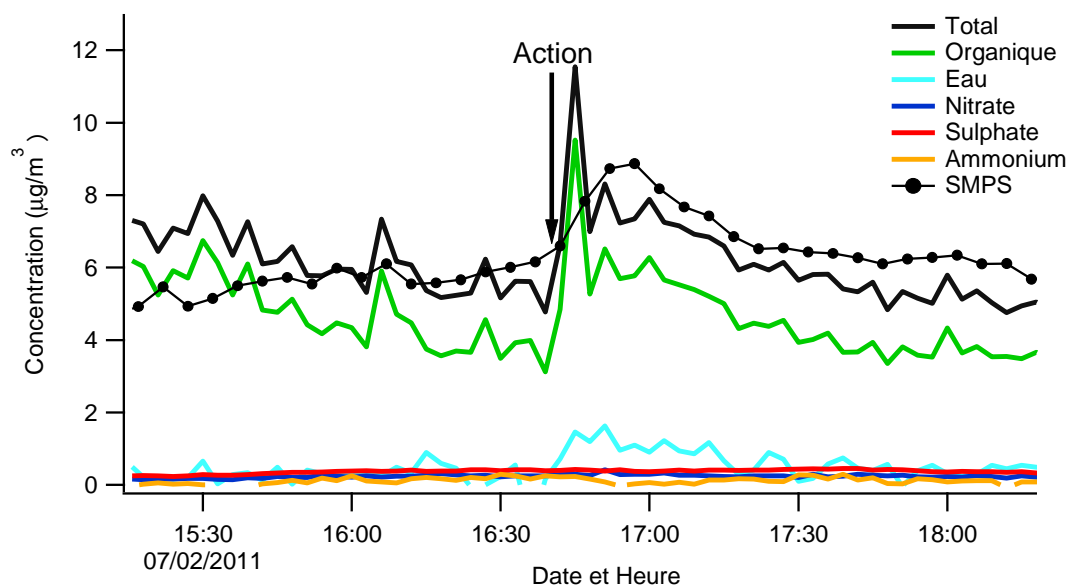


Figure 16 : Produit ADOQ-53 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (07/02/2011). Evolution dans le temps de la fraction particulaire (diamètre 40-1000nm) de l'organique (vert), du nitrate (bleu), du sulfate (rouge), de l'ammonium (jaune), de l'eau (turquoise) et comparaison avec la masse des particules obtenue par le SMPS (diamètre 10-600nm et densité 1,2 g.cm³).

Les fragments caractéristiques du produit ADOQ-53 sont ensuite déterminés grâce à la comparaison entre les spectres des particules avant et pendant l'action (Figure 17). Ces fragments ne présentent pas tous la même évolution temporelle, il est donc possible de les classer et d'en regrouper certains, tel que le montrent la Figure 18 et le Tableau 22. Cette approche permet de mettre en évidence une dynamique bien distincte des composés organiques et d'avancer des hypothèses sur la coexistence de particules d'origine différentes (aérosol primaire, aérosol secondaire et particules du fond).

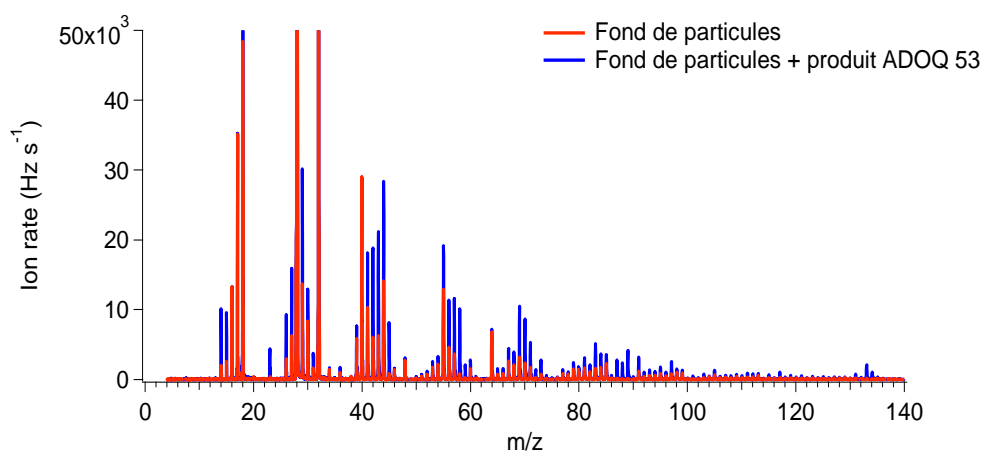


Figure 17 : Produit ADOQ-53 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (07/02/2011) - Superposition des spectres de masse de la fraction particulaire avant l'action (en rouge) et pendant l'action (en bleu).

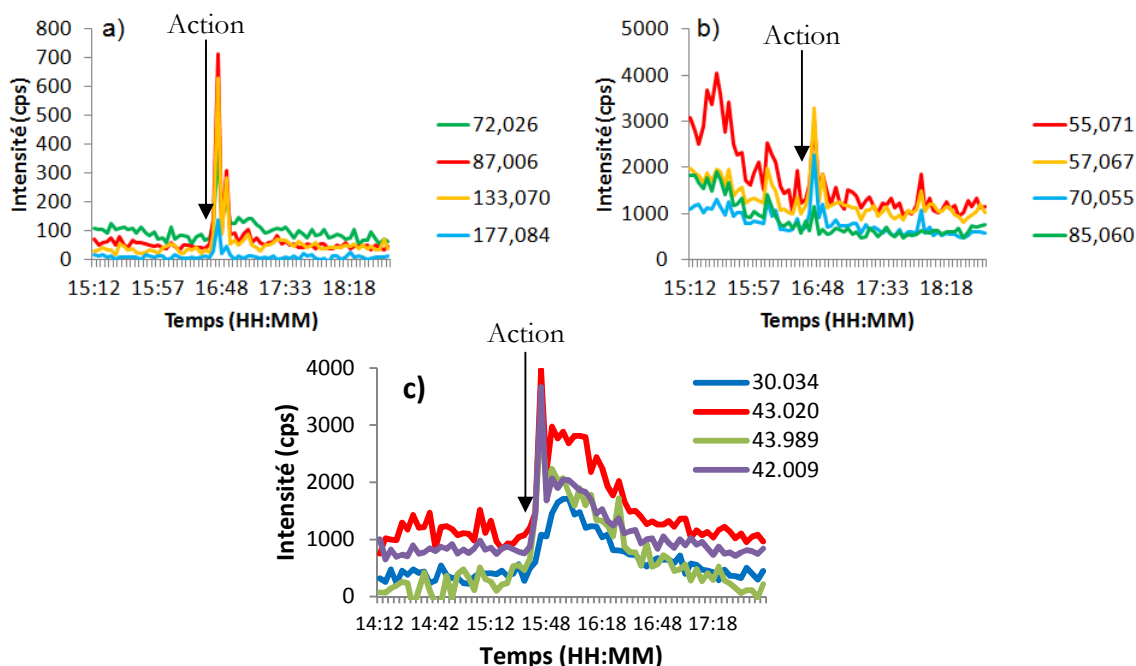


Figure 18 : Produit ADOQ-53 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (07/02/2011). Evolution dans le temps de certains fragments.

La liste des principaux fragments, classés selon leur évolution temporelle, est présentée dans le. Les fragments de la Figure 18a) et Figure 18b) se caractérisent par une évolution temporelle très rapide immédiatement après l'application du produit ADOQ-53. Les concentrations de ces fragments augmentent au cours de l'application du produit pour retourner à leurs niveaux initiaux en moins de 10 minutes. Ce comportement semble indiquer une émission primaire résultant de l'application du produit ADOQ-53 (mousse). En revanche, les fragments de la Figure 18a) apparaissent uniquement pendant l'action tandis que ceux de la b) sont déjà présents dans le fond de particules. La concentration des fragments de la Figure 18c) évolue dans le temps plus lentement que tous les autres.

Tableau 22 : Classement des principaux ions fragments caractéristiques du produit ADOQ-53 en fonction de leur évolution temporelle lors de l'action et tentative d'assignation. Les fragments indiqués en bleu sont également présent dans le fond de particules, c'est-à-dire avant l'introduction du produit ADOQ-53.

La plupart de ces fragments augmente très rapidement dès le début de l'action puis diminue aussi rapidement pour augmenter à nouveau plus lentement pendant environ 15 minutes et diminuer progressivement pendant 1 heure pour revenir à la concentration avant l'action. La partie lente de leur évolution semble indiquer un processus d'oxydation avec une formation secondaire de particules. Comme pour la Figure 18a) et la Figure 18b), certains fragments apparaissent uniquement pendant l'action (par exemple $m/z = 27,020$) alors que d'autres sont déjà présents dans le fond de particules (par exemple $m/z = 29,003$). L'AMS permet également d'obtenir la distribution en taille des particules analysées : la Figure 19a), Figure 19b) et Figure 19c) représentent la distribution en taille à trois périodes différentes de l'analyse du produit ADOQ-53 en présence d'ozone (essais du 07 février).

m/z	Ion fragment	m/z	Ion fragment
44,026	$C_2H_4O^+$	14,016	CH_2^+
45,003	CHO_2^+	15,023	CH_3^+
45,044	$C_2H_7N^+$	26,015	$C_2H_2^+$
57,067	$C_4H_9^+$	27,020	$C_2H_3^+$
69,055	$C_5H_9^+$	29,003	CHO^+
71,088	$C_5H_{11}^+$	29,039	$C_2H_5^+$
73,022	$C_3H_5O_2^+$	30,034	CH_4N^+
83,053	$C_5H_7O^+$	41,038	$C_3H_5^+$
87,006	$C_5H_{11}O^+$	42,044	$C_3H_6^+$
89,031	$C_4H_9O_2^+$	43,020	$C_2H_3O^+$
97,068	$C_6H_9O^+$	43,057	$C_3H_7^+$
103,03	$C_4H_7O_3^{+*}$	43,989	CO_2^+
133,07	$C_9H_{11}N^{+**}$	58,050	$C_3H_6O^+$
134,07	$C_9H_{12}N^{+**}$	67,052	$C_5H_7^+$
175,09	ni	81,071	$C_6H_9^+$
177,08	ni	105,05	$C_4H_9O_3^{+*}$
		117,05	$C_5H_9O_3^{+*}$

ni : non-identifié, * tentative d'assignation

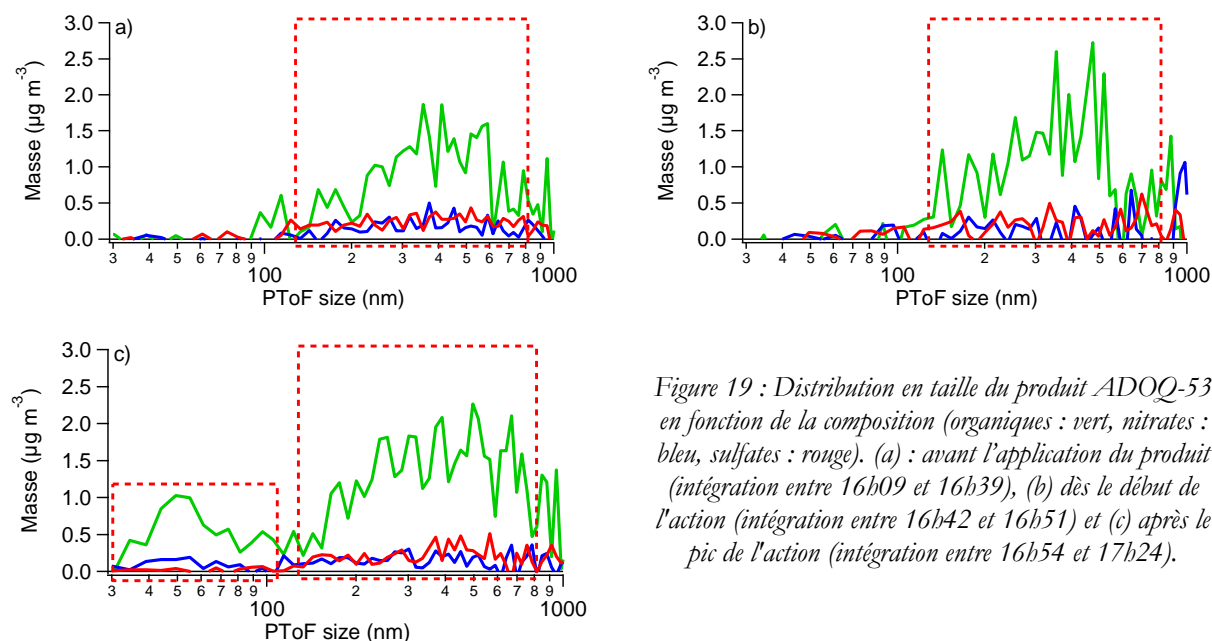


Figure 19 : Distribution en taille du produit ADOQ-53 en fonction de la composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge). (a) : avant l'application du produit (intégration entre 16h09 et 16h39), (b) dès le début de l'action (intégration entre 16h42 et 16h51) et (c) après le pic de l'action (intégration entre 16h54 et 17h24).

L'intégration du signal PTOF (« particule time-of-flight ») sur des temps courts (inférieurs à une heure) produit des courbes très bruitées, à cause de la très petite quantité de particules analysée dans ce mode d'acquisition, néanmoins on peut observer que :

- dans les premières 10 minutes après l'action (b), seules des particules de diamètres relativement grands (entre 100 et 700 nm) sont présentes;
- on observe la formation de nouvelles particules de diamètre compris entre 30 et 100 nm environ 15 minutes après le début de l'action (c) (l'AMS ne peut pas détecter les particules de taille inférieure à 30-40 nm et donc suivre le début de la nucléation);
- la concentration des plus grosses particules (de 100 à 1000 nm), déjà présentes dans le fond de particules, augmente légèrement (comparaison entre la a) et c)).

Ces observations soutiennent les hypothèses faites précédemment à partir des mesures SMPS et APS. Les fragments générés dès l'application du produit ADOQ-53 seraient également issus d'émissions primaires; alors que les fragments dont la concentration augmente plus lentement après l'application du produit seraient issus de particules secondaires (suite aux processus d'oxydation des COV émis par le produit avec l'ozone).

Les spectres obtenus à partir du signal PTOF (Figure 20), démontrent que la composition des particules diffère en fonction de leur taille. La composition des petites particules (a) est dominée par la fraction organique et le nitrate d'ammonium. Les particules dont le diamètre est compris entre 126 et 800 nm (b) sont composées des mêmes ions fragments que ceux du fond de particules (c) bien que leur distribution (intensité relative des différents m/z) soit assez différente, notamment pour la fraction organique. L'utilisation du produit ADOQ-53 change donc la composition organique et la masse totale des particules entre 100 et 800 nm.

L'utilisation du produit ADOQ-53 dans une atmosphère intérieure en présence d'un niveau d'ozone de l'ordre de $80 \mu\text{g.m}^{-3}$ (40 ppbv) engendre ainsi la formation de particules secondaires, conclusion corroborée à la fois par l'apparition de particules dans le mode Aitken et par l'augmentation du niveau de fond en formaldéhyde, produit secondaire de la dégradation en phase gazeuse, entre autre, du limonène.

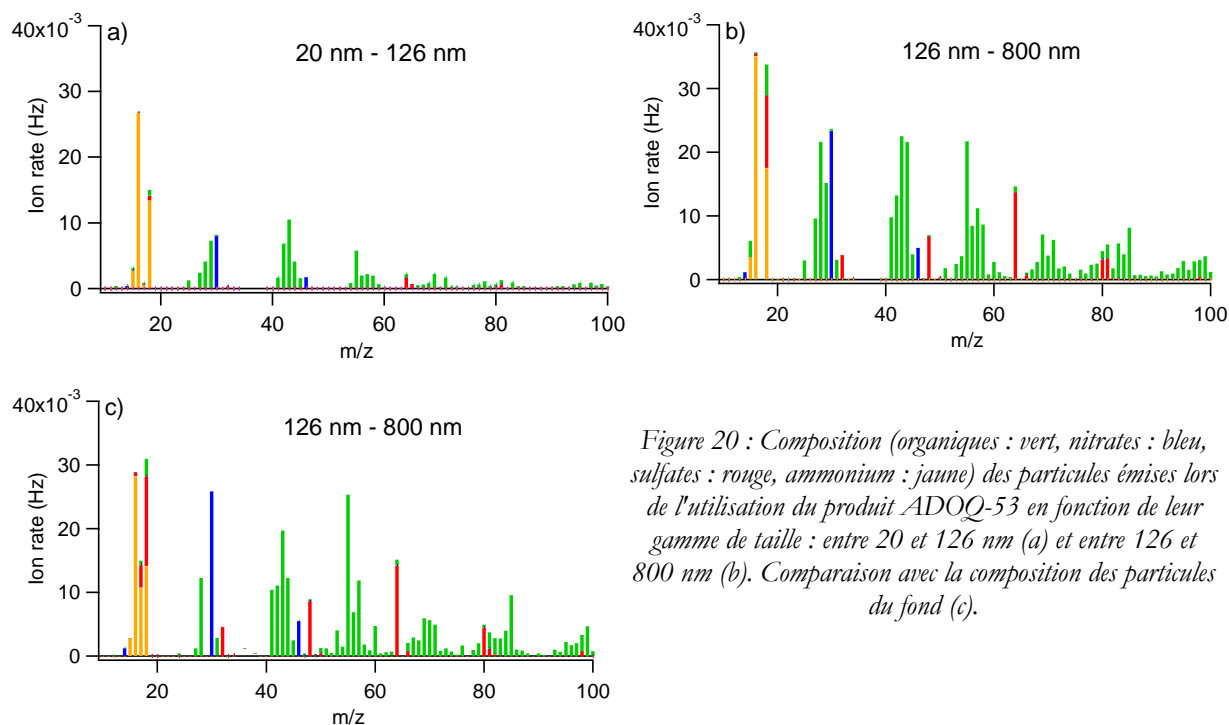


Figure 20 : Composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge, ammonium : jaune) des particules émises lors de l'utilisation du produit ADOQ-53 en fonction de leur gamme de taille : entre 20 et 126 nm (a) et entre 126 et 800 nm (b). Comparaison avec la composition des particules du fond (c).




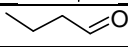
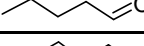

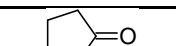


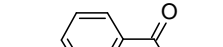

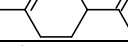
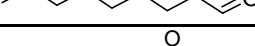
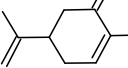




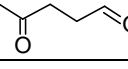
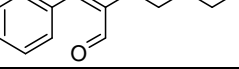
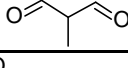
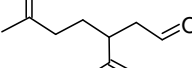
Une identification a pu être proposée pour 23 composés carbonylés détectés en phase gazeuse et ou particulaire et pour 13 composés hydroxylés et acides carboxyliques dont 8 dans les deux phases et 5 en phase particulaire uniquement. Parmi ces composés, trois ont été mesurés dans le produit ménager lui-même, pur et peuvent donc être considérés comme étant d'origine primaire : le jasminaldéhyde (ou l'amylicinnamaldéhyde, $1 \mu\text{g}\cdot\mu\text{L}^{-1}$ dans le produit pur), le 1-butoxypropanol ($11 \mu\text{g}\cdot\mu\text{L}^{-1}$ dans le produit pur) ainsi que trois isomères du dipropylène glycol-méthylether (DPGME, $6 \mu\text{g}\cdot\mu\text{L}^{-1}$ dans le produit pur).

Les concentrations des composés détectés en atmosphère simulée comme produits d'oxydation du limonène sont présentées en gras dans le Tableau 23 et le Tableau 24. Les variations de concentration par rapport au bruit de fond sont exprimées en $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ assortie de l'incertitude analytique (correspondant à l'erreur sur la pente de la droite de calibration) ou en % lorsqu'aucun étalon n'était disponible pour la quantification. Ces variations correspondent donc à la concentration mesurée à partir de l'action (emploi du produit ménager) soustraite de la concentration mesurée avant (bruit de fond). Lorsqu'il y a augmentation de la concentration en composé ou formation d'un nouveau composé, la variation est positive, lorsqu'il y a diminution des concentrations, la variation est négative.

Une augmentation significative des niveaux de la plupart des composés dans l'une ou l'autre des deux phases après le début de l'application du produit est également observée.

Parmi eux, la cétolimonène, le limononaldéhyde et l'acide cétolimonique (présentés en rouge dans les tableaux) peuvent être considérés comme spécifiques prouvant ainsi l'oxydation du limonène émis par le produit ménager et la génération de produits secondaires se partageant entre les phases gazeuse et particulaire. **La formation d'AOS consécutive à l'utilisation d'un produit ménager contenant du limonène en présence d'un niveau d'ozone réaliste est donc confirmée.** Le nombre de particules formées est comparable aux observations de Hubbard et al., 2005 lors d'études similaires portant sur la formation d'aérosols dans trois logements différents au Texas, en mettant en œuvre des produits ménagers en présence d'un purificateur d'air.

Tableau 23 : Composés carbonylés en phase gazeuse et/ou particulaire suite à l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond (avant utilisation du produit). Quand aucun étalon n'est disponible, un pourcentage d'augmentation est donné (22/02/11).

Composé	Structure	Phase gazeuse		Phase particulaire	
		Concentration (ng m ⁻³)	Variation (ng m ⁻³ ou %)	Concentration (ng m ⁻³)	Variation (ng m ⁻³ ou %)
propionaldehyde		1400 ± 50	500	390 ± 20	270
acroleïne		420 ± 20	77	22 ± 1	9
methacroelïne		309 ± 9	237	18 ± 1	7
butanal		4500 ± 200	1450	44 ± 2	8
pentanal		900 ± 30	40	10 ± 1	-25
hydroxypropanal			281%		120%
hexanal		1800 ± 60	370	17 ± 1	-11
cycloheptanone		nd		32 ± 5	10
cyclohexanone		2700 ± 300	880	37 ± 6	10
octanal		1590 ± 30	580	320 ± 30	-110
benzaldehyde		48500 ± 500	-1100	490 ± 40	240
nonanal		4560 ± 80	1790	710 ± 60	
cetolimonene		930 ± 20	180	22 ± 2	16
carvone		440 ± 50	415	1,1 ± 0,2	0,4
glyoxal		2300 ± 500	-300	300 ± 200	110
methylglyoxal		2000 ± 500	560	300 ± 200	150
diméthylglyoxal		2100 ± 500	370	35 ± 5	20
2,4-pentanedione		3700 ± 200	-1400	nd	
4-oxopentanal		6300 ± 200	2400	34 ± 2	21
2-methylpropandial		990 ± 70	270	2000 ± 200	1400
amylcinamaldehyde		540 ± 5	app	50 ± 10	41
limononaldehyde		2120 ± 70	1460	1,7 ± 0,1	app

nd : non détecté. - : ni augmentation ni diminution (± incertitude). app. : apparition du composé dans l'une au l'autre des deux phases.

Tableau 24 : Quantification des composés hydroxylés et acides carboxyliques observés en phase gazeuse et/ou particulaire au moment de l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond, avant utilisation du produit (22/02/11).

Composé	Structure	Phase gazeuse		Phase particulaire	
		Concentration (ng m ⁻³)	Variation (ng m ⁻³ ou %)	Concentration (ng m ⁻³)	Variation (ng m ⁻³ ou %)
1-butoxypropanol		70000 ± 200	55000	1300 ± 300	1200
acide hexanoïque		6700 ± 200	1900	980 ± 40	920
isomères DPGME		50000 ± 20000	31000	8000 ± 2000	7950
acide levulinique		4400 ± 300	3100	1500 ± 500	1499
acide heptanoïque			660	260 ± 40	250
acide hydroxyacétique			48%		app
acide 2-hydroxypropanoïque			164%		app
acide nonanoïque		1710 ± 200	3000	250 ± 40	app
acide succinique		nd	-	11 ± 5	240
acide 2-méthylbutanoïque		nd	-	2,0 ± 0,9	8
acide fumarique		nd	-	4 ± 2	1,4
acide pentandioïque		nd	-	0,8 ± 0,4	3
acide cétolimonique		nd	-		0,3

nd : non détecté. - : ni augmentation ni diminution (\pm incertitude). app. : apparition du composé dans l'une ou l'autre des deux phases.

Il est également intéressant de noter que si le limonène est le plus abondant précurseur gazeux d'AOS et aussi le plus réactif vis-à-vis de l'ozone, ainsi que le démontrent les constantes de vitesse répertoriées dans le Tableau 25, d'autres terpènes comme l' α et le β -pinène sont également émis en quantité non négligeable par le produit ADOQ-53.

 Tableau 25 : Vitesse de réaction vis-à-vis de l'ozone et estimation du temps de vie dans l'atmosphère du limonène, de l' α et du β -pinène (calculé avec une concentration en ozone de 80 $\mu\text{g m}^{-3}$).

Composé	constante de vitesse de la réaction avec O ₃ (10 ⁻¹⁸ cm ³ molécule ⁻¹ s ⁻¹)	Estimation du temps de vie (h)
d-limonène	200	1
α -pinène	87	14
β -pinène	15	400

L'analyse des spectres de masse permet de supposer la présence de nopinone et de pinonaldéhyde, composés d'oxydation des pinènes. Cette observation nécessite confirmation par l'analyse de standards (rappelons que la technique analytique a été optimisée pour les produits d'oxydation du limonène et que ce travail est long). Elle permet néanmoins de suggérer le rôle d'autres précurseurs que le limonène dans la formation d'AOS au cours de l'emploi du produit ADOQ-53. D'autres composés d'oxydation des pinènes tels les acides piniques et pinoniques ont été recherché, sans succès. Peut-être ne sont-ils pas formés ou leurs concentrations est-elle inférieure aux limites de quantification de la méthode utilisée.

Compte tenu de la réactivité de ces composés vis-à-vis de l'ozone, moins importante que celle du limonène, de leurs émissions plus faible, il semble légitime de considérer leur implication comme plus faible que celle du limonène dans la formation d'AOS.

Certains de ces composés identifiés par GC-MS ou des composés de structures proches ont également été analysés par AMS : c'est le cas du 3-méthylpentane-2,4-dione choisi pour mimer les dicétones de manière générale et le 5-hydroxy-2-pentanone, le 4-oxoheptanal, le 3-isopropyl-6-oxoheptanal, représentant des hydroxycétones et l'acide glutarique, représentant des diacides carboxyliques. Les spectres de ces standards sont souvent constitués des mêmes fragments ayant quand même des distributions de valeurs m/z différentes d'un standard à l'autre. La comparaison du produit ADOQ-53 confirme la présence des fragments caractéristiques des aldéhydes et des cétones (par exemple la série des m/z 15,023 ; 29,003 ; 29,039 ; 43,018 ; 43,055...) et des acides carboxyliques (par exemple m/z = 18,011 ; 43,990 ; 44,998) (Tableau 22). Il est néanmoins difficile d'attribuer un ensemble de fragments observés par AMS à un composé spécifique. De plus, les analyses AMS montrent que les mêmes fragments sont présents sur le spectre du produit ADOQ-53 et sur les spectres des références, corroborant la présence des composés identifiés par GC/MS. L'étude des spectres des références et du produit ADOQ-53 permet donc de remarquer que :

- des fragments appartenant au 1-butoxypropanol (m/z = 44,998 ; 57,070 ; 87,081) et aux isomères du DPGME (m/z = 44,998 ; 73,029 ; 103,039) sont présents parmi les fragments caractéristiques du produit ADOQ-53 qui évoluent le plus rapidement (Tableau 22) Comme ces fragments sont issus d'émissions primaires de particules, ceci corroborerait l'hypothèse que le 1-butoxypropanol et les isomères du DPGME seraient d'origine primaire. Les autres composés identifiés comme primaires (jasminaldéhyde) ou secondaires (cétolimonène, limononaldéhyde, acide cétolimonique) sont en concentration trop faible dans la phase particulaire pour être clairement identifiés par l'AMS.
- quelques fragments aminés présents au début de l'action (primaire), alors que d'autres se forment pendant le processus d'oxydation (secondaires), peuvent être observés. Cette observation est en accord avec l'analyse du produit ADOQ-53 pur dans lequel des composés aminés ont été détectés. Notons que l'identification de ces composés sur la base de leur spectre de masse reste à confirmer par l'analyse de standards. Ils pourraient également expliquer les phénomènes de nucléation observés au cours des essais de la phase trois, avec et sans ozone, puisque une rapide formation de particules a lieu quand les amines qui possèdent une affinité protonique très élevée réagissent avec des traces d'acides (organiques ou inorganiques tels que HNO_3 , H_2SO_4).
- l'ion fragment CO_2^+ à m/z 43,989 est très abondant avant l'action mais sa concentration augmente tout de même de 33% pendant l'oxydation du produit ADOQ-53. L'augmentation du fragment CO_2^+ et de l'eau est souvent associée à la formation d'acides carboxyliques.
- de nombreux fragments aliphatiques et oxygénés sont présents bien avant le début de l'action. Leur évolution pendant l'analyse est suivie grâce à la mesure du rapport oxygène/carbone (O/C). Ce rapport augmente dans les particules du fond pendant la journée, sa valeur moyenne passe de 0,6 à 0,8 avant l'action, probablement à cause des processus photo-oxydatifs qui ont lieu le jour en présence de l'ozone dans la cuisine (80 ppbv) (Figure 21).

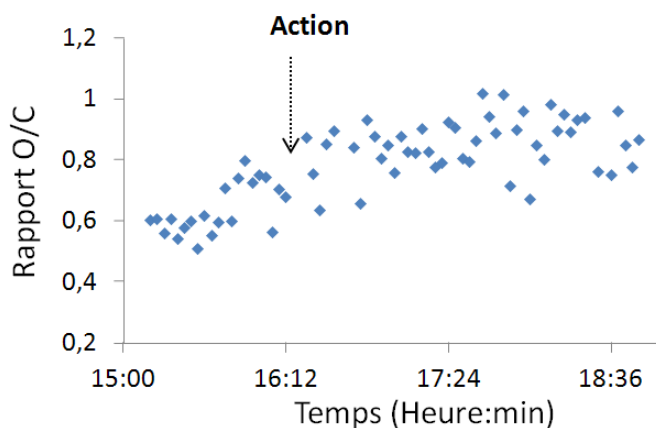


Figure 21 : Evolution du rapport O/C (atomique) lors de l'analyse AMS à 35eV du produit ADOQ-53 en présence d'ozone (07 février).

En effet la génération d'ozone a lieu du début de la journée afin d'effectuer les mesures de fond avant l'action en présence d'ozone. Au début de l'action (premières 10 minutes) la masse des particules augmente considérablement mais cette contribution ne change pas significativement le rapport O/C. Il est possible que l'augmentation du nombre d'oxygènes liée à l'oxydation de certains COV par l'ozone, soit compensée par la quantité importante de COV et COSV émis suite à l'emploi du produit. Ces derniers peuvent condenser sur les particules préexistantes et augmenter de ce fait le nombre de carbone dans la matière particulaire.

- Un faible incrément du rapport O/C est observable dans l'heure qui suit l'application du produit, alors que l'on suppose que l'oxydation des terpènes par l'ozone a eu lieu.

L'analyse en temps réel des données AMS corrobore ainsi les analyses SMPS et GC-MS indiquant la formation d'AOS consécutive à l'utilisation du produit ménager ADOQ-53 en présence d'un niveau d'ozone réaliste.

L'ensemble des composés identifiés en phase particulaire par l'analyse off-line (intégration sur 1 heure) représente une concentration de $17 \mu\text{g m}^{-3}$ soit environ 60% de la concentration massique totale en $\text{PM}_{2.5}$ telle qu'estimée par le SMPS + APS. Il est possible de supposer que le reste de la masse correspond à de la matière organique non caractérisée par la technique mais également à de la matière minérale et de l'eau. Les analyses AMS, correspondant à du PM_1 montrent que la matière inorganique compte pour environ 13% de la masse totale de particules.

Sur ces $17 \mu\text{g m}^{-3}$, 23% correspondent à des composés qui peuvent être identifiés comme secondaire. Certes cette masse semble faible mais les AOS formés représentent la quasi-totalité du nombre de particules dont on sait qu'il constitue un facteur prédominant des effets sanitaires de la matière particulaire. De plus, la formation des AOS a très certainement joué le rôle de noyau de condensation pour les composés primaires tels le DPGME et le méthoxypropanol dont le vecteur d'exposition n'est plus uniquement gazeux.

2. ADOQ-50

Composition du produit

La composition chimique du produit ADOQ-50 a été déterminée par analyse chromatographique directe, selon la technique décrite dans le paragraphe dédié de ce rapport. Les principaux COV identifiés et quantifiés par rapport au facteur de réponse du toluène, sont rassemblés dans le Tableau 26.

Le produit ADOQ-50 est composé majoritairement de diéthylène glycol butyl éther (50%). Ensuite, sont retrouvés de nombreux acides (propanoïque, butanoïque), des terpènes et des alcools terpéniques, des alcools, et des aldéhydes.

Tableau 26 : Composés détectés dans le produit ADOQ-50 pur

N° CAS	Composé	Quantité (ng/μL)	% par rapport masse totale identifiée
112-34-5	diethylene glycol butyl ether	2913	50%
64-19-7	acide acétique	671	12%
79-09-4	acide propanoïque	499	9%
107-92-6	acide butanoïque	265	5%
18479-52-2	dihydromyrcenol	265	5%
10233-13-3	1-propyl dodecanoate	193	3%
719-22-2	2,6-di-tert-butyl-p-benzoquinone (DBQ)	104	2%
106-25-2	cis-geraniol	103	2%
5989-27-5	d-limonene	90	2%
106-24-1	geraniol	72	1%
112-53-8	dodecanol	62	1%
	alcane C16	53	0.9%
57-55-6	1,2-propanediol	45	0.8%
104-76-7	ethylhexanol	44	0.8%
124-19-6	nonanal	39	0.7%
	alcool	33	0.6%
629-59-4	tetradecane	32	0.6%
142-62-1	acide hexanoïque	27	0.5%
	cetone+ inconnu	26	0.5%
	alcool	25	0.4%
	cetone (dodecanone?)	24	0.4%
629-50-5	tridecane	23	0.4%
470-82-6	eucalyptol	22	0.4%
2548-87-0	2-octenal	21	0.4%
80-54-6	lilial	20	0.3%
109-52-4	acide pentanoïque	16	0.3%
78-70-6	linalool	16	0.3%
124-17-4	2-(2-butoxyethoxy)-ethanol acetate	13	0.2%
124-13-0	octanal	12	0.2%
110-93-0	6-methyl-5-hepten-2-one	12	0.2%
138-87-4	β-terpineol	12	0.2%
470-67-7	isocineole	12	0.2%
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	9	0.1%
821-55-6	2-nonanone	7	0.1%
	terpene	7	0.1%
586-82-3	1-terpineol	7	0.1%
1632-73-1	fenchol	7	0.1%
928-68-7	6-methyl-2-heptanone	5	0.1%

Résumé des différents essais

Le produit ADOQ-50 a, tout comme le produit ADOQ-53, montré une forte propension à former des particules en présence d'ozone au cours de la campagne estivale. C'est pourquoi il a fait l'objet de trois essais, l'un en absence d'ozone et les deux autres en présence d'ozone.

Chaque essai a été mené de façon identique à partir de l'emploi de ce produit sous forme de crème : plusieurs dizaines de grammes de crème ont été déposés sur l'évier de la cuisine à l'aide d'une éponge durant deux minutes, après une phase d'attente de cinq minutes, un rinçage à l'eau pendant cinq minutes a été effectué.

Tableau 27 : Résumé des quatre essais mettant en jeu le produit ADOQ-50.

	02/02/2011	08/02/2011	23/02/2011
Ozone ($\mu\text{g m}^{-3}$)	~1	~80	~80
Masse produit (g)	112	37	40
Limonène max ($\mu\text{g m}^{-3}$)	~5	~5	~10
Limonène max ($\mu\text{g m}^{-3}$)	140	99	91
Masse particules fond ($\mu\text{g m}^{-3}$)	27	16	20
Masse particules formée ($\mu\text{g m}^{-3}$)	-	4	7
Nombre particules fond (particules cm^{-3})	7000	3700	3000
Nombre particules formé (particules cm^{-3})	-	140 000	160 000

Synthèse des résultats SMPS et APS

La journée d'emploi du produit ADOQ-50 sans ozone (02 février) se différencie des deux autres journées par l'absence de formation de particules secondaires suggérant ainsi le rôle fondamentale de l'ozone dans la formation de nouvelles particules.

La Figure 22 présente les différences d'évolution de la masse et du nombre des particules ainsi que des concentrations en limonène pour une journée sans ozone et une journée avec.

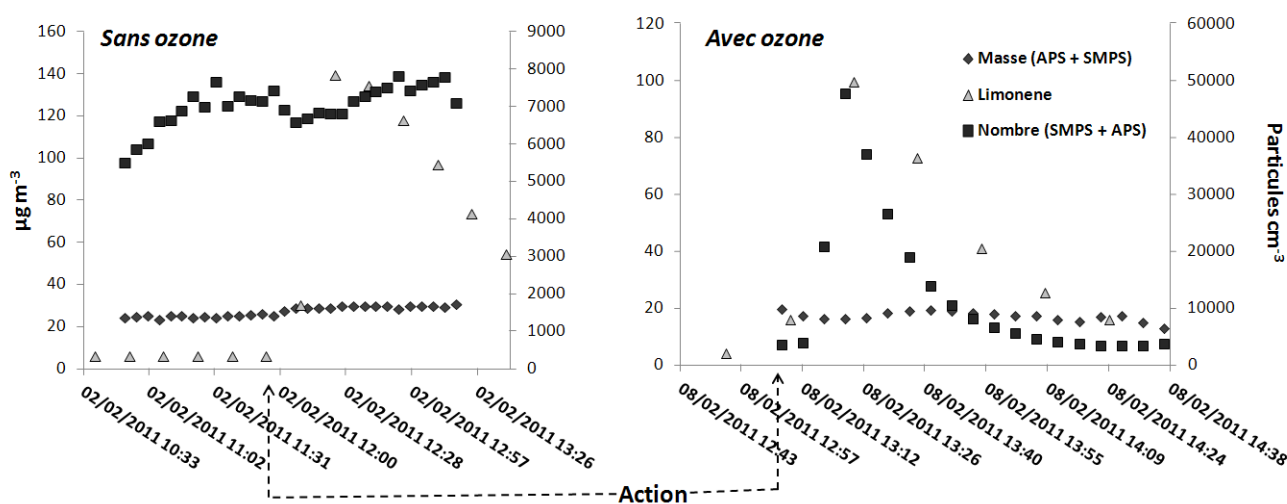


Figure 22 : Evolution des concentrations en limonène et des particules en nombre et en masse pour la journée du 02/02/11 (à gauche) et du 08/02/11 (à droite).

Pour la journée du 02 février, les concentrations en limonène augmentent dès que le produit ménager est appliqué sur l'évier (cette action est identifiée par une flèche sur la Figure 22. Contrairement à l'emploi du produit ADOQ-53 (mousse), l'application du produit ADOQ-50 (crème) ne se poursuit d'aucune augmentation de la masse des particules, augmentation qui avait été reliée principalement aux émissions primaires. Une crème est plus lourde qu'une mousse et par conséquent moins enclin à émettre des particules primaires. En revanche, l'allure de la courbe de l'évolution en nombre des particules pour la journée du 08 février est bien différente et est marquée par une augmentation brusque du nombre de particules une dizaine de minutes après l'emploi du produit ménager, suggérant ainsi la formation d'AOS.

La Figure 23 différencie la masse des petites particules telles que mesurées par le SMPS (10 à 600 nm) et des plus grosses telles que mesurées par l'APS (500 nm à 2,5 μm). Il est ainsi possible de constater que l'essentiel de la masse formée correspond à des particules de petite taille. L'évolution de la taille des particules pour la journée du 22 est présentée sur la Figure 24.

Une augmentation significative du nombre de particules fines est détectée environ 10 minutes après l'application du produit. Alors que le fond de particules fines de MARIA est centré autour de 100 nm, ces nouvelles particules forment un mode centré autour de 27 nm marquant un épisode récent de formation de particules secondaires.

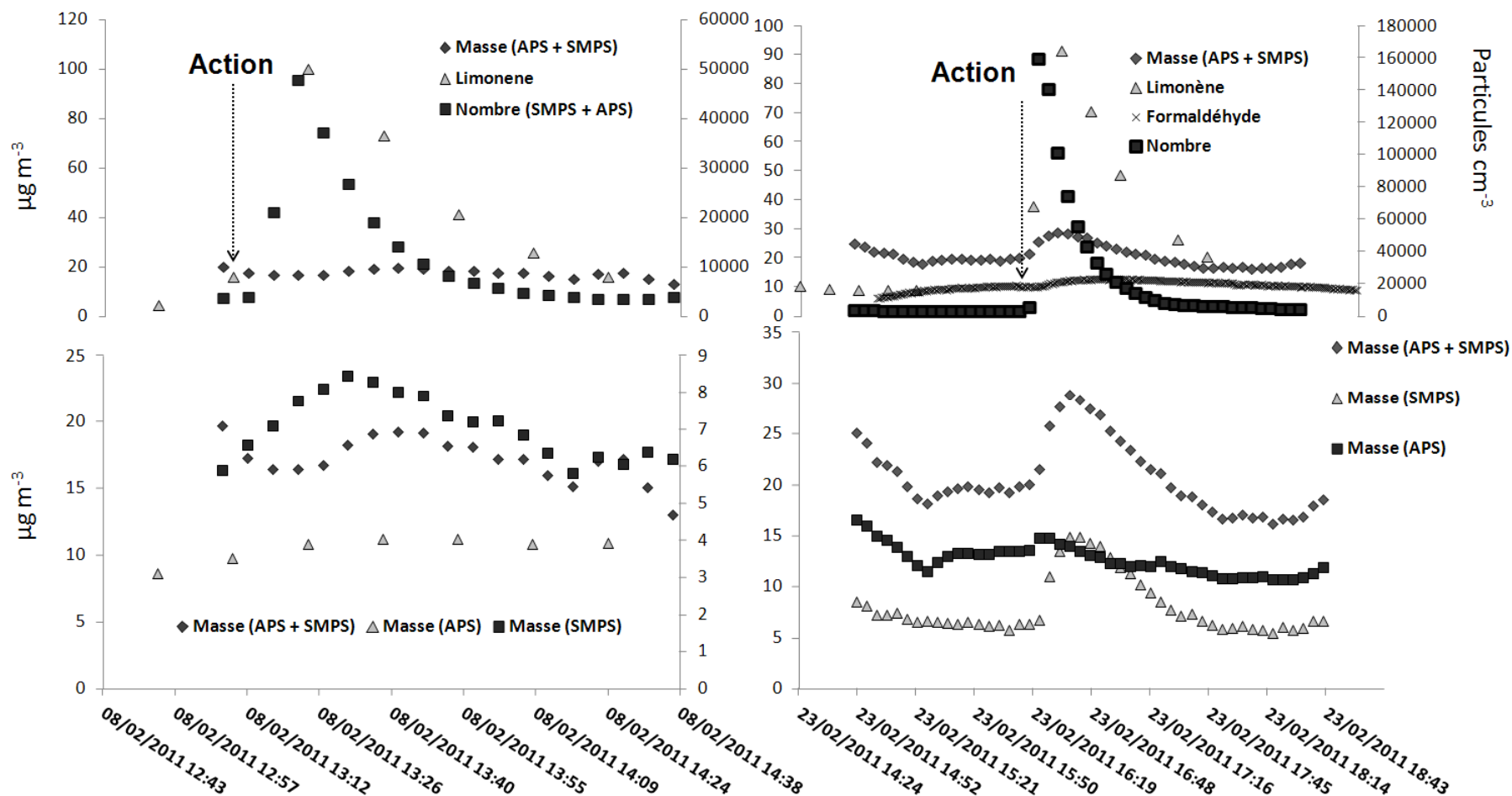


Figure 23 : Détail de l'augmentation massique de la concentration en particules à partir de l'emploi du produit ADOQ-50 (flèche verticale) pour les journées du 08/02/11 et du 23/02/11 (graphique de droite). Discrimination entre l'augmentation due aux particules de diamètre inférieur à 600 nm (mesure SMPS) et celle due aux particules de diamètre supérieur à 0,5 µm (mesure APS).

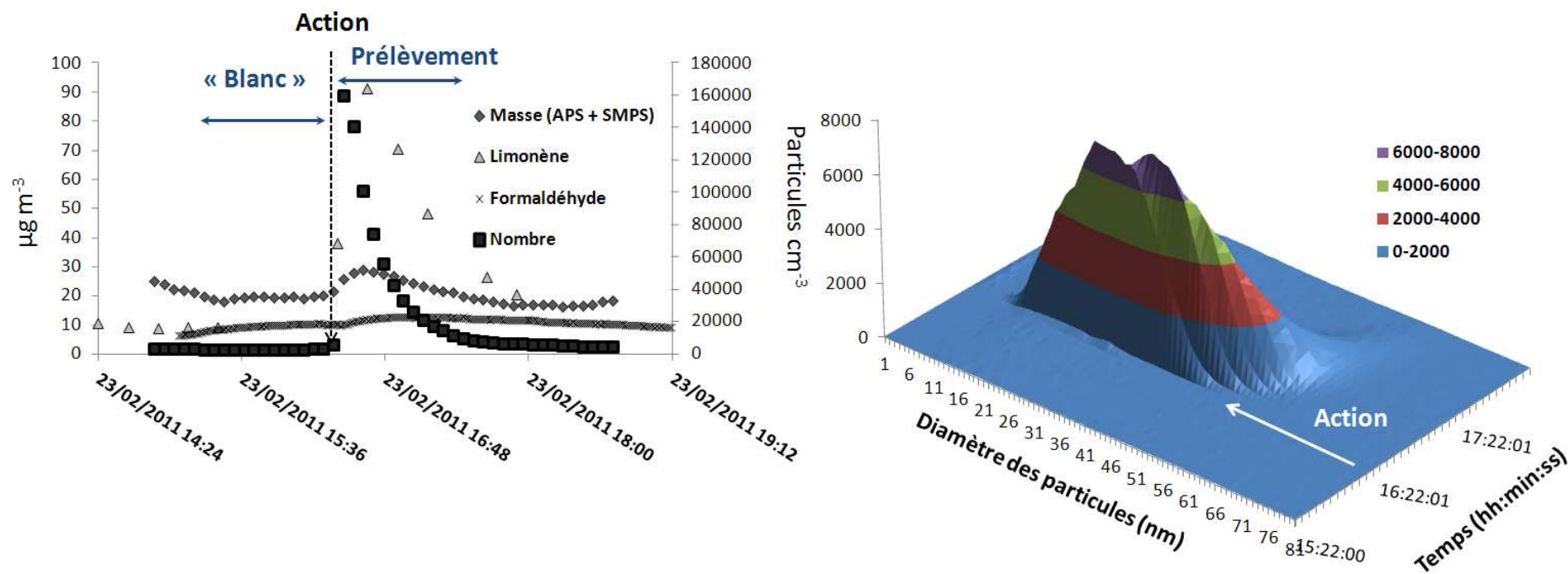


Figure 24 : Evolution temporelle des principaux paramètres physico-chimique dans la cuisine de MARLA avant, pendant et après l'utilisation du produit ménager ADOQ-50 pour la journée du 23/02/11 (figure de gauche). Evolution temporelle de la distribution granulométrique des particules avant et après l'application du produit ADOQ-50 en présence d'ozone (figure de droite).

Synthèse des données AMS et d'analyse chimique

La Figure 25 présente l'évolution des particules de taille inférieure à 1000 nm selon leur composition (organique, nitrate, sulfate, ammonium, eau) lors de l'emploi du produit ADOQ-50 analysé le 08 février. Ce graphique montre une relativement bonne corrélation entre les masses totales mesurées par l'AMS (ligne noire) et le SMPS (point-ligne noir). L'écart entre les deux mesures augmente pendant l'action. Cet écart peut s'expliquer par la présence, vers la fin de l'action, de particules de taille supérieure à 600 nm qui ne peuvent pas être détectées par le SMPS. La mesure du fond avant l'action permet d'évaluer le type, le nombre et la masse des particules présentes dans la cuisine de MARIA. Une nette augmentation de la concentration de la fraction organique PM₁ est visible quelques minutes après le début de l'action à 13h12. Au contraire, la concentration des composés inorganiques et de l'eau évolue peu au cours de l'action (ces composés proviennent principalement de l'air extérieur).

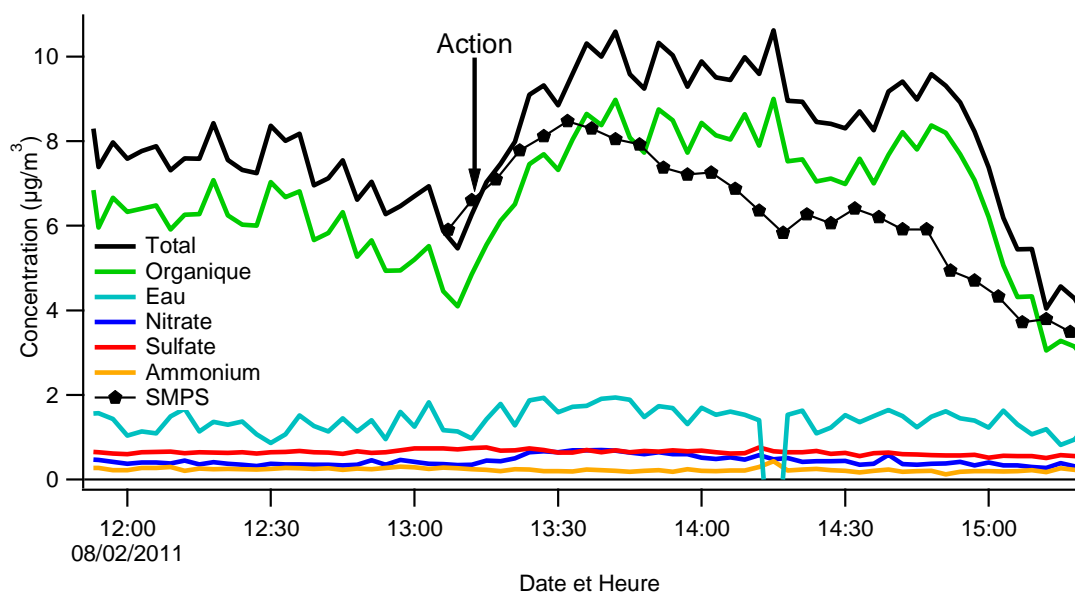


Figure 25 : Produit ADOQ-50 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (08/02/2011). Evolution temporelle de la fraction particulaire (diamètre 40-1000nm) : organique (vert), nitrate (bleu), sulfate (rouge), ammonium (jaune), eau (turquoise) et masse des particules obtenue par le SMPS (diamètre 10-600nm et densité 1,2 $\text{g}\cdot\text{cm}^3$).

Les fragments caractéristiques du produit ADOQ-50 sont déterminés grâce à la comparaison entre les spectres des particules avant et pendant l'action (Figure 26).

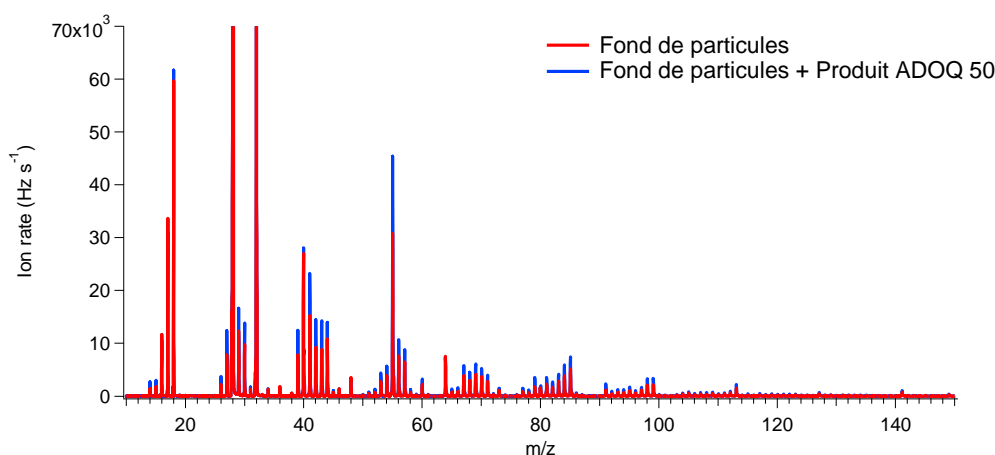


Figure 26 : Produit ADOQ-50 analysé à 35eV en présence d'ozone (08/02/2011) - Superposition des spectres de masse de la fraction particulaire avant l'action (en rouge) et pendant l'action (en bleu).

Ces fragments présentent des évolutions temporelles divergentes. Comme pour le produit ADOQ-53, il est donc possible en les regroupant selon l'allure de leur évolution temporelle, (et) de formuler des suppositions quant à leur origine.

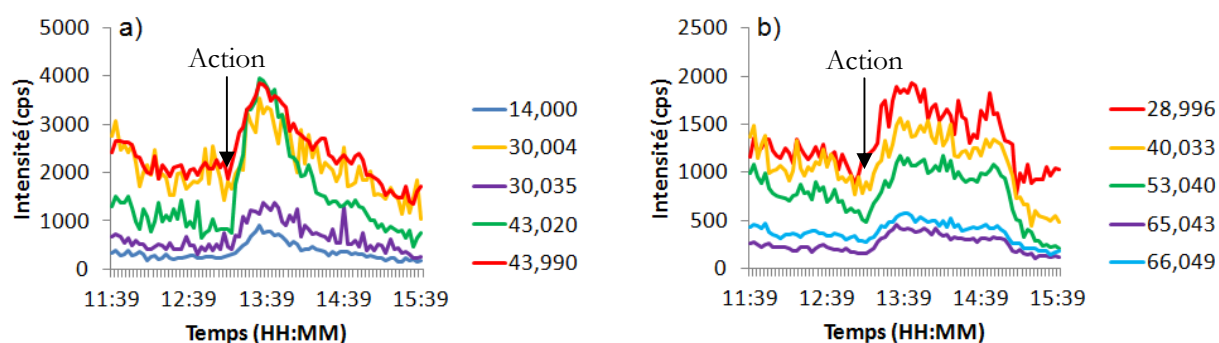


Figure 27 : Produit ADOQ-50 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (08 février) - Evolution dans le temps de certains fragments.

La liste des principaux fragments, classés selon leur évolution temporelle, est présentée dans le Tableau 28. Les fragments de la Figure 27a ont une évolution temporelle relativement rapide qui suit l'application du produit ADOQ-50.

La concentration de ces fragments augmente pendant l'application du produit puis retrouve ses niveaux initiaux en une heure environ. La concentration des fragments de la Figure 27b évolue plus lentement : leur signal est maximale environ 30 minutes après l'application du produit et se stabilise ensuite pendant 1h10 environ avant de diminuer. Il est à noter que quelle que soit leur évolution temporelle, tous les fragments sont présents dans le fond de particules de la cuisine MARIA avant l'action.

L'AMS permet également d'obtenir des informations sur la distribution en taille des particules analysées: les a), b) et c) représentent la distribution en taille à trois périodes différentes de l'analyse du produit ADOQ-50 en présence d'ozone (analyse du 08 février).

m/z	Ion fragment	m/z	Ion fragment
14,000	CH ₂ ⁺	27,022	C ₂ H ₃ ⁺
15,012	CH ₃ ⁺	28,996	CHO ⁺
26,014	C ₂ H ₂ ⁺	29,042	C ₂ H ₅ ⁺
30,004	CH ₂ O ⁺	39,021	C ₃ H ₃ ⁺
30,035	CH ₄ N ⁺	40,033	C ₃ H ₄ ⁺
42,010	C ₂ H ₂ O ⁺	41,039	C ₃ H ₅ ⁺
43,020	C ₂ H ₃ O ⁺	42,046	C ₃ H ₆ ⁺
43,990	CO ₂ ⁺	43,057	C ₃ H ₇ ⁺
44,034	C ₂ H ₄ O ⁺	53,040	C ₄ H ₅ ⁺
52,032	C ₄ H ₄ ⁺	55,024	C ₃ H ₃ O ⁺
79,059	C ₆ H ₇ ⁺	56,065	C ₄ H ₈ ⁺
91,051	C ₇ H ₇ ⁺	66,049	C ₅ H ₆ ⁺
95,070	C ₆ H ₉ N ⁺	81,071	C ₆ H ₉ ⁺
113,098	C ₇ H ₁₃ O ⁺ *	83,053	C ₅ H ₇ O ⁺
127,120	C ₈ H ₁₅ O ⁺ *	84,067	C ₅ H ₈ O ⁺
141,107	ni	85,060	C ₅ H ₉ O ⁺

*ni : non-identifié, * tentative d'assignation*

Tableau 28 : Classement des principaux ions fragments caractéristiques du produit ADOQ-50 en fonction de leur évolution temporelle lors de l'action.

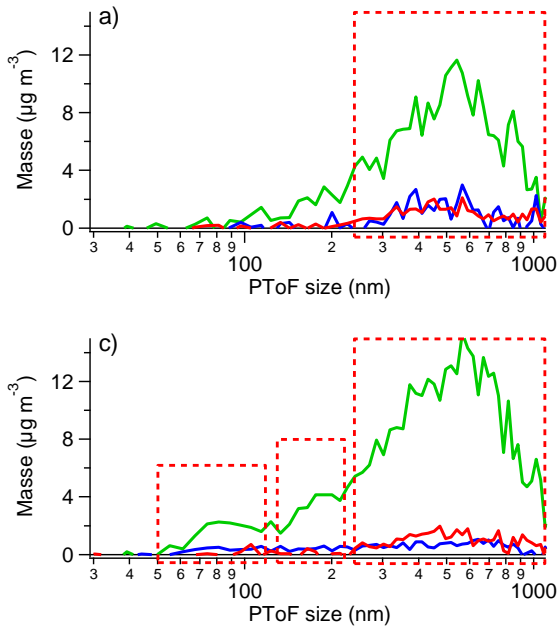


Figure 28: Distribution en taille du produit ADOQ-50 en fonction de la composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge). (a) avant l'application du produit (intégration de 12h09 à 13h09), (b) dès le début de l'action (intégration entre 13h12 et 13h42) et (c) 30 minutes après l'application du produit (intégration entre 13h45 et 14h45).

L'intégration du signal PTOF (« particule time-of-flight ») sur des temps courts (inférieurs à une heure) donne des courbes très bruitées, néanmoins on peut observer que :

- de nouvelles petites particules, dont le diamètre est compris entre 50 et 110 nm et entre 120 et 230 nm, apparaissent dans les premières 30 minutes de l'action (b);
- la concentration des plus grosses particules (300 à 1000 nm), déjà présentes dans le bruit de fond, augmente légèrement suite à un phénomène de coagulation et possible condensation des COV semi-volatiles sur les particules préexistantes (comparaison de la Figure 28a avec la Figure 28b et c).

Les spectres suivants (Figure 29), obtenus à partir du signal PTOF, démontrent que la composition des particules diffère en fonction de leur taille. Bien que les compositions de ces particules soient dominées par la fraction organique et comprennent du nitrate d'ammonium, la distribution des fragments diffère en fonction de la taille des particules. De même, lorsque l'on compare le spectre des plus grosses particules émises après l'application du produit ADOQ-50 (Figure 29c) avec celui du fond de particules (Figure 29b), on observe les mêmes fragments mais avec une distribution des valeurs de m/z différentes. L'utilisation du produit ADOQ-50 change donc la composition organique et la masse totale des particules entre 50 et 1000 nm.

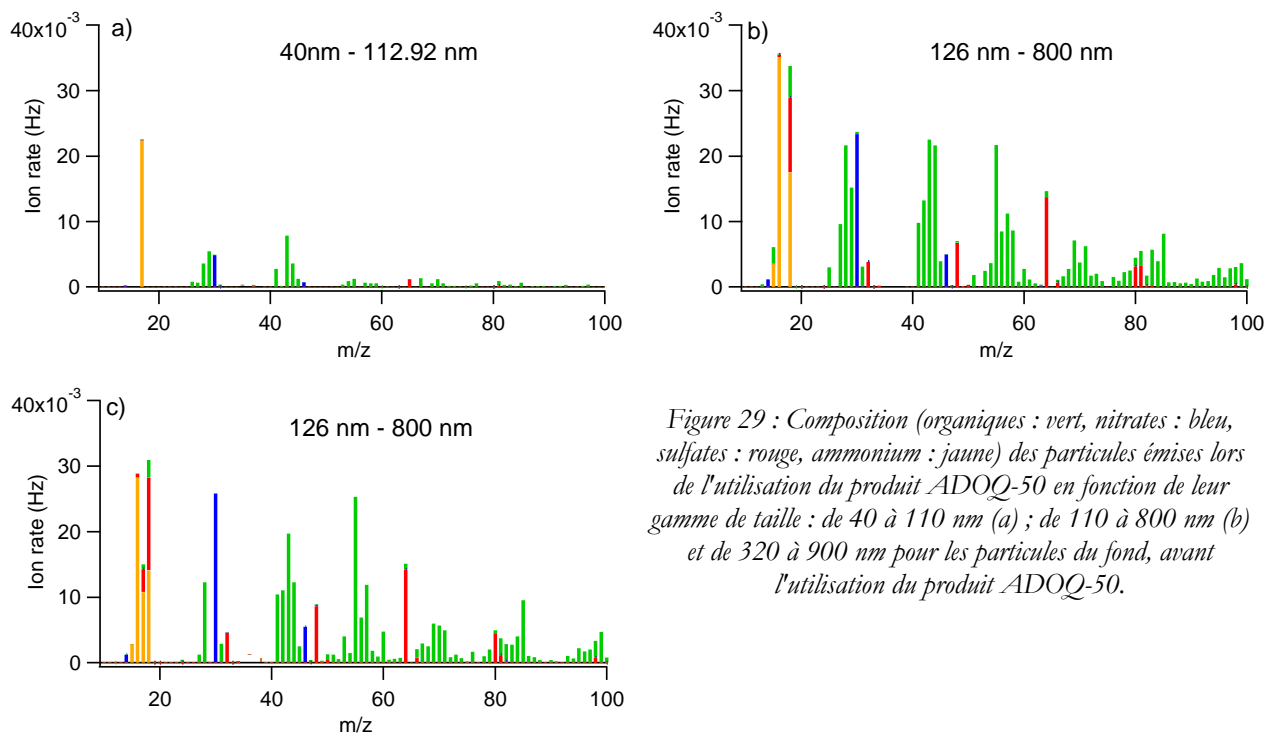


Figure 29 : Composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge, ammonium : jaune) des particules émises lors de l'utilisation du produit ADOQ-50 en fonction de leur gamme de taille : de 40 à 110 nm (a) ; de 110 à 800 nm (b) et de 320 à 900 nm pour les particules du fond, avant l'utilisation du produit ADOQ-50.

L'utilisation du produit ADOQ-50 dans une atmosphère intérieure avec un niveau d'ozone de l'ordre de $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (40 ppbv) engendre donc la formation de particules secondaires, conclusion corroborée à la fois par l'apparition de particules dans un mode Aitken et par l'augmentation des concentrations en limonène, et en formaldéhyde, marquant sa formation secondaire. Ces observations tendent donc à mettre en évidence une réactivité entre l'ozone et les COV émis par le produit ménager, avec en premier lieu le limonène, entraînant la formation de composés secondaires et d'AOS.

Afin de confirmer ces hypothèses, la recherche de composés fonctionnalisés potentiellement d'origine secondaire est réalisée en phase gazeuse et particulaire.

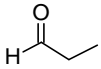
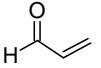
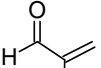
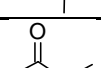
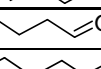
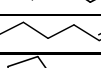
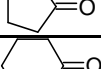
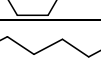
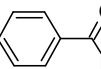
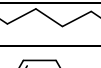
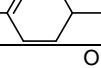
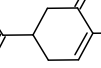
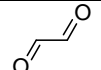
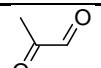
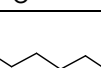
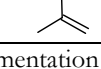
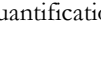
De manière générale, la plupart des composés identifiés par l'analyse des deux phases sont les mêmes que pour le produit ADOQ-53 si l'on excepte le DPGME, non détecté ici et qui constituait une importante fraction des émissions primaires du produit ADOQ-53. Cette observation soutient les données AMS soulignant l'absence d'évolution temporelle caractéristique d'émissions primaires telles qu'observées dans le cas du produit ADOQ-53.

Les différences d'évolution temporelle peuvent être dues à des différences de dynamique d'émission des COV et de dynamique réactionnelle. En effet, la pente de décroissance du limonène est moins abrupte que pour ADOQ-53. Les produits ménagers sont différents et peut-être le limonène est-il émis par ADOQ-53 (mousse) plus facilement que par ADOQ-50 (crème). D'ailleurs, la nature du produit ménager 53 (mousse) pourrait expliquer les émissions primaires beaucoup plus visibles que dans le cas du produit ADOQ-50. Enfin, les particules formées et ou émises sont plus « humides » produit ADOQ-53 que pour le ADOQ-50. L'humidité constitue un facteur déterminant dans la formation et l'évolution des AOS (Cocker III et al., 2001; Tobias et al., 2000).

Par ailleurs des différences de fragmentation sont observées par l'AMS entre les produits ADOQ-50 et -53 alors que les analyses off-line ne montrent pas de remarquables différences. Elles peuvent s'expliquer d'une part par la résolution temporelle des deux techniques et d'autre part par leurs limites de détection. En effet, une résolution temporelle de 3 minutes confère à l'AMS la capacité d'observer des phénomènes que la technique off-line ne peut observer et par conséquent de mesurer des différences de composition au cours du temps que l'analyse sur filtre et tube ne peut pas voir. *A contrario*, cette dernière, accumulant la matière sur une heure, présente des limites de détection plus faibles permettant d'analyser des composés très peu concentrés mais néanmoins fondamentaux pour la compréhension des phénomènes. C'est le cas de l'acide cétolimonique par exemple qui, bien qu'inférieur aux limites de quantification, n'en demeure pas moins un composé traceur de l'oxydation du limonène.

Une augmentation significative des concentrations des composés détectés en atmosphère simulée comme produits d'oxydation du limonène (en gras dans les deux tableaux précédents) peut être observée dans l'une ou l'autre des deux phases après le début de l'application du produit. Parmi eux, la cétolimonene, le limonaldéhyde et l'acide cétolimonique (présentés en rouge dans les tableaux) peuvent être considérés comme spécifiques prouvant ainsi l'oxydation du limonène émis par le produit ménager.

Tableau 29 : Quantification des composés carbonylés en phase gazeuse et/ou particulaire à l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond (avant utilisation du produit) pour le 23/02/11.

	Structure	Phase gazeuse		Phase particulaire	
		Concentration (ng m ⁻³)	Variation (ng m ⁻³ ou %)	Concentration (ng m ⁻³)	Variation (ng m ⁻³ ou %)
propionaldehyde		2387 ± 233	2387	84 ± 16	-19
acroleïne		184 738 ± 8089	124 426	203 ± 50	-191
methacroleïne		125 ± 3	80	1,04 ± 0,04	-12
2 butanone		935 ± 36	426	<lq	
butanal		909 ± 27	676	15 ± 1	-2
valéraldehyde		1062 ± 31	392	2,5 ± 1,0	-
hexanal		1904 ± 56	718	5,8 ± 0,2	-11,5
cycloheptanone		105 ± 10	2	3,9 ± 0,6	10
cyclohexanone		2301 ± 230	815	41 ± 6	-
octanal		2294 ± 39	912	100 ± 8	-
benzaldehyde		513 ± 57	43	2,1 ± 0,40	-
nonanal		6335 ± 107	1957	240 ± 20	-
cetolimonene		2059 ± 42	1761	47 ± 14	-
carvone		1669 ± 167	1584	3,6 ± 0,5	-
glyoxal		22204 ± 4018	2178	541 ± 290	-528
methylglyoxal		49322 ± 892	47083	1731 ± 754	983
limonon- aldehyde		2879 ± 45	14602071		app

nd : non détecté. - : ni augmentation ni diminution (± incertitude). app. : apparition du composé dans l'une ou l'autre des deux phases. lq : limite de quantification.

Tableau 30 : Quantification des composés hydroxylés et acides carboxyliques observés en phase gazeuse et/ou particulaire au moment de l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond (avant utilisation du produit) pour le 23/02/11.

	Structure	Phase gazeuse		Phase particulaire	
		Concentration (ng m ⁻³)	Variation (ng m ⁻³ ou %)	Concentration (ng m ⁻³)	Variation (ng m ⁻³ ou %)
1-butoxypropanol		1791 ± 489	-714	292 ± 50	218
acide 2-ethylbutyrique		3711 ± 236	69	4789 ± 112	4676
acide heptanoïque		1364 ± 38	-428	314 ± 42	304
acide levulinique		6061 ± 337	1099	828 ± 276	828
acide heptanoïque			660	260 ± 40	250
acide hydroxyacétique		798 ± 290	-187	34 ± 4	34
acide 2-hydroxypropanoïque		127120 ± 46210	-54155	1141 ± 123	1141
acide nonanoïque		3513 ± 98	-1074	580 ± 78	570
acide succinique		375 ± 84	-569	11 ± 5	8
acide 2-methylbutanoïque		13 ± 3	-39	2.0 ± 0.9	1,4
acide fumarique		48 ± 11	36	0,4 ± 0,1	0,3
acide pentandioïque		9,6 ± 0,3	-80	0,7 ± 0,1	0,4
acide cetolimonique				<lq	

nd : non détecté. - : ni augmentation ni diminution (± incertitude). app. : apparition du composé dans l'une au l'autre des deux phases. lq : limite de quantification.

Comme pour le produit ADOQ-53, les composés identifiés par GC-MS ou les composés de structures proches qui ont été analysés par AMS (le 3-méthylpentane-2,4-dione, le 5-hydroxy-2-pentanone, le 3-isopropyl-6-oxoheptanal et l'acide glutarique) n'ont pas permis d'attribuer un ensemble de fragments observés pour le produit ADOQ-50 à un seul composé. Des fragments caractéristiques des aldéhydes et des cétones (par exemple la série des m/z 15,023 ; 29,003 ; 29,039 ; 43,018 ; 43,055...) sont présents parmi les fragments caractéristiques du produit ADOQ-50 (Tableau 28), corroborant la présence de certains composés identifiés par GC-MS. L'étude des spectres du produit ADOQ-50 permet de remarquer que :

- des fragments aliphatiques et oxygénés sont présents avant le début de l'action, c'est-à-dire dans le fond de particules de la cuisine de MARIA. Le degré d'oxydation des particules est suivi grâce au rapport oxygène/carbone (O/C). Ce rapport est d'environ 0,2 entre 11h39 et 12h48 ; ce rapport augmente légèrement entre 12h48 et 13h15, une deuxième augmentation négligeable est observée entre 12h51 et 13h18. Environ 15 minutes après le début de l'action, le rapport O/C commence à diminuer alors que l'on suppose que l'oxydation des terpènes par l'ozone a lieu. Pour permettre une diminution du rapport O/C de 0,24 à 0,18, le carbone (C) doit donc augmenter de façon plus importante que l'oxygène. Une forte composante carbonée est en effet observée dans les fragments.

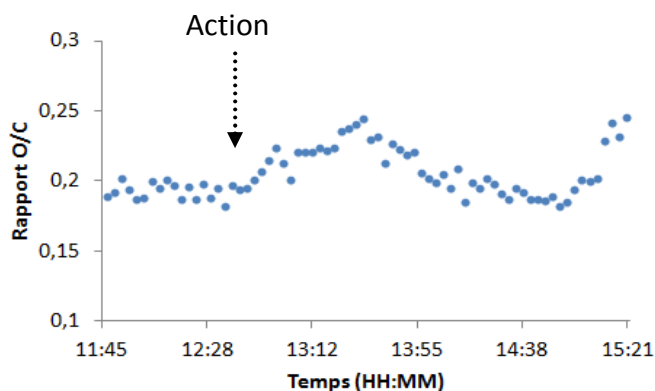


Figure 30 : Evolution du rapport O/C (atomique) lors de l'analyse AMS à 35eV du produit ADOQ-50 en présence d'ozone (08/02/2011).

- quelques fragments aminés présents au début de l'action peuvent être observés. Ceux-ci sont souvent issus des surfactants ajoutés aux produits ménagers.

L'analyse en temps réel des données AMS corrobore ainsi les analyses SMPS et GC-MS indiquant la formation d'AOS consécutives à l'utilisation du produit ménager ADOQ-50 en présence d'un niveau d'ozone réaliste.

L'ensemble des composés identifiés en phase particulaire par l'analyse off-line représente une concentration de $11 \mu\text{g m}^{-3}$ soit environ 60 % de la concentration massique totale en $\text{PM}_{2,5}$ tel que estimée par le SMPS + APS. Il est possible d'attribuer la masse manquante à de la matière minérale et de l'eau et à la matière organique non caractérisée. Parallèlement, les analyses AMS, (correspondant à du PM_1) montrent que les nitrates, sulfates et comptent pour environ 14% de la masse totale de particules. Sur ces $11 \mu\text{g m}^{-3}$, environ 50 % correspondent à des composés qui peuvent être identifiés comme secondaires.

3. ADOQ-39

Composition chimique d'ADOQ-39

La composition chimique du produit ADOQ-39 a été déterminée par analyse chromatographique directe, selon la technique décrite dans le paragraphe dédié de ce rapport. Les principaux COV identifiés et quantifiés par rapport au facteur de réponse du toluène, sont rassemblés dans le Tableau 31.

Le produit ADOQ-39 est composé majoritairement de 1-butoxy-2-propanol (66%). Ensuite, sont retrouvés des amines et des amides.

Tableau 31 : Composés détectés dans le produit ADOQ-39 pur

N° CAS	Composé	Quantité (ng/μL)	% par rapport masse totale identifiée
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	12473	66%
141-43-5	monoethanolamine	2049	11%
7726-08-1	n-allyl-octanamide,	1126	6%
01/08/7726	n-(2-hydroxyethyl)-decanamide	463	2%
900330-93-1	3-fluorophenyl ester acide hexanoïque	399	2%
18479-58-8	2,6-dimethyl-7-octen-2-ol	340	2%
6863-58-7	di-sec-butyl ether	258	1%
544-31-0	palmidrol	152	0,8%
7534-94-3	iso-bornyl methacrylate	138	0,7%
554-61-0 / 91-20-3	2-carene / naphthalène	134	0,7%
660-12-8	phenylethyl alcohol	127	0,7%
98-55-5	terpineol	123	0,6%
112-30-1	1-decanol	85	0,4%
1222-05-5	galoxolide	68	0,4%
1900-69-2	p-tert-butylcyclohexyl acetate	67	0,4%
112-42-5	1-undecanol	54	0,3%
107-39-1	2,4,4-trimethyl-1-pentene	54	0,3%
40607-48-5	3,7-dimethyl-2-octen-1-ol	54	0,3%
124-11-8	1-nonene	48	0,3%
78-70-6	linalool	47	0,2%
103-05-9	dimethylphenethylcarbinol	41	0,2%
29050-33-7	carene	38	0,2%
470-82-6	eucalyptol	37	0,2%
51-80-9	n,n,n',n'-tetramethyl-methanediamine	36	0,2%
2437-25-4	dodecanenitrile	35	0,2%
1120-16-7	dodecanamide	28	0,1%
1120-64-5	4,5-dihydro-2-methyl-oxazole	27	0,1%
110-98-5	1,1'-oxybis-2-propanol	26	0,1%
80-26-2	α-terpineol acetate	25	0,1%
926-64-7	(diméthylamino)-acetonitrile	23	0,1%
21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	22	0,1%
629-79-8	hexadecanenitrile	20	0,1%
71-36-3 / 71-43-2	1-butanol / benzene	16	0,1%
100-52-7	benzaldehyde	15	0,1%
290-37-9	pyrazine	14	0,1%
138-87-4	1-methyl-4-(1-méthylethényl)-cyclohexanol	14	0,1%
5989-27-5	d-limonene	13	0,1%
2456-28-2	1,1'-oxybis-decane	12	0,1%
32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	10	0,1%
822-66-2	3-cyclohexen-1-ol	10	0,1%
75-98-9	2,2-dimethyl acide propanoïque	9	0,05%
33704-61-9	cashmeran	8	0,04%
15131-55-2	3,3'-oxybis-cyclopentene	8	0,04%
7778-85-0	1,2-diméthoxy-propane	8	0,04%
7127-19-7	2-phenyl-1,3-oxazol-2-ine	8	0,04%
497-25-6	2-oxazolidone	7	0,04%
586-82-3	1-methyl-4-(1-méthylethyl)-3-cyclohexen-1-ol	6	0,03%
138-87-4	β-terpineol	6	0,03%

N° CAS	Composé	Quantité (ng/μL)	% par rapport masse totale identifiée
289-95-2	1,3-diazine	5	0,03%
62399-57-9	dinitromethylide-pyridinium	5	0,02%
86608-11-9	1-[4-(diméthylaminoéthoxy)phényl]-acetone	4	0,02%
100-42-5	styrene	4	0,02%
3485-84-5	2-éthényl-1h-isoindole-1,3(2H)-dione	4	0,02%
87-44-5	caryophyllene	1	0,01%

Résumé des différents essais

De même que pour les produits ADOQ-53 et -50, le produit ADOQ-39 avait démontré une forte propension à former des particules en présence d'ozone au cours de la campagne estivale. Il a donc été testé à plusieurs reprises au cours de la campagne hivernale. Un essai a été réalisé en absence d'ozone et deux en présence d'ozone. Chaque essai est mené de façon identique : le produit est vaporisé dans l'évier, laissé en attente cinq minutes et rincé à l'eau.

Tableau 32 : Résumé des quatre essais mettant en jeu le produit ADOQ-39

	04/02/2011	11/02/2011	24/02/2011
Ozone ($\mu\text{g m}^{-3}$)	~ 1	~80	~80
Masse produit (g)	17	18	19
Limonène fond ($\mu\text{g m}^{-3}$)	~120	~50	~5
Limonène max ($\mu\text{g m}^{-3}$)	~120	98	9
Masse particules fond ($\mu\text{g m}^{-3}$)	18	20	19
Masse particules formée ($\mu\text{g m}^{-3}$)	4	4	7
Nombre particules fond (particules cm^{-3})	6000	4000	2800
Nombre particules formée (particules cm^{-3})	3000	11500	4000

Synthèse des résultats SMPS et APS

Plusieurs difficultés ont été rencontrées au cours des essais impliquant le produit ADOQ-39.

Tout d'abord, la journée sans ozone du 04 février a été marquée par une forte augmentation des niveaux de limonène juste avant le début de l'essai. Cette augmentation dont la cause n'a pu être identifiée a perturbé l'estimation des émissions liées au produit ADOQ-39. Par ailleurs, les niveaux de limonène et par conséquent de particules formées sont restés faibles au cours de la journée du 24 février. Ce phénomène reste à ce jour inexpliqué. Même si des données sont manquantes concernant ce produit et que des phénomènes restent inexpliqués, il est possible d'observer des différences significatives entre la journée sans ozone et la journée du 11 février, avec ozone, en particulier en ce qui concerne la formation de particules. Dans les mêmes conditions d'ozone, la faible formation de particules le 24 février par rapport au 11 février s'explique par les niveaux de limonène émis plus faibles.

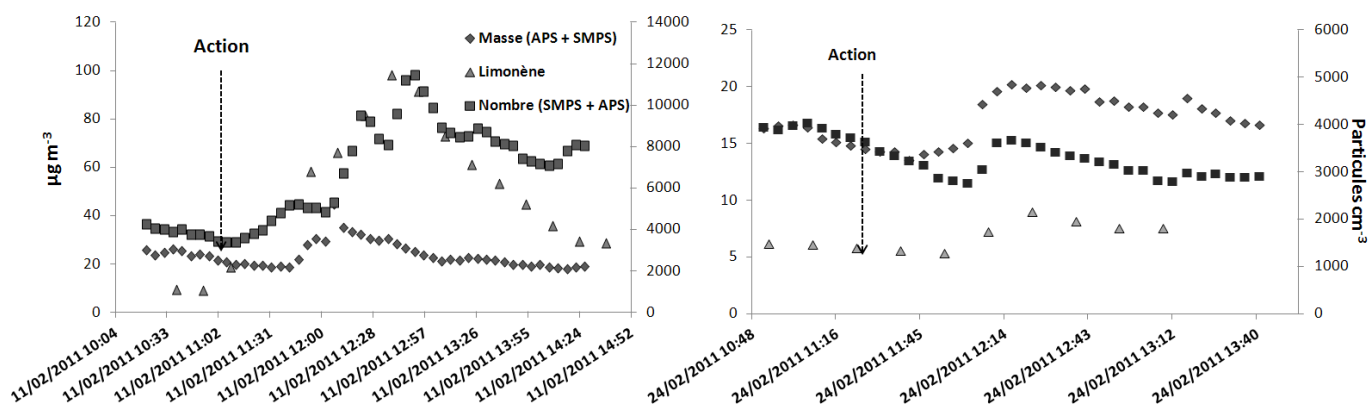


Figure 31 : Evolution temporelle des principaux paramètres physico-chimique dans la cuisine de MARLA avant, pendant et après l'utilisation du produit ménager ADOQ-39 pour les journées du 11/02/11 et du 24/02/11.

L'évolution des niveaux de concentration en particules et en limonène est différente de celles observées pour les autres produits, ADOQ-50 et 53. En effet, l'augmentation des concentrations en limonène est plus lente et s'étale sur quasiment une heure alors qu'elle ne prend qu'une quinzaine de minutes dans le cas des deux autres produits. De plus, le nombre de particules augmente plus lentement et diminue plus lentement que lors de l'emploi des autres produits, le phénomène persistant pendant plus d'une heure. Des dysfonctionnements du système de ventilation pourraient expliquer ce phénomène mais ne sont malheureusement pas vérifiables à posteriori.

Synthèse des données AMS et d'analyse chimique

La Figure 32 présente l'évolution en masse des particules de taille inférieure à 1000 nm selon leur composition (organique, nitrate, sulfate, ammonium, eau) pour le produit ADOQ-39 analysé le 24 février. Ce graphique indique tout d'abord une corrélation acceptable entre les masses totales mesurées par l'AMS (ligne noire) et le SMPS (point-ligne noir) avant l'action (20% de différence). La divergence entre les données SMPS et AMS après le début de l'action est principalement attribuée à une augmentation des particules de diamètres compris entre 600 et 1000 nm, détectées par l'AMS mais malheureusement pas par le SMPS. La concentration des composés organiques, de l'eau et des nitrates augmentent quelques minutes après le début de l'action à 12h12. Comme la variation de la concentration du nitrate n'est pas accompagnée d'un incrément de la concentration d'ammonium, les nitrates observés (principalement NO^+ et NO_2^+) sont probablement des nitrates organiques. Les concentrations du sulfate et de l'ammonium n'évoluent pas pendant l'action (ces composés proviennent très probablement de l'air extérieur).

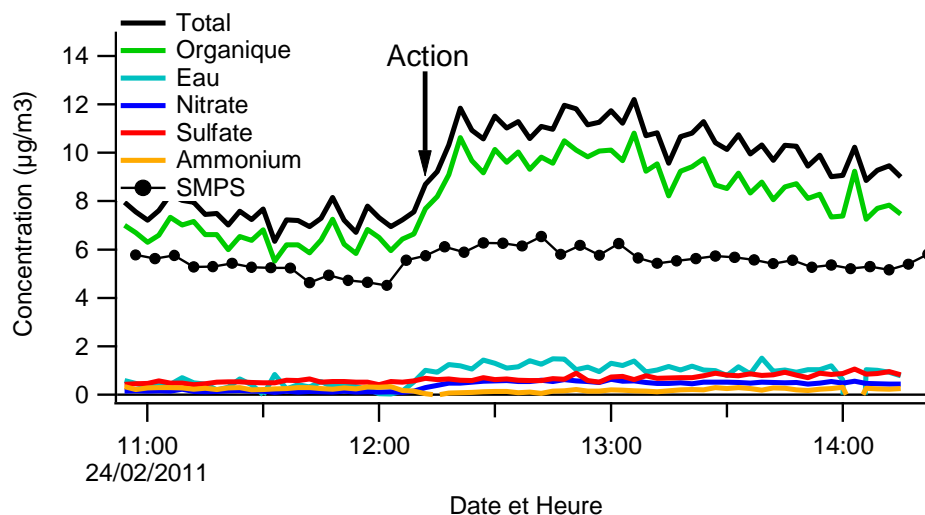


Figure 32 : Produit ADOQ-39 analysé par AMS à 70eV en présence d'ozone (24/02/2011). Evolution dans le temps de la fraction particulaire (diamètre 40-1000 nm) de l'organique (vert), du nitrate (bleu), du sulfate (rouge), de l'ammonium (jaune), de l'eau (turquoise) et comparaison avec la masse des particules obtenue par le SMPS (diamètre 10-600 nm et densité 1,2 g.cm³). Echelle temporelle en UT.

Les fragments caractéristiques du produit ADOQ-39 sont investigués grâce à la comparaison entre les spectres des particules avant et pendant l'action (Figure 33). Cependant contrairement aux produits précédents, les analyses AMS réalisées à 70eV ont été utilisées, les analyses réalisées à 35eV n'ayant pas donné de spectres exploitables. L'augmentation de l'énergie d'ionisation accentue la fragmentation de la fraction organique et rend, par conséquent, l'interprétation plus difficile. La concentration de ces fragments augmente très rapidement dès l'application du produit ADOQ-39 et ce pendant environ 15 minutes puis diminue lentement (Figure 33). La concentration de certains fragments reste à un niveau supérieur à celui avant l'action sur la durée de l'analyse. L'augmentation brusque résultant de l'application du produit ADOQ-39 peut indiquer que la source de ces fragments est dans un premier temps un phénomène physique, en d'autres termes, que ces fragments sont issus d'émission de particules primaires. La diminution plus lente de leur concentration pourrait peut-être indiquer quant à elle un processus d'oxydation avec une formation secondaire de particules.

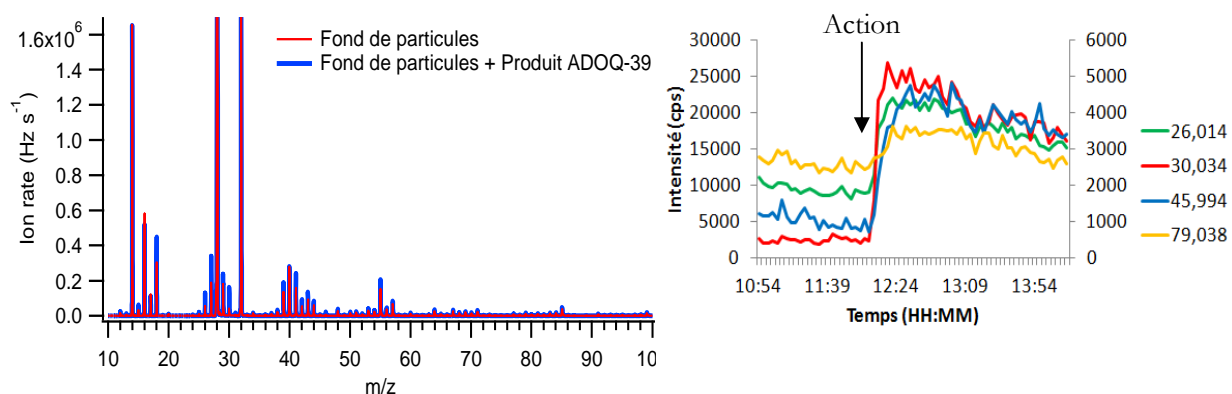


Figure 33 : Produit ADOQ-39 analysé par AMS à 70eV en présence d'ozone (24/02/2011) - Superposition des spectres de masse de la fraction particulaire avant l'action (en rouge) et pendant l'action en bleu (à gauche) et évolution dans le temps de certains fragments (à droite).

La liste des principaux fragments est présentée dans le Tableau 33.

Tableau 33 : Classement des principaux ions fragments caractéristiques du produit ADOQ-39 et tentative d'assignation.

m/z	Ion fragment	m/z	Ion fragment
15,018	CH_3^+	45,994	NO_2^+
18,013	H_2O^+	53,037	C_4H_5^+
26,014	C_2H_2^+	55,018	$\text{C}_3\text{H}_3\text{O}^+$
27,022	C_2H_3^+	55,062	C_4H_7^+
29,042	C_2H_5^+	57,075	C_4H_9^+
30,001	NO^+	67,051	C_5H_7^+
30,034	CH_4N^+	69,055	$\text{C}_4\text{H}_5\text{O}^+$
39,023	C_3H_3^+	71,089	$\text{C}_3\text{H}_{11}^+$
41,038	C_3H_5^+	85,068	$\text{C}_5\text{H}_9\text{O}^+$
43,060	C_3H_7^+	99,074	$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}^+$
43,992	CO_2^+	113,091	$\text{C}_7\text{H}_{13}\text{O}^+$

L'AMS permet également d'obtenir la distribution en taille des particules analysées : la Figure 34 a), b) et c) représente la distribution en taille à trois périodes différentes de l'analyse du produit ADOQ-39 en présence d'ozone (analyse du 24/02/2011).

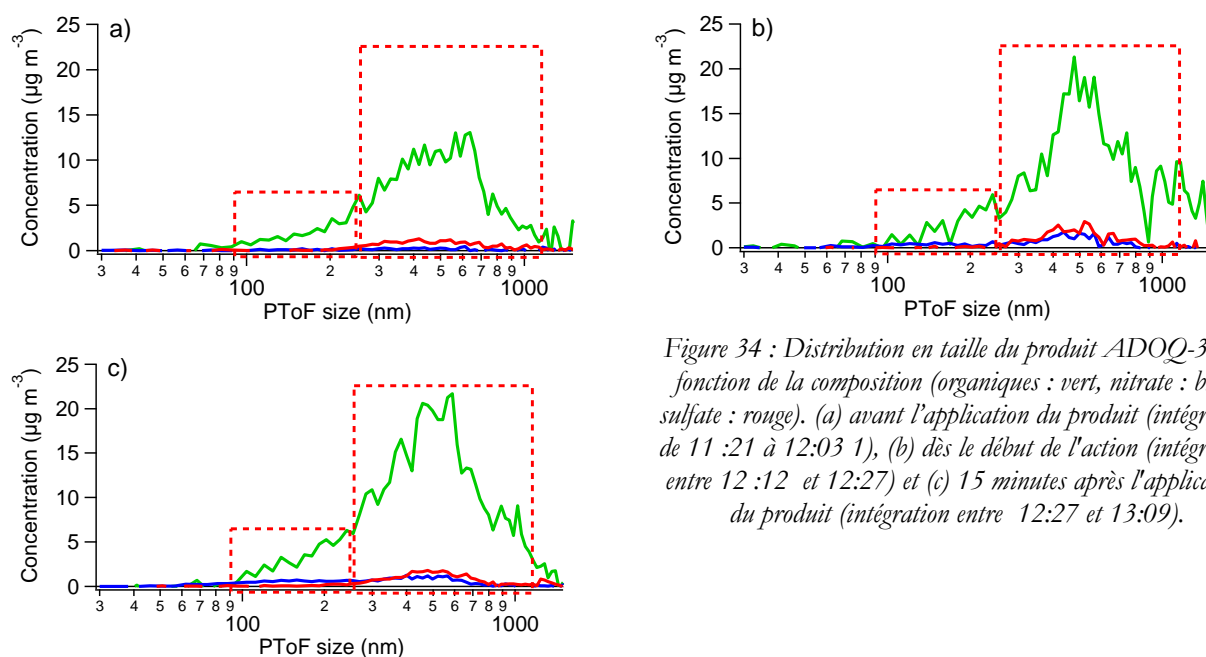


Figure 34 : Distribution en taille du produit ADOQ-39 en fonction de la composition (organiques : vert, nitrate : bleu, sulfate : rouge). (a) avant l'application du produit (intégration de 11 :21 à 12:03 1), (b) dès le début de l'action (intégration entre 12 :12 et 12:27) et (c) 15 minutes après l'application du produit (intégration entre 12:27 et 13:09).

L'intégration du signal PTOF (« particule time-of-flight ») sur des temps courts (inférieurs à une heure) produit des courbes très bruitées, néanmoins on peut observer que :

- au tout début de l'action, seule la concentration des particules de plus grands diamètres augmente (250 à 1000 nm) (comparaison de la Figure 34b avec la Figure 34a) ;
- la concentration des particules de diamètre inférieur à 250 nm double mais reste relativement faible (comparaison de la Figure 34a avec les Figure 34b et 34c).

La concentration des particules de diamètre entre 250 et 1000 nm passe de 12 à 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, cette remarquable hausse soutient les observations faites par l'APS et suggère la prédominance du phénomène de condensation des composés semi-volatils sur les particules préexistantes plutôt que la formation de nouvelles particules d'AOS. Les spectres obtenus à partir du signal PTOF (Figure 35), montrent que la composition des particules diffère considérablement en fonction de leur taille.

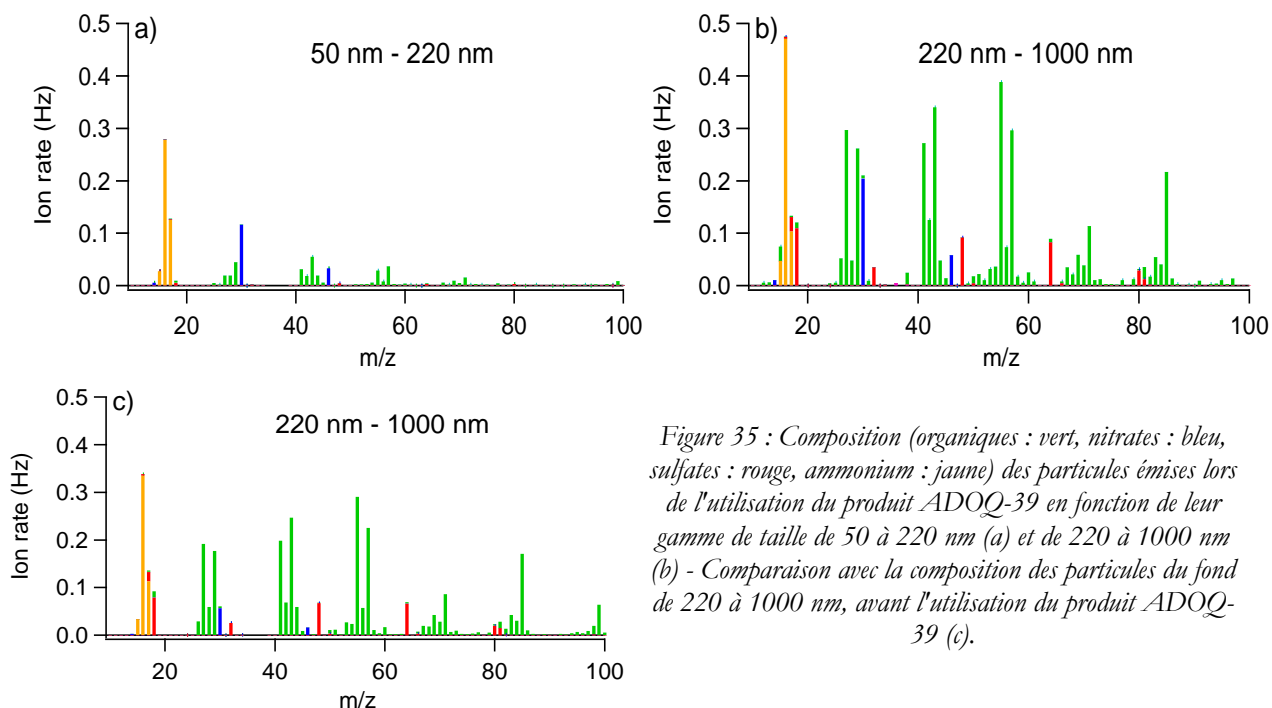


Figure 35 : Composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge, ammonium : jaune) des particules émises lors de l'utilisation du produit ADOQ-39 en fonction de leur gamme de taille de 50 à 220 nm (a) et de 220 à 1000 nm (b) - Comparaison avec la composition des particules du fond de 220 à 1000 nm, avant l'utilisation du produit ADOQ-39 (c).

La composition des petites particules (a) présente des proportions en nitrate d'ammonium bien plus importantes que les particules plus grosses car ce sont des particules de formation récente. Les particules dont le diamètre est compris entre 220 et 1000 nm (b) sont composées des mêmes ions fragments que ceux du fond de particules (c) et présentent une distribution des fragments de la fraction organiques assez proche dominés par des fragments aliphatiques. L'utilisation du produit ADOQ-39 semble peu modifier la composition des particules entre 250 et 1000 nm.

Une identification a pu être proposée pour une vingtaine de composés carbonylés détectés en phase particulaire et tout autant de hydroxylés et acides carboxyliques. Lorsqu'aucun étalon n'est disponible, l'augmentation en pourcent est donnée.

Tableau 34 : Quantification des composés hydroxylés et acides carboxyliques en phase particulaire au moment de l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond (avant utilisation du produit) pour le 24/02/11.




















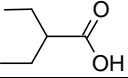
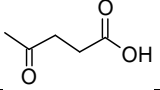
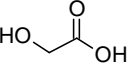
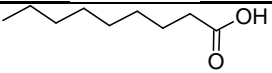
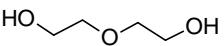
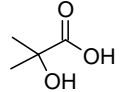
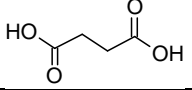
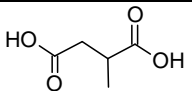
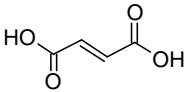
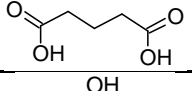
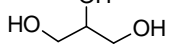
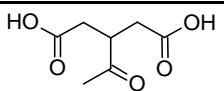
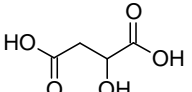
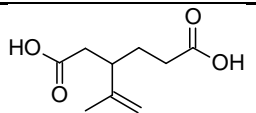
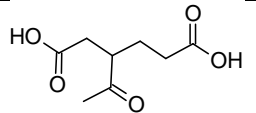
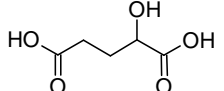
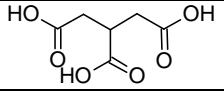
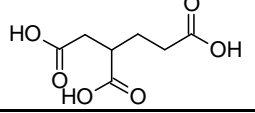
	Structure	Phase particulaire	
		Concentration (ng m ⁻³)	Variation (ng m ⁻³ / %)
propionaldehyde		233 ± 22	-66
acroleine		23 ± 6	8
3 buten-2-one		101 ± 26	63
2 butanone		10 ± 2	-
butanal		60 ± 4	31
valeraldehyde		72 ± 29	17
hexanal		40 ± 2	14
cycloheptanone		54 ± 9	22
cyclohexanone		375 ± 54	-54
octanal		835 ± 67	271
nonanal		899 ± 75	145
cetolimonene		489 ± 145	215
carvone		15 ± 2	2
glyoxal		1004 ± 538	-242
methylglyoxal		1730 ± 753	1252
dimethylglyoxal		3 ± 2	-1
4-oxopentanal		97 ± 6	25
2-methylpropandial		18066 ± 1806	459
limononaldehyde		78 ± 5	-48

Tableau 35 : Quantification des composés hydroxylés et acides carboxyliques en phase particulaire au moment de l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond (avant utilisation du produit) pour le 24/02/11.

	Phase particulaire		
	Structure	Concentration (ng m ⁻³)	Variation (ng m ⁻³ /%)
acide 2-ethylbutyrique		2601 ± 60	153
acide levulinique		383 ± 94	220
acide oxalique		4339 ± 1972	84
acide nonanoïque		804 ± 108	804
diéthylèneglycol		83 ± 40	-
acide 2-hydroxy-2-méthylpropanoïque		2 ± 1	1
acide succinique		72 ± 32	13
acide 2-méthylbutanoïque		7 ± 3	1
acide fumarique		13 ± 6	2
acide pentandioïque		26 ± 11	5
glycerol		nq	2%
acide cetonorlimonique		nq	100%
acide malique		nq	10%
acide limonique		nq	320%
acide cétolimonique		nq	180%
acide 2-hydroxypentanoïque		nq	-83%
acide tricarballylique		nq	61%
acide 3-carboheptanedioïque		nq	100%

nq: non quantifié - : stable

En ce qui concerne le 2-méthylpropanol, les concentrations semblent anormalement élevées. Un artefact positif d'adsorption de ce composé sur le filtre malgré l'emploi de dénudeur pourrait expliquer ces niveaux au cas où ses concentrations en phase gazeuse seraient particulièrement élevées. Malheureusement, aucun prélèvement en phase gazeuse n'avait pu être réalisé ce jour-là en raison de problèmes techniques.

Parmi les autres composés détectés, les produits d'oxydation spécifiques du limonène sont observés. C'est le cas de la cétolimonène, du limononaldéhyde, des acides cétolimonique, limonique, cétonorlimonique. Leurs concentrations augmentent de manière significative lors de l'emploi du produit ménager.

Par ailleurs, il est intéressant de constater que les composés détectés dans le cas de l'emploi de ce produit ménager sont plus oxydés que ceux observés précédemment, lors de l'emploi des ADOQ-50 et 53. C'est le cas des acides 2-hydroxypentanoïque, tricarballoylique et 3-carboheptanedioïque. En particulier, ce dernier est un produit d'oxydation de l'acide limonique.

Il est ainsi possible de supposer que les aérosols analysés ici sont plus « âgés » que ceux analysés lors de l'emploi des produits ADOQ-50 et 53. Cette observation est en accord avec le temps de vie plus long des aérosols mentionnés plus haut.

L'AMS ne permet pas d'attribuer facilement un ensemble de fragments à un composé particulier, néanmoins, des fragments caractéristiques des aldéhydes et des cétones (par exemple la série des m/z 15,023 ; 29,003 ; 29,039 ; 43,018 ; 43,055...) sont présents parmi les fragments appartenant au produit ADOQ-39, corroborant la présence de certains composés identifiés par GC-MS. D'autre part, l'étude des spectres du produit ADOQ-39 permettent de remarquer que :

- les concentrations du fragment CO_2^+ à m/z 43,992 et de l'eau à m/z 18,013, tous deux déjà présent avant l'action, augmentent pendant l'application du produit ADOQ-39. L'augmentation simultanée de ces deux concentrations est souvent associée à la formation d'acides carboxyliques.
- on retrouve quelques fragments aminés pendant l'action, notamment m/z 30,034 associé à l'ion fragment CH_4N^+ dont la concentration croît fortement dès le début de l'application du produit ADOQ-39.
- l'évolution du degré d'oxydation d'un système organique pendant l'analyse peut être suivie notamment grâce au rapport oxygène/carbone (O/C). Ce rapport reste stable pendant toute la durée de l'analyse. Les analyses GC-MS montrent que des composés très oxygénés sont présents après l'application du produit ADOQ-39, l'oxygène atomique O doit donc augmenter après le début de l'action. Pour que le rapport O/C reste stable, le carbone atomique C doit donc lui aussi augmenter dans des proportions similaires, recoupant ainsi les observations faites par l'APS d'une forte augmentation de la masse après le début de l'action.

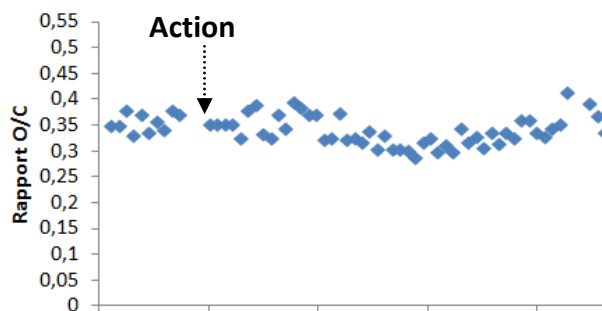


Figure 36 : Evolution du rapport O/C (atomique) lors de l'analyse AMS à 70eV du produit ADOQ-39 en présence d'ozone (24 février)

Le travail de bilan de masse sur l'ensemble des composés identifiés en phase particulaire par l'analyse off-line semble ici peu pertinent en raison de l'hypothèse d'un artefact positif d'adsorption sur les filtres.

4. ADOQ-20

Composition chimique d'ADOQ-20

La composition chimique du produit ADOQ-20 a été déterminée par analyse chromatographique directe, selon la technique décrite dans le paragraphe dédié de ce rapport. Les principaux COV identifiés et quantifiés par rapport au facteur de réponse du toluène, sont rassemblés dans le Tableau 36.

Le produit ADOQ-20 est composé essentiellement de 1-butoxy-2-propanol (95%). Ensuite, sont retrouvés ~2% de di sec butyl ether. Enfin, des traces d'alcool, d'acides, et d'ester sont détectés à moins de 1%.

Tableau 36 : Composés détectés dans le produit ADOQ-20 pur

N° CAS	Composé	Quantité (ng/μL)	% par rapport masse totale identifiée
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	6322	95%
6863-58-7	di sec-butyl ether	158	2%
5842-53-5	2,2,4-trimethyl-3-penten-1-ol	38	0,6%
111-87-5	1-octanol	24	0,4%
75-98-9	2,2-dimethyl-propanoic acid,	19	0,3%
112-30-1	1-decanol	19	0,3%
79-31-2	2-methyl- acide propanoïque	16	0,2%
565-80-0	2,4-dimethyl-3-pentanone,	16	0,2%
104-76-7	2-ethyl-1-hexanol	13	0,2%
64-19-7	acide acétique	12	0,2%
123-72-8	butanal	10	0,2%
71-36-3	1-butanol	10	0,1%
53907-70-3	2,2,4-trimethyl-4-penten-1-ol,	9	0,1%
1471-03-0	3-propoxy-1-propene,	9	0,1%
21460-36-6	1-(2-propenyloxy)- 2-propanol	8	0,1%
74367-34-3	2-methyl- 3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester acide propanoïque	7	0,1%
900143-83-9	S-3,4-dimethylpentanol	3	0,1%

Résumé des différents essais

Contrairement aux trois autres produits qui ont été appliqués sur l'évier de la cuisine, le produit ADOQ-20 a été pulvérisé sur les vitres de cette même pièce. Deux essais lui ont été consacrés, l'un sans ozone et l'autre avec. Ainsi, puisqu'il s'agit d'un nettoyant pour vitres, un chiffon a été employé pour l'appliquer. La masse totale de produit utilisée a été déterminée. Il est à noter que cette masse est différente pour les deux journées.

Tableau 37 : Résumé des deux essais mettant en jeu le produit ADOQ-20.

	01/02/2011	10/02/2011
Ozone (μg m ⁻³)	~ 1	~ 80
Masse produit utilisée (g)	23 (16 appl.)	16 (9 appl.)
Limonène fond (μg m ⁻³)	18	5
Limonène max formé (μg m ⁻³)	18	5
Masse particules fond (μg m ⁻³)	32	25
Masse particules formée (μg m ⁻³)	60	44
Nombre particules fond (particules cm ⁻³)	6600	6000
Nombre particules formé (particules cm ⁻³)	23400	7700

Quelle que soit les conditions d'essai, avec ou sans ozone, les niveaux de fond en limonène n'augmentent pas. Les données en chambre d'émission corroborent cette observation dans la mesure où les niveaux mesurés en limonène ont été faibles, de l'ordre de quelques $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Contrairement aux trois produits précédents, le nombre de particules mesurées suite à l'emploi du produit n'augmente pas en présence d'ozone par rapport à l'essai sans ozone. Notons également que l'augmentation en nombre des particules est plus importante lors de l'essai sans ozone. Ces observations suggèrent une origine primaire pour les augmentations en nombre et en masse observées le 01 février aussi bien pour la journée sans que pour la journée avec ozone.

Synthèse des résultats d'analyse chimique, SMPS, APS et AMS

Deux phénomènes de nucléations peuvent être observés avec et sans ozone, alors même que les concentrations en limonène sont faibles (Figure 37, Figure 38). Cette observation suggère d'une part l'émission d'un autre précurseur par le produit ménager et d'autre part une autre voie réactionnelle que l'ozonolyse.

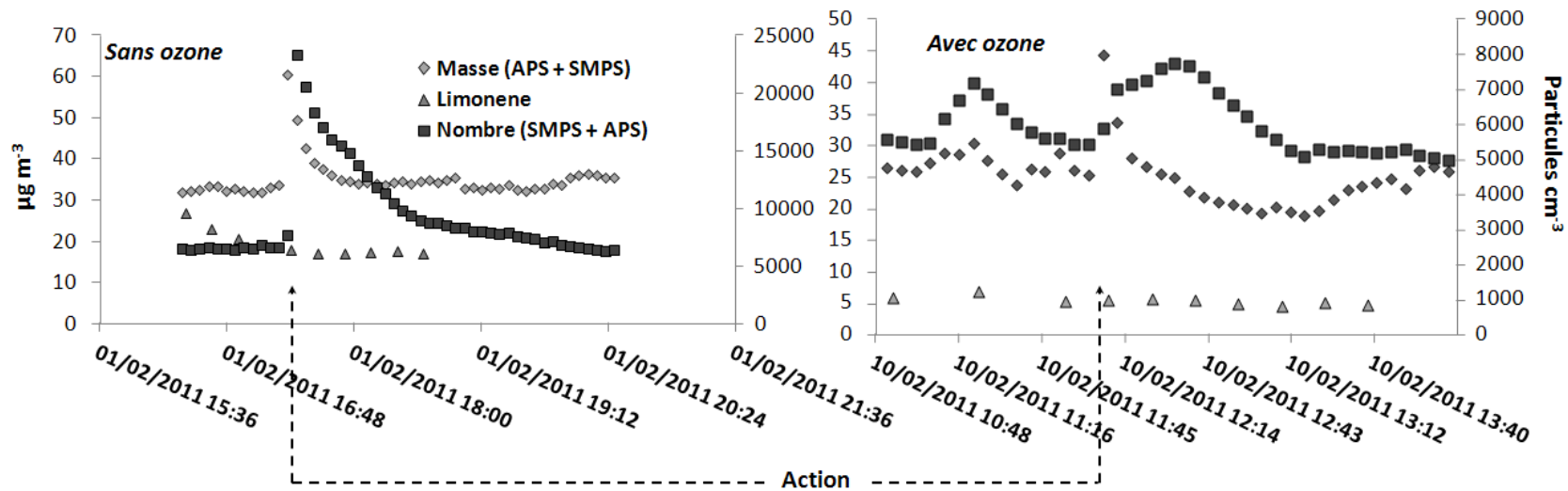


Figure 37 : Evolution des concentrations en limonène et des particules en nombre et en masse pour la journée du 01/02/11 (à gauche) et du 10/02/11 (à droite)

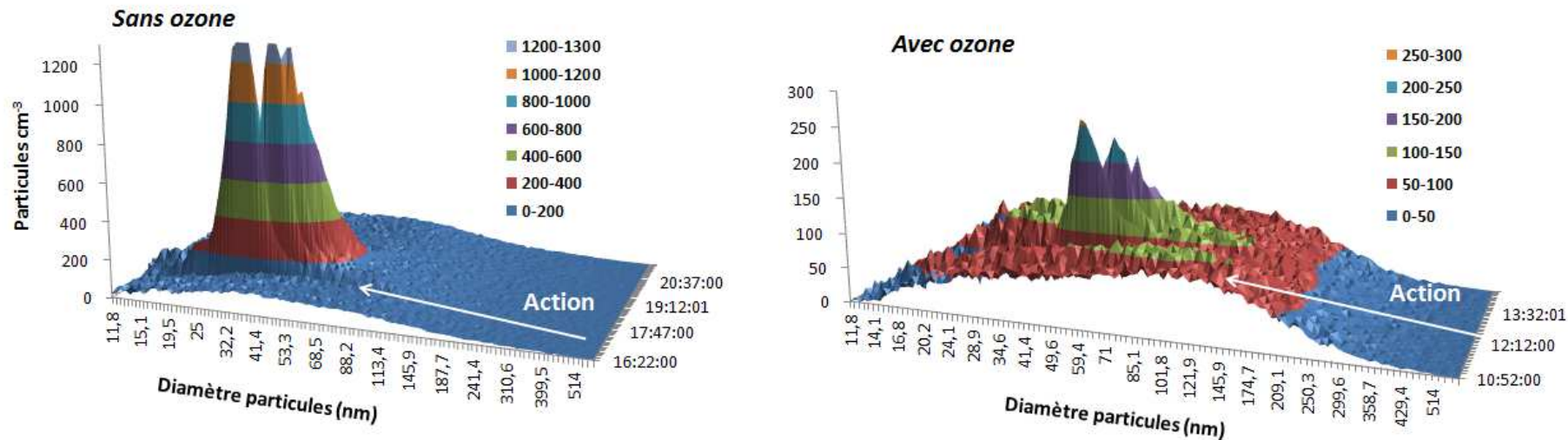

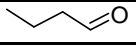
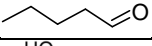
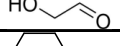
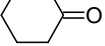
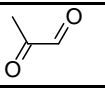
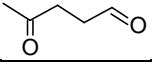
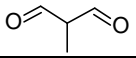


Figure 38 : Distribution granulométrique des particules mesurées le 01 (à gauche) et le 10/02/2011 (à droite) lors de l'emploi du produit ADOQ-20.

Tableau 38 : Quantification des composés carbonylés en phase particulaire au moment de l'utilisation du produit ménager et variation par rapport au bruit de fond pour le 10/02/11.

	Structure	Phase gazeuse	
		Concentration (ng.m ⁻³)	Variation (ng.m ⁻³ ou %)
2 butanone		58 ± 9	-
butanal		39 ± 2	-
valeraldehyde		20 ± 2	-
glycolaldehyde		3812 ± 290	1097
cyclohexanone		592 ± 84	-34
methylglyoxal		460 ± 280	400
4-oxopentanal		355 ± 35	200
2-methylpropandial		3314 ± 2400	1280

Contrairement à ce qui a pu être observé précédemment lors de l'emploi des trois autres produits, aucun composé spécifiquement issu de l'oxydation du limonène tel le limonaldéhyde ou la cétolimonène n'a pu être détecté. L'analyse des émissions du produit ADOQ-20 ne montre en effet aucun composé insaturé susceptible de réagir avec l'ozone et de former des AOS.

Ceci va dans le sens des deux hypothèses énoncées précédemment : un autre précurseur que le limonène est émis et une autre voie réactionnelle que l'ozonolyse entre en jeu.

En ce qui concerne les composés hydroxylés, seul le 1-butoxy-2-propanol, composé primaire contenu dans le produit ménager, peut être détecté de manière significative lors de l'emploi de l'ADOQ-20, ses concentrations augmentant d'une centaine de µg m⁻³ après l'emploi du produit.

L'analyse de la phase particulaire ne montre que très peu de différences entre les mesures réalisées avant l'action et celle réalisées à partir de l'utilisation du produit. Trois ou quatre pics correspondant à une même masse et donc potentiellement isomères, émergent lorsque les chromatogrammes « avant » et « action » sont comparés. Ce composé n'a jamais été identifié auparavant et ne correspond à aucun des composés dans nos bases de données. Il est néanmoins possible de supposer, sur la base de son spectre de masse, qu'il s'agit d'un composé présentant une longue chaîne aliphatique d'une dizaine de carbones, une fonction ester. Il s'agirait donc d'un composé d'origine primaire.

La Figure 39 présente ainsi l'évolution des particules entre 50 et 1000 nm selon leur composition (organique, nitrate, sulfate, ammonium, eau) pour le produit ADOQ-20 analysé le 10 février observée par l'AMS. Bien qu'il y ait un changement négligeable avant et après l'action, on remarque tout de même une légère augmentation de la concentration des composés organiques et de l'eau quelques minutes après le début de l'action à 12h09. Au contraire, la concentration des sulfates et de l'ammonium, provenant très probablement de l'air extérieur, évolue peu pendant l'action.

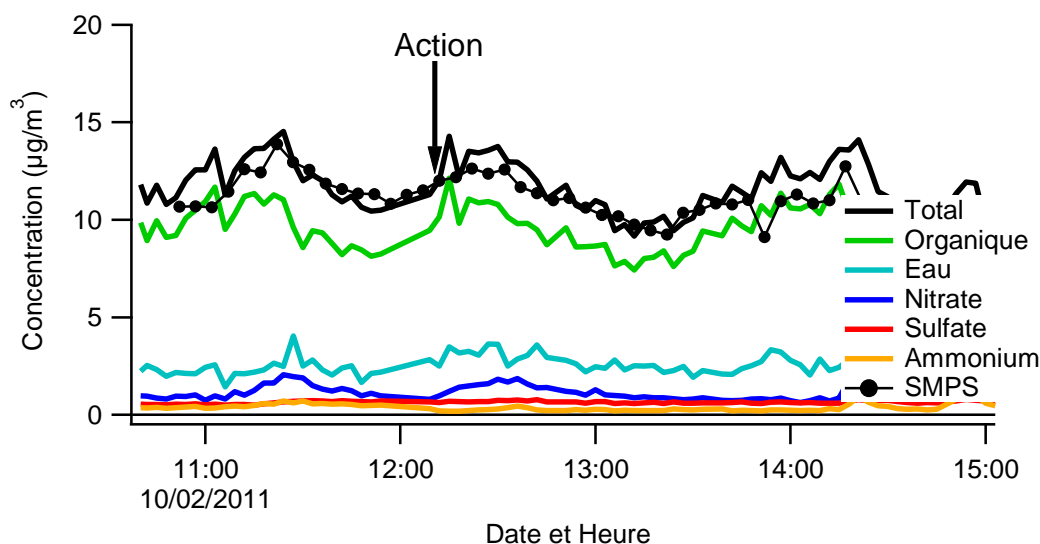


Figure 39: Produit ADOQ-20 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (10/02/2011). Evolution dans le temps de la fraction particulaire (diamètre 40-1000nm) de l'organique (vert), du nitrate (bleu), du sulfate (rouge), de l'ammonium (jaune), de l'eau (turquoise) et comparaison avec la masse des particules obtenue par le SMPS (diamètre 10-600 nm et densité 1,2 g/cm^3).

Seul un nombre limité de fragments caractéristiques du produit ADOQ-20 ont pu être déterminés suite à la comparaison entre les spectres des particules avant et pendant l'action (Figure 40, Tableau 39). En effet, l'émission limitée de particules pendant l'action ne permet pas d'associer de façon certaine d'autres fragments à l'utilisation de ce produit.

La concentration de ces fragments augmente rapidement, bien que faiblement, dès l'application du produit ADOQ-20 et ce pendant environ 15 minutes puis diminue lentement (Figure 41). Ce phénomène peut indiquer que la source de ces fragments est plutôt un phénomène physique, en d'autres termes, que ces fragments sont issus d'émission de particules primaires.

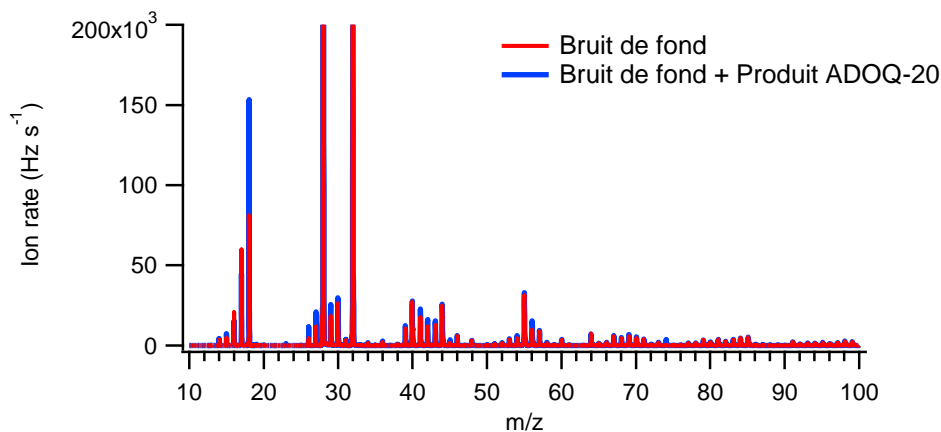


Figure 40 : Produit ADOQ-20 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (10 février) - Superposition des spectres de masse de la fraction particulaire avant l'action (en rouge) et pendant l'action (en bleu).

Tableau 39 : Classement des principaux ions fragments caractéristiques du produit ADOQ-20 et tentative d'assignation.

m/z	Ion fragment
15,012	NH ⁺
18,010	H ₂ O ⁺
26,014	C ₂ H ₂ ⁺
27,021	C ₂ H ₃ ⁺
29,003	CHO ⁺
30,042	C ₂ H ₆ ⁺
40,032	C ₃ H ₄ ⁺
41,037	C ₃ H ₅ ⁺
44,030	C ₂ H ₄ O ⁺
54,043	C ₄ H ₆ ⁺
56,033	C ₃ H ₄ O ⁺
67,048	C ₅ H ₇ ⁺
74,019	C ₂ H ₄ NO ₂ ^{++*}
118,051	C ₄ H ₈ NO ₃ ^{++*}

* Tentative d'assignation

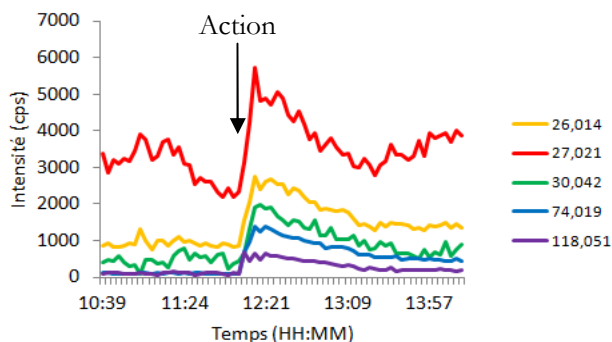


Figure 41 : Produit ADOQ-20 analysé par AMS à 35eV en présence d'ozone (10/02/2011) - Evolution dans le temps de certains fragments.

L'AMS permet aussi d'obtenir la distribution en taille des particules analysées : la Figure 42a et la Figure 42b représentent la distribution en taille à deux périodes différentes de l'analyse du produit ADOQ-20 en présence d'ozone (analyse du 10/02/2011).

L'intégration du signal PTOF (« particule time-of-flight ») sur des temps inférieurs à une heure produit des courbes très bruitées, en raison de la très petite quantité de particules analysée dans ce mode d'acquisition. Néanmoins l'application du produit ADOQ-20 engendre la formation de particules de diamètres compris entre 100 et 330 nm. L'augmentation relativement faible observée sur la Figure 42a) et la Figure 42b) est cohérente avec la faible augmentation observée le 10/02/2011 (nombre de particules formées : 7700 particules cm⁻³).

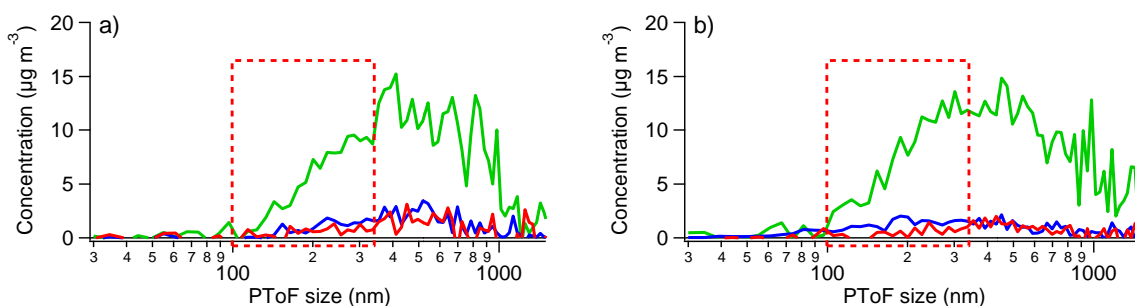


Figure 42 : Distribution en taille du produit ADOQ-20 en fonction de la composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge), (a) : avant l'application du produit (intégration entre 10h27 et 10h54), (b) : pendant l'action (intégration entre 11h09 et 11h36).

Les spectres de masse obtenus à partir du signal PTOF (Figure 43), permettent d'étudier la composition des particules avant (fond de particules) et pendant l'action en fonction de leur taille. En comparant les particules les plus fines avant et pendant l'action (Figure 43a et c), on remarque que les mêmes fragments sont présents mais que leur distribution est modifiée suite à l'action. Ceci est cohérent avec l'observation faite précédemment : de nouvelles particules de diamètres compris entre 100 et 330 nm sont formées suite à l'application du produit ADOQ-20 (Figure 42).

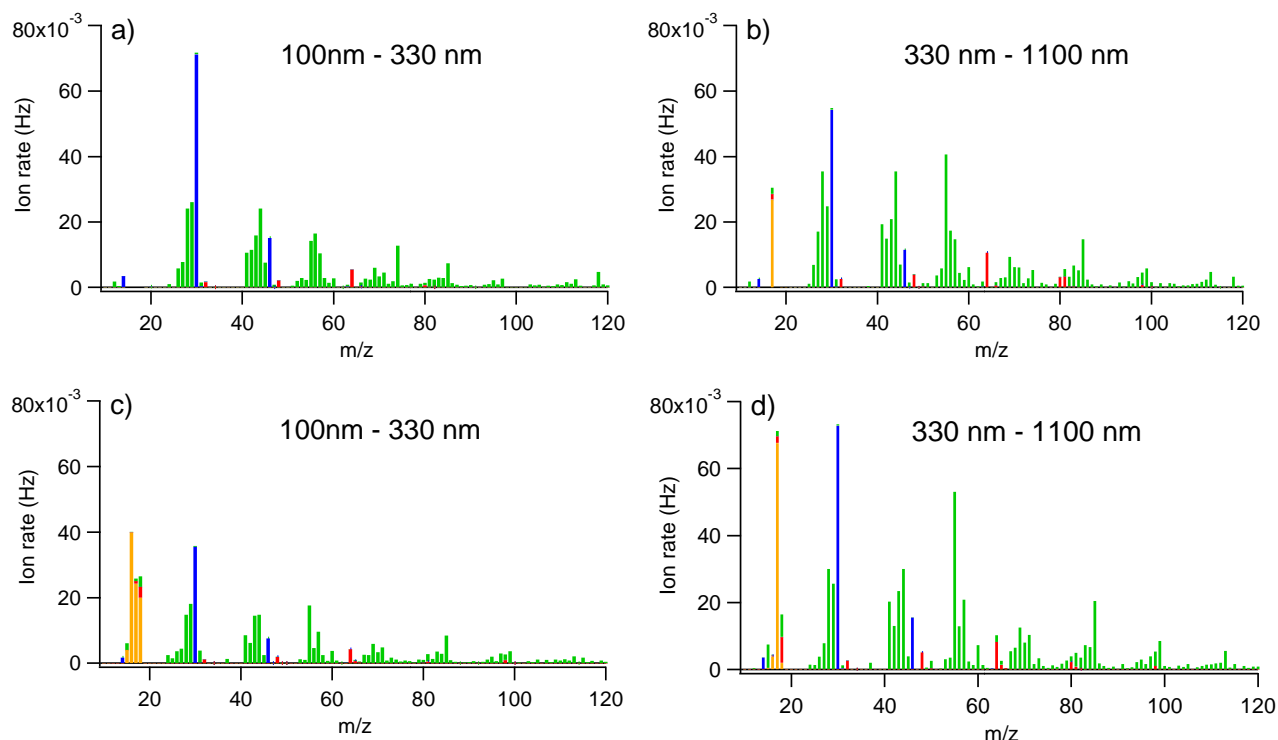


Figure 43 : Composition (organiques : vert, nitrates : bleu, sulfates : rouge, ammonium : jaune) des particules émises lors de l'utilisation du produit ADOQ-20 en fonction de leur gamme de taille : de 100 à 330 nm (a) et de 330 à 1100 nm (b) - Comparaison avec le fond de particules, avant l'utilisation du produit ADOQ-20 : de 100 à 330 nm (c) et de 330 à 1100 nm (d).

Par contre, bien que la concentration en particules de diamètres supérieur à 330 nm semble stable pendant l'action (Figure 40), la distribution des fragments correspondants est elle aussi modifiée suite à l'application du produit (Figure 40b et d). L'utilisation du produit ADOQ-20 change donc la composition organique des particules de diamètre compris entre 330 et 1100 nm.

Le rapport oxygène/carbone (O/C) évolue peu pendant l'action, ce qui est cohérent avec la faible émission de particules lors de l'application du produit ADOQ-20.

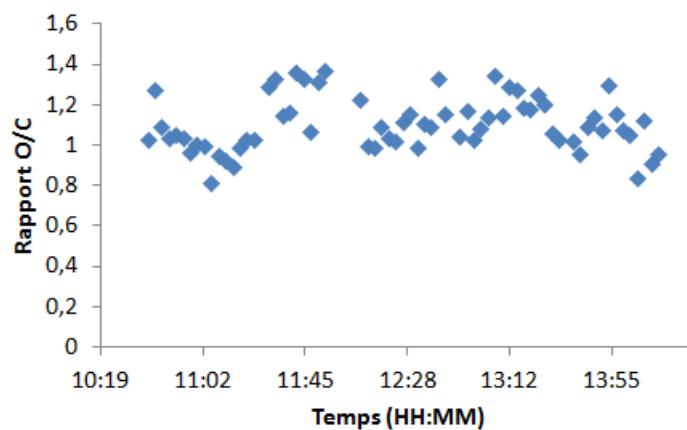


Figure 44 : Evolution du rapport O/C (atomique) lors de l'analyse AMS à 35eV du produit ADOQ-20 en présence d'ozone (10/02/2011).

5. Conclusions

Sur l'ensemble des produits ménagers employés lors des essais dans la maison MARIA, quatre avaient été sélectionnés pour faire l'objet d'étude plus poussée sur la base d'analyses chimiques des composés oxygénés en phase gazeuse et particulaire et du suivi en continu du degré d'oxydation de la matière organique par AMS.

Pour les produits ADOQ-53 et 50 dont l'utilisation était suspectée d'être à l'origine de la formation d'AOS, l'identification de traceur de l'ozonolyse du limonène ainsi que l'augmentation de fines particules d'origine organique successivement à l'emploi des produits ménagers a confirmé cette hypothèse.

Pour les produits ADOQ-39 et 20, pour lesquels la distinction entre aérosol primaire et aérosol secondaire était moins évidente, la combinaison des analyses chimiques et des suivis AMS a permis de confirmer la formation d'AOS issue de l'ozonolyse du limonène dans le cas d'ADOQ-39 et de supposer l'existence d'autres voies de réactionnelles pour la formation d'AOS dans le cas d'ADOQ-20.

L'analyse du produit ADOQ-53 ainsi que les données AMS ont mis en évidence la présence d'amines qui pourrait expliquer les phénomènes de nucléation en l'absence d'ozone lors des essais de la phase 3. Les amines ont une forte affinité protonique (souvent supérieure à celle de l'ammoniac) et en présence de traces gazeuses d'acide (inorganique ou/et organique) forment très rapidement un sel d'amine en phase condensée. Ainsi, la mise en œuvre combinée des deux techniques analytiques, différentes et complémentaires que sont les analyses sur filtre d'une part et le suivi en continu par AMS d'autre part, a permis de caractériser les phénomènes d'émission et de formation de particules en lien avec l'emploi de produits ménagers. Or, ce suivi en continu permet de discriminer les émissions de particules qui paraissent être d'origine primaires liées directement à l'emploi du produit ménager, des formations secondaires liées aux phénomènes de réactivité. La spéciation chimique quant à elle permet de confirmer la nature secondaire de ces formations, d'identifier les produits traceurs de la réactivité et les précurseurs.

La quantification des produits d'oxydation permet également d'estimer la part de l'AOS sur la masse totale de particules auxquels les personnes faisant l'action sont exposées, part faible, de l'ordre d'une vingtaine de pourcent dans le cas du produit ADOQ-53 par exemple.

Les nouvelles particules formées sont en effet de petite taille et participent peu à la masse totale, gouvernée par les particules de taille supérieure à $1 \mu\text{m}$. Il n'en demeure pas moins que l'augmentation du nombre de particules de petite taille, inférieures à 100 nm, est important d'un point de vue sanitaire. En effet, alors que de nombreuses études épidémiologiques basées sur la mesure en masse des particules et plus particulièrement des $\text{PM}_{2.5}$ et PM_{10} ont démontré le lien entre l'exposition à ces PM et l'augmentation de la mortalité et de la morbidité (Polichetti et al., 2010; Pope III, 1996; Pope III and Dockery, 2006), un nombre grandissant de travaux suggère que la santé est d'autant plus affectée par les particules inférieures à 100 nm qui peuvent atteindre les alvéoles et même passer directement dans le sang (Delfino et al., 2005; Englert, 2004) dont la détermination du nombre et de la composition chimique est de ce fait un enjeu sanitaire majeur. La distribution granulométrique des particules dans l'air ambiant fait d'ailleurs l'objet actuellement de travaux de normalisation.

De plus, ces nouvelles particules peuvent jouer le rôle de noyau de condensation pour des composés primaires émis en phase gazeuse successivement à l'emploi du produit ménager. Ces composés comme le DPGME ou le 1-butoxypropanol se retrouvent alors en phase particulaire. Le fait de les retrouver en phase particulaire représente alors une potentielle nouvelle voie d'exposition.

Rappelons que l'originalité de cette étude réside en l'organisation d'essais en conditions réelles d'utilisation de produits ménagers. Elle a mis en évidence la formation de particules secondaires liée à l'emploi de ce type de produits et par conséquent de l'exposition des personnes réalisant l'action. Elle a également mis en valeur la formation de composés dont les effets sur la santé ne sont plus à démontrer tel que le formaldéhyde, certains comme le méthylglyoxal et le 4-oxopentanal pour lesquels des effets sont suspectés (Anderson et al., 2010; Anderson et al., 2007) mais également d'autres composés dont les effets sur la santé sont encore méconnus qu'ils soient présents en phase gazeuse ou en phase particulaire.

Elle met en effet en évidence la présence de composés oxygénés potentiellement toxiques tels le diméthylglyoxal ou le 4-oxopentanal, dans les deux phases et suggère ainsi l'importance de considérer les deux voies d'exposition.

V. Valorisation, livrables et perspectives

Une méthodologie d'évaluation des émissions chimiques des produits de grande consommation

Le travail réalisé dans le cadre de ce projet permet de proposer une méthodologie d'évaluation des émissions chimiques des produits ménagers inspirée des normes ISO en vigueur et de proposer des traceurs spécifiques en vue d'un étiquetage de ces produits. L'évaluation des émissions des produits ménagers en chambre d'essai de petit volume implique de respecter **un scénario spécifique d'utilisation du produit** exprimé en quantité de produit à utiliser par unité de surface nettoyée. Cette donnée est nécessaire à la conduite d'essais en conditions réalistes.

Notons que l'étiquetage peut être réalisé sur la base d'essai en chambre d'émission comme proposé ici mais également sur la base de la composition du produit ménager ou en atmosphère réelle. Cette question se pose également dans le cadre d'autres projets en cours sur le sujet et en particulier du projet européen EPHECT. La piste privilégiée reste néanmoins les essais en chambre d'émission car plus facile à normaliser et à mettre en œuvre que les essais en atmosphère réelle, et plus représentatif que la simple analyse de composition.

Ce travail a fait l'objet du rapport de stage de Marianne FERNANDEZ. De plus, une communication lors la conférence Indoor Air 2011 (Nicolas et al., 2011) a été effectuée. Enfin, un article de revue est en cours de rédaction (Nicolas et al., 2012).

Une base de données d'émissions de produits ménagers et de concentrations en air intérieur

Les mesures effectuées en chambre d'essai d'émission permettent de disposer d'un nombre important de données d'émissions pour 54 produits ménagers couramment rencontrés et d'alimenter des bases de données existantes ou en définir une nouvelle spécifique aux produits ménagers.

Ainsi, elles pourront alimenter la base de données BUMAC issue du projet de recherche EPHECT (Emissions, Exposure Patterns and Health Effects of Consumer Products in the EU) visant à identifier et quantifier les polluants majoritaires de l'air intérieur, mais également les polluants émergents, émis par les produits de grande consommation couramment utilisés en Europe et à en évaluer les risques associés. Cette base de données résulte de la combinaison de la base de données BUMA sur les matériaux de construction (BUilding MAterial data base) et la base de données EPHECT sur les produits de grande consommation.

De même, dans le cadre de l'appel à projet ERA-ENVHEALTH (Air pollution in urban areas – health impacts on vulnerable groups under changing conditions), l'INERIS est intégré au projet HEALTHIMPROFE (Abating HEALTH Impacts on vulnerable Populations undeR changing cOnditions resulting From policy rEcommendations) dont l'un des objectifs est de prévoir les évolutions historiques et projections futures d'émissions et de la qualité de l'air. Les résultats d'ADOQ apporteront des données sur les émissions de COV et aldéhydes des produits de grande consommation mais également des niveaux de concentrations en air intérieur en COV aldéhydes et PM_{2,5} en lien avec l'emploi de ces produits ménagers

Ce travail permettra également **d'identifier les substances majoritairement émises**, faciliter la **classification des produits ménagers** en fonction des niveaux d'exposition qu'ils génèrent et fera l'objet de la mise à jour du rapport préliminaire en vue de l'étiquetage des produits de grande consommation visant à les classer en fonction des expositions dans l'air intérieur, demandé par le MEDDE à l'INERIS (Larbre et al., 2011)

Ce travail a fait l'objet du rapport de stage de Chafika RIOUCH. Une communication a également été réalisée lors de la conférence Indoor Air (Nicolle et al., 2011).

Une base de données d'émissions de produits ménagers et de concentrations en air intérieur pour alimenter la modélisation

L'ensemble des données issues du projet, aussi bien les données de composition des produits ménagers que d'émission ou de concentration en air ambiant, pourront alimenter les modèles destinés à évaluer l'exposition des utilisateurs et estimer un risque sanitaire.

Par exemple, le groupe de travail « Targeted Risk Assessment » (TRA) a été mis en place en 2003 afin de développer un outil d'estimation des expositions et des risques liés à l'utilisation de produits chimiques pour les travailleurs, les consommateurs et l'environnement⁴. La deuxième version de l'outil est disponible depuis 2010

sous forme de feuilles de calcul Excel pour chaque type de cibles². L'outil ECETOC TRA (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Targeted Risk Assessment) fournit une estimation peu précise et majorante (pire-cas raisonnable) des expositions à partir de peu d'information sur le produit et son utilisation. Il est recommandé pour l'élaboration des dossiers d'enregistrement dans le cadre du Règlement REACH.

De même, ConsExpo³ (Consumer Exposure) est un logiciel développé par le RIVM (l'Institut National pour la Santé Publique et l'Environnement - Pays-Bas). Le RIVM a intégré un ensemble de modèles mathématiques dans le logiciel ConsExpo, permettant d'évaluer l'exposition des consommateurs à différentes substances contenues dans des produits. ConsExpo présente des scénarii d'exposition par défaut pour plusieurs types de produits, dont les produits ménagers. Ce logiciel, également recommandé pour l'élaboration des dossiers d'enregistrement dans le cadre du Règlement REACH, est un modèle plus complexe et plus précis que l'outil de screening TRA.

Les données d'ADOQ seront utilisées par l'INERIS dans le cadre de ses travaux d'appui au MEDDE (Larbre et al., 2011). Dans ce contexte, des scénarii d'utilisation seront établis et, sur la base des facteurs d'émissions, des données de la composition des produits ou des concentrations en air ambiant, des **concentrations d'exposition** pourront être calculées afin de **hiérarchiser les catégories, les formes et les substances à surveiller en vue d'un futur étiquetage. Ce travail de hiérarchisation devra s'appuyer sur un travail de revue des données toxicologique disponibles.** En effet, pour la plupart des composés identifiés comme majoritairement émis, peu de données existent..

Enfin, des calculs préliminaires ont été réalisés par l'INERIS, toujours dans le cadre de ses travaux d'appui au Ministère de l'Environnement, avec le **modèle monozone IH-mode**. Pour rappel, le modèle monozone permet de modéliser l'évolution de concentration dans une pièce sous l'hypothèse que la concentration issue des rejets gazeux est rendue très rapidement homogène au sein du volume. Ce modèle simple permet d'avoir rapidement une estimation des niveaux de concentration. Par contre, il ne tient pas compte de la dynamique du rejet ni des caractéristiques de la pièce (ce travail fera l'objet d'un rapport en fin d'année 2012).

Une base de données d'émissions de produits ménagers pour alimenter les évaluations de risque sanitaire

Pour les substances pour lesquels il existe des VTR, sur la base des concentrations mesurées en condition réelle, des **évaluations de risque sanitaire** seront réalisées.

Les données d'émissions et de concentrations produites pourront être utilisées dans une évaluation des risques sanitaires, comparable aux évaluations faites dans le cadre de la réglementation REACH. Les données disponibles restant limitées au regard du nombre de produits existants et des substances émises, et des variabilités des conditions d'utilisation et d'exposition, l'évaluation restera indicative. Elle permettra néanmoins de hiérarchiser les substances et les types de produits et d'utilisations en fonction des risques potentiels respectifs. Elle sera ainsi utile pour orienter les travaux futurs et, le cas échéant, les actions de prévention (étiquetage et information des consommateurs notamment).

Des éléments de compréhension de la formation de produits secondaires en air intérieur

Il est important de rappeler que toute l'originalité du projet ADOQ réside en l'organisation d'essais en conditions réelles d'utilisation de produits ménagers.

Il a permis de mettre en évidence, dans ces conditions, **la formation de particules secondaires** liée à l'emploi de ce type de produits et par conséquent de l'exposition des personnes réalisant l'action. Elle a également mis en valeur la formation de composés dont les effets sur la santé ne sont plus à démontrer tel que le **formaldéhyde, certains comme le méthylglyoxal et le 4-oxopentanal** pour lesquels des effets sont suspectés mais également d'autres composés dont les effets sur la santé sont encore méconnus qu'ils soient présents en phase gazeuse ou en phase particulaire. Elle identifie en effet la présence de composés oxygénés potentiellement toxiques tels le diméthylglyoxal ou le 4-oxopentanal, dans les deux phases et suggère ainsi l'importance de considérer les deux voies d'exposition.

Cette étude renseigne les niveaux de PM en masse et en nombre, de fond et générés par l'emploi de produits ménagers et donne accès à une caractérisation chimique poussée des phases gazeuses et particulaires. Elle constitue ainsi **l'étude la plus complète**, à notre connaissance, sur **la réactivité du limonène** en air intérieur,

² <http://www.ecetoc.org/tra>

³ <http://www.rivm.nl/en/healthanddisease/productsafety/ConsExpo.jsp>

en condition réelle. Ce travail a fait l'objet de deux présentations orales, l'une à l'IAAC 2010 (Rossignol et al., 2010), l'autre à l'EAC 2011 (Rossignol et al., 2011) ainsi que d'un article publié dans *Pollution Atmosphérique* (Chiappini et al., 2012b) et d'un article soumis à *Atmospheric Environment* (Rossignol et al., 2012).

Un travail de **prédiction de la toxicité** des composés identifiés dans les deux phases sera réalisé par modélisation (**QSAR**, Quantitative Structure Activity Relationship). Ce travail, intégré au stage de Claire Greuillet, a fait l'objet d'une communication orale à la conférence *Healthy Buildings 2012* (Chiappini et al., 2012a).

Des recommandations pour les fabricants et le consommateur

Le travail de hiérarchisation des substances présentées au préalable devrait permettre d'établir des recommandations dans un premier temps, dans l'attente d'un futur étiquetage afin de limiter les composés irritants et potentiellement réactifs et par conséquent, source de particules ultrafines tel le limonène.

Des recommandations utilisateur peuvent également être énoncées en complément du guide OQAI telles que :

- Eviter de réaliser des actions ménagères en plein pic de pollution (concentration en ozone maximale) et de grosse chaleur (la température augmente les émissions) ;
- Aérer pendant l'activité de ménage et après ;
- Utiliser avec beaucoup de précautions l'eau de javel et préférer des périodes de non présence à la maison ;
- Rincer la surface nettoyée autant que possible après utilisation du produit ménager afin de limiter les émissions de COV qui peuvent se poursuivre même plusieurs dizaines de minutes après l'application.

Perspectives

Lors de travaux futurs sur les émissions des produits d'entretien, il serait intéressant de faire les scénarii d'utilisation pour un même produit afin d'évaluer des différences d'émission et ainsi fournir des recommandations d'utilisation pertinentes et précises.

De plus, l'étude de l'influence de la température sur les émissions des produits et sur la réactivité devrait être investiguée afin, entre autre, d'évaluer l'effet combiné d'une augmentation de température, d'humidité relative, et d'ozone. L'impact des changements climatiques sur les émissions des produits de construction fait l'objet de travaux ISIAQ ; il serait intéressant d'élargir les recherches aux autres sources de pollution dans l'air intérieur, et notamment les produits de grande consommation.

Ce travail ouvre également la voie à une exploration des émissions de produits de grande consommation en élargissant l'évaluation des émissions à une gamme de produits étudiés plus vaste (cosmétiques, textiles, literie.....) et à des familles de composés mesurés plus large (phtalates, retardateurs de flammes, composés organiques secondaires nitrés et soufrés.....).

Liste des publications et communications

- ROSSIGNOL S., RIO C., USTACHE A., FABLE S., NICOLLE J., MEME A., D'ANNA B., NICOLAS M., LEOZ E., CHIAPPINI L. *The use of a housecleaning product in an indoor environment leading to oxygenated polar compounds and SOA formation: gas and particulate phase chemical characterization*. Accepté pour publication dans Atmospheric Environment, 2013.
- MEME A., NICOLAS M., CHIAPPINI L., RIO C., NICOLLE J., ROSSIGNOL S., D'ANNA B. *Household products and indoor air quality: emission, reactivity and by-products in both gaseous and particulate phases*. European Aerosol Conference, Prague, 2013.
- ROSSIGNOL S., CHIAPPINI L., PERRAUDIN E., RIO C., FABLE S., VALORSO R., DOUSSIN JF.. *Development of a parallel sampling and analysis method for the elucidation of gas/particle partitioning of oxygenated semi-volatile organics: a limonene ozonolysis study*. Atmospheric Measurement Techniques, 5, 1459–1489, 2012.
- CHIAPPINI L., ROSSIGNOL S., RIO C., USTACHE A. FABLE S., NICOLLE J., NICOLAS M. *Formation d'aérosols organiques secondaires en air intérieur : le rôle des produits ménagers*. Pollution Atmosphérique n°213-214, 99-106, 2012.
- CHIAPPINI L., ROSSIGNOL S., MOMBELLI E., GREUILLET C., NICOLLE J., NICOLAS M., USTACHE A., RIO C. *SOA formation study from limonene ozonolysis in indoor environment: gas and particulate phases chemical characterization and toxicity prediction*. Healthy Buildings International Conference, Brisbane, 2012.
- NICOLAS M., NICOLLE J., FERNANDEZ M., CHIAPPINI L., D'ANNA B., MAUPETIT F. *ADOQ- Characterization of VOCs and Aldehydes emissions from household products*. Indoor Air International Conference, Austin – Texas, 2011.
- NICOLLE J., CHIAPPINI L., FABLE S., GEORGE C., D'ANNA B., MAUPETIT F. NICOLAS M., *Field studies on the impact of domestic activities on indoor air quality*. Indoor Air International Conference, Austin – Texas, 2011.
- ROSSIGNOL S., CHIAPPINI L., RIO C., GREUILLET C., PERRAUDIN E., DOUSSIN JF. *Study of SOA formation from limonene ozonolysis in indoor environments: a new approach involving simultaneous investigation of gas and particulate phases molecular composition*. European Aerosol Conference, Manchester, 2011.
- ROSSIGNOL S., CHIAPPINI L., PERRAUDIN E., DOUSSIN JF. *Simultaneous study of gas phase and secondary organic*. International Aerosol Conference, Helsinki, 2010.
- NICOLLE J., NICOLAS M., FERNANDEZ M., CHIAPPINI L., FABLE S., GEORGE C., D'ANNA B. *ADOQ- Activités domestiques et qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires*. Bulletin RSEIN, 2010.
- NICOLLE J., NICOLAS M., FERNANDEZ M., CHIAPPINI L., FABLE S., GEORGE C., D'ANNA B. *ADOQ- Activités domestiques et qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires*. Journées RSEIN, Lille, 2010.
- CHIAPPINI L.; ROSSIGNOL S., FABLE S., *Formation d'aérosols organiques secondaires (AOS) en lien avec l'utilisation de produits ménagers*, Journées RSEIN, Lille, 2010.
- Thèse Stéphanie ROSSIGNOL : Développement d'une méthode de prélèvement simultané et d'analyse chimique des phases gazeuse et particulaire atmosphériques pour une approche multiphasique de l'aérosol organique secondaire, Université Paris VII, Soutenue le 10 avril 2012.
- Stage Chafika RIOUCH : « Evaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation des produits d'entretien dans les espaces clos », CSTB, 7 mars – 2 septembre 2011.
- Stage Claire GREUILLET : « Etude de la formation d'Aérosols Organiques Secondaires (AOS) en lien avec l'emploi de produits d'entretien en air intérieur », INERIS, 1^{er} septembre 2010 – 31 octobre 2011.
- Stage Marianne FERNANDEZ : « Impact des activités domestiques sur la qualité de l'air intérieur : Identification des composés organiques volatils de plusieurs produits d'entretien », CSTB, 12 avril – 30 juillet 2010.

Bibliographie

- AFFSET (2006, 2009). Composés organiques volatils et environnements intérieurs. Procédure de qualification des émissions de composés organiques volatils par les matériaux de construction et produits de décoration. <http://www.afsset.fr>
- 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".
- AFNOR (2011). "NF ISO 16000-3 :Air intérieur – Partie 3 : Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés – Méthode par échantillonnage actif. "
- AFNOR (2005). "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/FID".
- Anderson, S. E., L. G. Jackson, et al. (2010). "Evaluation of Dicarbonyls Generated in a Simulated Indoor Air Environment Using an In Vitro Exposure System." *Toxicologica Science*. 115: 453-461.
- Anderson, S. E., J. R. Wells, et al. (2007). "Evaluation of the Contact and Respiratory Sensitization Potential of Volatile Organic Compounds Generated by Simulated Indoor Air Chemistry." *Toxicologica Science*. 97 355-363.
- Baduel, C., M. E. Monge, et al. (2011). "Oxidation of Atmospheric Humic Like Substances by Ozone: A Kinetic and Structural Analysis Approach." *Environmental Science & Technology* 45(12): 5238-5244.
- Baltensberger, U., J. Dommen, et al. (2008). "Combined determination of the chemical composition and of health effects of secondary organic aerosols: The POLYSOA project." *Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery* 21(1): 145-154.
- BEUC (2005). Bureau Européen des Consommateurs, Emissions of Chemicals by Air Fresheners, Tests on 74 Consumer Products sold in Europe, 54pp.
- Bekanntmachung des Umweltbundesamtes. (2010). Richtwerte für monocyclische monoterpene (Leitsubstanz d-Limonen) in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsbl*, 53, 1206-1215.
- Bonn, B., G. Schuster, et al. (2002). "Influence of Water Vapor on the Process of New Particle Formation during Monoterpene Ozonolysis." *The Journal of Physical Chemistry A* 106(12): 2869-2881.
- Chiappini, L., R. Dagnelie, et al. (2009). Multi-tool formaldehyde measurements in simulated and real atmosphere for indoor air monitoring. *Air Quality - Science and application, Istanbul*.
- Chiappini L., Rossignol S., Monbelli E., Grueillet C., Nicolle J. and Nicolas M., (2012a). Study of SOAs formation from limonene ozonolysis in indoor environment: gas and particulate phases chemical characterization and toxicity prediction. *Healthy Buildings Conference, Brisbane, Australia July 2012*.
- Chiappini L., Rossignol S., Rio C., Ustache A., Fable S., Nicolle J. and Nicolas M., (2012b). Formation d'aérosols organiques secondaires en air intérieur : le rôle des produits ménagers. *Pollution Atmosphérique* 212-213, 99-106.
- Cocker III, D. R., S. L. Clegg, et al. (2001). "The effect of water on gas particle partitioning of secondary organic aerosol. Part I: α -pinene/ozonolysis system." *Atmospheric Environment* 35(35): 6049-6072.
- CREDOC (2009). "Les Français et les risques sanitaires associés aux produits ménagers et de soins du corps."
- Delfino, R. J., C. Sioutas, et al. (2005). "Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health." *Environmental Health Perspective* 113: 934-946.
- Destailats, H., Lunden MM, e al. (2006). "Indoor secondary pollutants from household products emissions in presence of ozone. A bench-scale chambre study". *Environmental Science and technology*, 40, 4421-4428.
- Destailats, H., R. L. Maddalena, et al. (2008). "Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs." *Atmospheric Environment* 42(7): 1371-1388.
- Directive 2008/50/CE (2008). "Directive 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe."
- Englert, N. (2004). "Fine particles and human health-a review of epidemiological studies." *Toxicology Letters* 149: 235-242.
- Finlayson-Pitts, B. J. and J. N. Pitts (2000). Upper and lower atmosphere. Theory, experiment and applications. *Academic Press, San Diego, CA*.

- Gao, S., N. L. Ng, et al. (2004). "Particle Phase Acidity and Oligomer Formation in Secondary Organic Aerosol." Environmental Science & Technology 38(24): 6582-6589.
- Hallquist, M., Wenger, J. C., et al. (2009). "The formation, properties and impact of organic aerosol: current and emerging issues." Atmospheric Chemistry and Physics Discussion 9: 3555-3762.
- Hubbard, H. F., B. K. Coleman, et al. (2005). "Effects of an ozone-generating air purifier on indoor secondary particles in three residential dwellings." Indoor Air 15: 432-444.
- IARC (2004). "Overall evaluation of carcinogenicity to humans, formaldehyde (50-00-0)." The IARC monographs series 88(International Agency for Research on Cancer, Lyon, France).
- Jang, M., S. Lee, et al. (2003). "Organic aerosol growth by acid-catalyzed heterogeneous reactions of octanal in a flow reactor." Atmospheric Environment 37(15): 2125-2138.
- Kroll, J. H., N. L. Ng, et al. (2005). "Chamber Studies of Secondary Organic Aerosol Growth by Reactive Uptake of Simple Carbonyl Compounds." Journal of Geophysical Research-Atmospheres 110: D23.
- Kwon, K.-D., W.-K. Jo, et al. (2007). "Characterization of emissions composition for selected household products available in Korea." Journal of Hazardous Materials 148(1-2): 192-198.
- Lai, H. K., M. Kendall, et al. (2004). "Personal exposures and microenvironment concentrations of PM_{2.5}, VOC, NO₂ and CO in Oxford, UK." Atmospheric Environment 38(37): 6399-6410.
- Larbre J., Grammont V., Meve H. and Boudet C., 2011. Rapport préliminaire en vue de l'étiquetage des produits de grande consommation: Classement en fonction des expositions dans l'air intérieur. Rapport pour le MEDDE (N° INERIS-DRC-10-109458-04047B)
- Matson, U. (2005). "Indoor and outdoor concentrations of ultrafine particles in some Scandinavian rural and urban areas." Science of The Total Environment 343(1-3): 169-176.
- Maupetit, F. (2002). "Ozone et environnements intérieurs." Projet de définition Primequal: <http://www.primequal.fr/files/doc/e1fc4a183fd180e182ac.pdf>.
- Maupetit, F. and Squinazzi F. (2009). "Caractérisation des émissions de benzène et de formaldéhyde lors de la combustion d'encens et de bougies intérieures: élaboration de scénarios d'exposition et conseils d'utilisation." Environnement, Risques & Santé 8: 1-10.
- Müller, M., George, C., and D'Anna, B. "Enhanced Spectral Analysis of C-TOF Aerosol Mass Spectrometer Data: Iterative Residual Analysis and Cumulative Peak Fitting". International Journal of Mass Spectrometry, 306, 1, 1-8.
- Nawrot, T. S., R. Torfs, et al. (2007). "Stronger associations between daily mortality and fine particulate air pollution in summer than in winter: evidence from a heavily polluted region in western Europe." Journal of Epidemiology and Community Health 61: 146-149.
- Nazaroff, W. W. and C. J. Weschler (2004). "Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants." Atmospheric Environment 38: 2841-2865.
- 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.
- Nicolas, M., Ramalho O., et al. (2007). "Reactions between ozone and building products: Impact on primary and secondary emissions." Atmospheric Environment 41: 3129-3138.
- Nicolas M., J. Nicolle, et al. (2011). ADOQ- Characterization of VOCs and Aldehydes emissions from household products. Indoor Air International Conference, Austin – Texas.
- Nicolle, J., L. Chiappini, et al. (2011). "Field studies on the impact of domestic activities on indoor air quality." Indoor Air International Conference, Austin – Texas.
- Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (2006). "Campagne de surveillance nationale sur la qualité de l'air intérieur dans les logements français." <http://www.oqai.fr>
- Odum, J. R., T. Hoffmann, et al. (1996). "Gas/phase partitioning and secondary organic aerosol yields." Environmental Science and Technology 30: 2580-2585.
- Polichetti, G., S. Cocco, et al. (2010). "Effects of Particulate Matter (PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁) on the Cardiovascular System." Toxicology In Press, Accepted Manuscript.
- Pope III, C. A. (1996). "Advers effects of air pollutants in a non smoking population." Toxicology 111: 149-155.
- Pope III, C. A. and D. W. Dockery (2006). "Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect." J Air Waste Manag Assoc 56: 709-742.
- REACH (2012). "REACH: Exposure Scenarios for Fragrance Substances". IFRA Operations. <http://www.ifraorg.org/>

- Rastogi, S. C. (2002). "Contents of selected fragrance materials in cleaning products and other consumer products. Report Danish Ministry of the Environment, Environmental Protection Agency (EPA). Survey of Chemicals in Consumer Products, No 8.
- Ribéron, J. and P. O'Kelly (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
- Rossignol, S., L. Chiappini, et al. (2012). "Development of parallel sampling and analysis for the elucidation of gas/particle partitioning of oxygenated semi-volatile organics: a limonene ozonolysis study." Atmospheric measurement technique.
- Rossignol, S., L. Chiappini, et al. (2011). "Study of SOA formation from limonene ozonolysis in indoor environments: a new approach involving simultaneous investigation of gas and particulate phases molecular composition." European Aerosol conference(Manchester, September 4-9th).
- Rossignol S., Chiappini L., Perraudin E. and Doussin J.F., 2010. study of gas phase and secondary organic aerosols' chemical composition. International Aerosol Conference (IAC) Helsinki, Finland.
- Rossignol S., Rio C., Greuillet C., Ustache A., Nicolas M. and Chiappini L., 2012. Study of SOAs formation from the ozonolysis of limonene emitted by housecleaning product in indoor environment: gas and particulate phases chemical characterization. *Sousmis à Atmospheric Environment.*
- Sarwar, G. and R. Corsi (2007). "The effect of ozone/limonene reactions in indoor secondary organic aerosols." Atmospheric Environment 41: 959-973.
- SCHER (2007). "Opinion on risk assessment on indoor air quality." (http://ec.europa.eu/health/ph_risk/risk_en.htm).
- Singer, B. C., B. K. Coleman, et al. (2006). "Indoor secondary pollutants from cleaning product and air freshener use in the presence of ozone." Atmospheric Environment 40(35): 6696-6710.
- Singer, B. C., H. Destailats, et al. (2006). "Cleaning products and air fresheners: emissions and resulting concentrations of glycol ethers and terpenoids." Indoor Air 16: 179-191.
- Solal, C., Rousselle C., et al. (2008). VOCs and formaldehyde emissions from cleaning products and air fresheners. Indoor Air Conference, Copenhagen, Denmark.
- Tamas, G., C. J. Weschler, et al. (2006). "Influence of ozone-limonene reactions on perceived air quality." Indoor Air 16: 168-178.
- Tobias, H. J., K. S. Docherty, et al. (2000). "Effect of Relative Humidity on the Chemical Composition of Secondary Organic Aerosol Formed from Reactions of 1-Tetradecene and O₃." Environmental Science & Technology 34(11): 2116-2125.
- Uhde, E. and T. Salthammer (2007). "Impact of reaction products from building materials and furnishing indoor air quality - a review of recent advances in indoor chemistry." Atmospheric Environment 41: 3111-3128.
- US-EPA (2003). "Volatile Organic Compounds in various sample matrices using equilibrium headspace analysis." Method 5021A.
- Wainman, T., J. Zhang, et al. (2000). "Ozone and limonene in indoor air: a source of submicron particle exposure." Environmental Health Perspectives 108: 1139-1145.
- Waring, M. S., J. R. Wells, et al. "Secondary organic aerosol formation from ozone reactions with single terpenoids and terpenoid mixtures." Atmospheric Environment 45(25): 4235-4242.
- Weschler, C. J. "Chemistry in indoor environments: 20 years of research." Indoor Air 21(3): 205-218.
- Weschler, C. J. (2006). "Ozone's impact on public health: contribution from indoor exposures to ozone and products of ozone-initiated chemistry." Indoor Air 114: 1489-1496.
- Weschler, C. J. (2009). "Changes in indoor pollutants since the 1950s." Atmospheric Environment 43(1): 153-169.
- Wiedensohler, A., W. Birmili, et al. (2012). "Mobility particle size spectrometers: harmonization of technical standards and data structure to facilitate high quality long-term observations of atmospheric particle number size distributions." Atmospheric measurement technique 5: 657-685.
- Wolkoff, P., P. A. Clausen, et al. (2008). "Acute airway effects of ozone-initiated d-limonene chemistry: Importance of gaseous products." Toxicology Letters 181(3): 171-176.
- Zhang, Q. and C. Anastasio (2003). "Conversion of Fogwater and Aerosol Organic Nitrogen to Ammonium, Nitrate, and NO_x during Exposure to Simulated Sunlight and Ozone." Environmental Science & Technology 37(16): 3522-3530.

Zhu, L. and J. Wang (2003). "Sources and patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons pollution in kitchen air, China." Chemosphere 50: 611-618.

Annexes

A. Facteurs d'émissions surfaciques et massiques des 54 produits testés en chambre d'essai d'émission

Aldéhydes et cétones par HPLC

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-1	50-00-0	formaldehyde	34,9	10,0	8,8	2,5
ADOQ-1	108-62-3	acetaldehyde	6,1	1,3	1,5	0,3
ADOQ-1	67-64-1	acetone	17,4	8,6	4,4	2,2
ADOQ-1	107-02-8	acroleine	0,0	0,7	0,0	0,2
ADOQ-1	123-38-6	propionaldehyde	1,8	3,6	0,5	0,9
ADOQ-1	4170-30-3	crotonaldehyde	1,1	0,1	0,3	0,0
ADOQ-1	123-72-8	butyraldehyde	0,7	0,3	0,2	0,1
ADOQ-1	100-52-7	benzaldehyde	0,5	0,2	0,1	0,1
ADOQ-1	590-86-3	isovaleraldehyde	0,5	0,0	0,1	0,0
ADOQ-1	70-62-3	valeraldehyde	2,2	1,2	0,6	0,3
ADOQ-1	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-1	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,8	0,0	0,2
ADOQ-1	66-25-1	hexaldehyde	2,9	1,3	0,7	0,3
ADOQ-2	50-00-0	formaldehyde	35,5	9,7	8,3	2,3
ADOQ-2	108-62-3	acetaldehyde	5,3	1,3	1,3	0,3
ADOQ-2	67-64-1	acetone	15,6	4,5	3,7	1,1
ADOQ-2	107-02-8	acroleine	0,3	0,0	0,1	0,0
ADOQ-2	123-38-6	propionaldehyde	2,7	0,6	0,6	0,1
ADOQ-2	4170-30-3	crotonaldehyde	1,7	0,5	0,4	0,1
ADOQ-2	123-72-8	butyraldehyde	0,7	0,2	0,2	0,0
ADOQ-2	100-52-7	benzaldehyde	1,5	0,0	0,4	0,0
ADOQ-2	590-86-3	isovaleraldehyde	0,4	0,2	0,1	0,0
ADOQ-2	70-62-3	valeraldehyde	0,7	0,2	0,2	0,0
ADOQ-2	529-20-4	o-tolualdehyde	0,2	0,1	0,0	0,0
ADOQ-2	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-2	66-25-1	hexaldehyde	1,9	0,0	0,4	0,0
ADOQ-3	50-00-0	formaldehyde	25,1	7,7	10,2	3,1
ADOQ-3	108-62-3	acetaldehyde	4,7	1,3	1,9	0,5
ADOQ-3	67-64-1	acetone	16,8	4,1	6,8	1,7
ADOQ-3	107-02-8	acroleine	0,0	1,1	0,0	0,4
ADOQ-3	123-38-6	propionaldehyde	1,8	0,0	0,7	0,0
ADOQ-3	4170-30-3	crotonaldehyde	5,4	1,1	2,2	0,5
ADOQ-3	123-72-8	butyraldehyde	0,5	0,0	0,2	0,0
ADOQ-3	100-52-7	benzaldehyde	1,1	0,0	0,5	0,0
ADOQ-3	590-86-3	isovaleraldehyde	0,6	0,0	0,2	0,0
ADOQ-3	70-62-3	valeraldehyde	1,4	0,0	0,6	0,0
ADOQ-3	529-20-4	o-tolualdehyde	0,3	1,1	0,1	0,5
ADOQ-3	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,4	0,0	0,2
ADOQ-3	66-25-1	hexaldehyde	2,4	0,6	1,0	0,2
ADOQ-4	50-00-0	formaldehyde	16,5	3,8	3,8	0,9
ADOQ-4	108-62-3	acetaldehyde	13,0	5,6	3,0	1,3
ADOQ-4	67-64-1	acetone	11,8	3,1	2,7	0,7
ADOQ-4	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-4	123-38-6	propionaldehyde	3,9	0,7	0,9	0,1
ADOQ-4	4170-30-3	crotonaldehyde	2,0	0,0	0,5	0,0
ADOQ-4	123-72-8	butyraldehyde	0,7	0,0	0,2	0,0
ADOQ-4	100-52-7	benzaldehyde	156,1	42,5	35,6	9,7
ADOQ-4	590-86-3	isovaleraldehyde	1,2	0,4	0,3	0,1
ADOQ-4	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,4	0,0	0,1

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-4	529-20-4	o-tolualdehyde	0,7	0,6	0,2	0,1
ADOQ-4	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,8	1,7	0,6	0,4
ADOQ-4	66-25-1	hexaldehyde	1,6	0,1	0,4	0,0
ADOQ-5	50-00-0	formaldehyde	30,2	7,5	11,7	2,9
ADOQ-5	108-62-3	acetaldehyde	3,3	0,4	1,3	0,2
ADOQ-5	67-64-1	acetone	14,0	5,0	5,4	2,0
ADOQ-5	107-02-8	acroleine	0,0	0,1	0,0	0,0
ADOQ-5	123-38-6	propionaldehyde	1,9	0,7	0,8	0,3
ADOQ-5	4170-30-3	crotonaldehyde	0,3	0,0	0,1	0,0
ADOQ-5	123-72-8	butyraldehyde	0,2	0,0	0,1	0,0
ADOQ-5	100-52-7	benzaldehyde	2,9	0,9	1,1	0,4
ADOQ-5	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,1	0,0	0,0
ADOQ-5	70-62-3	valeraldehyde	0,1	1,0	0,0	0,4
ADOQ-5	529-20-4	o-tolualdehyde	1,6	3,4	0,6	1,3
ADOQ-5	620-23-5	m/p-tolualdehyde	6,2	4,0	2,4	1,6
ADOQ-5	66-25-1	hexaldehyde	1,2	0,4	0,5	0,2
ADOQ-6	50-00-0	formaldehyde	351,1	314,6	218,9	196,1
ADOQ-6	108-62-3	acetaldehyde	66,3	27,7	41,4	17,3
ADOQ-6	67-64-1	acetone	20,2	3,3	12,6	2,0
ADOQ-6	107-02-8	acroleine	7,3	1,6	4,6	1,0
ADOQ-6	123-38-6	propionaldehyde	27,4	16,8	17,1	10,5
ADOQ-6	4170-30-3	crotonaldehyde	13,6	7,4	8,5	4,6
ADOQ-6	123-72-8	butyraldehyde	17,6	1,2	10,9	0,7
ADOQ-6	100-52-7	benzaldehyde	18,8	54,8	11,7	34,2
ADOQ-6	590-86-3	isovaleraldehyde	5,8	4,4	3,6	2,8
ADOQ-6	70-62-3	valeraldehyde	2,1	0,9	1,3	0,6
ADOQ-6	529-20-4	o-tolualdehyde	3,0	2,9	1,9	1,8
ADOQ-6	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,8	1,4	1,8	0,9
ADOQ-6	66-25-1	hexaldehyde	5,3	0,2	3,3	0,1
ADOQ-7	50-00-0	formaldehyde	57,2	36,7	29,6	19,0
ADOQ-7	108-62-3	acetaldehyde	68,7	32,0	35,5	16,5
ADOQ-7	67-64-1	acetone	25,0	6,4	12,9	3,3
ADOQ-7	107-02-8	acroleine	11,1	1,6	5,7	0,8
ADOQ-7	123-38-6	propionaldehyde	37,7	24,0	19,5	12,4
ADOQ-7	4170-30-3	crotonaldehyde	2,2	2,0	1,1	1,0
ADOQ-7	123-72-8	butyraldehyde	7,4	2,5	3,8	1,3
ADOQ-7	100-52-7	benzaldehyde	0,6	37,5	0,3	19,4
ADOQ-7	590-86-3	isovaleraldehyde	5,4	4,2	2,8	2,2
ADOQ-7	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,8	0,0	0,4
ADOQ-7	529-20-4	o-tolualdehyde	2,6	3,6	1,4	1,9
ADOQ-7	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,0	3,1	1,0	1,6
ADOQ-7	66-25-1	hexaldehyde	2,3	1,7	1,2	0,9
ADOQ-8	50-00-0	formaldehyde	405,3	615,7	188,5	286,4
ADOQ-8	108-62-3	acetaldehyde	17,7	91,3	8,2	42,5
ADOQ-8	67-64-1	acetone	1,7	6,2	0,8	2,9
ADOQ-8	107-02-8	acroleine	14,5	3,9	6,8	1,8
ADOQ-8	123-38-6	propionaldehyde	39,2	39,3	18,2	18,3
ADOQ-8	4170-30-3	crotonaldehyde	10,0	11,0	4,6	5,1
ADOQ-8	123-72-8	butyraldehyde	40,7	19,7	18,9	9,2
ADOQ-8	100-52-7	benzaldehyde	12,8	34,9	5,9	16,3
ADOQ-8	590-86-3	isovaleraldehyde	4,0	3,5	1,9	1,6
ADOQ-8	70-62-3	valeraldehyde	0,5	1,0	0,2	0,5
ADOQ-8	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,2	0,0	0,1
ADOQ-8	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	1,0	0,0	0,5

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-8	66-25-1	hexaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-9	50-00-0	formaldehyde	35,1	13,2	4,2	1,6
ADOQ-9	108-62-3	acetaldehyde	11,9	8,4	1,4	1,0
ADOQ-9	67-64-1	acetone	19,1	6,7	2,3	0,8
ADOQ-9	107-02-8	acroleine	0,1	0,0	0,0	0,0
ADOQ-9	123-38-6	propionaldehyde	10,9	6,2	1,3	0,7
ADOQ-9	4170-30-3	crotonaldehyde	1,5	1,1	0,2	0,1
ADOQ-9	123-72-8	butyraldehyde	0,0	0,5	0,0	0,1
ADOQ-9	100-52-7	benzaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-9	590-86-3	isovaleraldehyde	1,2	1,5	0,1	0,2
ADOQ-9	70-62-3	valeraldehyde	0,2	0,9	0,0	0,1
ADOQ-9	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-9	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,3	0,0	0,0	0,0
ADOQ-9	66-25-1	hexaldehyde	0,0	0,7	0,0	0,1
ADOQ-10	50-00-0	formaldehyde	13,6	22,4	5,5	9,0
ADOQ-10	108-62-3	acetaldehyde	0,0	62,7	0,0	25,2
ADOQ-10	67-64-1	acetone	18,3	14,1	7,3	5,7
ADOQ-10	107-02-8	acroleine	0,2	6,4	0,1	2,6
ADOQ-10	123-38-6	propionaldehyde	7,8	37,1	3,2	14,9
ADOQ-10	4170-30-3	crotonaldehyde	5,8	1,8	2,3	0,7
ADOQ-10	123-72-8	butyraldehyde	17,5	3,2	7,0	1,3
ADOQ-10	100-52-7	benzaldehyde	0,4	0,0	0,1	0,0
ADOQ-10	590-86-3	isovaleraldehyde	1,7	2,4	0,7	1,0
ADOQ-10	70-62-3	valeraldehyde	0,0	1,3	0,0	0,5
ADOQ-10	529-20-4	o-tolualdehyde	0,5	0,1	0,2	0,0
ADOQ-10	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,6	1,2	0,3	0,5
ADOQ-10	66-25-1	hexaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-11	50-00-0	formaldehyde	6,3	1,6	2,1	0,5
ADOQ-11	108-62-3	acetaldehyde	2,4	0,8	0,8	0,3
ADOQ-11	67-64-1	acetone	5,6	3,1	1,9	1,0
ADOQ-11	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-11	123-38-6	propionaldehyde	12,0	2,7	4,0	0,9
ADOQ-11	4170-30-3	crotonaldehyde	0,2	0,0	0,1	0,0
ADOQ-11	123-72-8	butyraldehyde	0,1	0,0	0,0	0,0
ADOQ-11	100-52-7	benzaldehyde	0,2	0,2	0,1	0,1
ADOQ-11	590-86-3	isovaleraldehyde	1,1	0,3	0,4	0,1
ADOQ-11	70-62-3	valeraldehyde	0,8	0,0	0,3	0,0
ADOQ-11	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,2	0,0	0,1
ADOQ-11	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,2	0,0	0,1
ADOQ-11	66-25-1	hexaldehyde	0,5	0,0	0,2	0,0
ADOQ-12	50-00-0	formaldehyde	6,5	2,0	1,7	0,5
ADOQ-12	108-62-3	acetaldehyde	2,3	0,9	0,6	0,2
ADOQ-12	67-64-1	acetone	7,0	2,7	1,8	0,7
ADOQ-12	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-12	123-38-6	propionaldehyde	1,1	0,0	0,3	0,0
ADOQ-12	4170-30-3	crotonaldehyde	0,2	0,1	0,1	0,0
ADOQ-12	123-72-8	butyraldehyde	0,2	0,2	0,0	0,1
ADOQ-12	100-52-7	benzaldehyde	0,1	0,0	0,0	0,0
ADOQ-12	590-86-3	isovaleraldehyde	0,6	0,1	0,2	0,0
ADOQ-12	70-62-3	valeraldehyde	0,3	1,0	0,1	0,3
ADOQ-12	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,3	0,0	0,1
ADOQ-12	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,7	0,6	0,2	0,2
ADOQ-12	66-25-1	hexaldehyde	0,6	0,7	0,2	0,2
ADOQ-13	50-00-0	formaldehyde	4,8	1,6	0,9	0,3

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-13	108-62-3	acetaldehyde	1,9	0,7	0,4	0,1
ADOQ-13	67-64-1	acetone	9,1	3,1	1,8	0,6
ADOQ-13	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-13	123-38-6	propionaldehyde	0,3	4,1	0,1	0,8
ADOQ-13	4170-30-3	crotonaldehyde	0,2	0,1	0,0	0,0
ADOQ-13	123-72-8	butyraldehyde	0,3	0,2	0,1	0,0
ADOQ-13	100-52-7	benzaldehyde	0,8	0,0	0,2	0,0
ADOQ-13	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,1	0,0	0,0
ADOQ-13	70-62-3	valeraldehyde	0,3	0,2	0,1	0,0
ADOQ-13	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	2,3	0,0	0,4
ADOQ-13	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-13	66-25-1	hexaldehyde	1,8	0,1	0,3	0,0
ADOQ-14	50-00-0	formaldehyde	0,8	0,4	0,1	0,0
ADOQ-14	108-62-3	acetaldehyde	4,2	1,4	0,5	0,2
ADOQ-14	67-64-1	acetone	4,7	1,7	0,5	0,2
ADOQ-14	107-02-8	acroleine	0,4	0,0	0,0	0,0
ADOQ-14	123-38-6	propionaldehyde	0,3	0,7	0,0	0,1
ADOQ-14	4170-30-3	crotonaldehyde	0,6	0,1	0,1	0,0
ADOQ-14	123-72-8	butyraldehyde	0,0	0,1	0,0	0,0
ADOQ-14	100-52-7	benzaldehyde	0,9	0,3	0,1	0,0
ADOQ-14	590-86-3	isovaleraldehyde	0,6	0,2	0,1	0,0
ADOQ-14	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-14	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-14	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-14	66-25-1	hexaldehyde	1,3	1,3	0,1	0,1
ADOQ-15	50-00-0	formaldehyde	6,4	3,9	0,8	0,5
ADOQ-15	108-62-3	acetaldehyde	9,0	3,5	1,2	0,4
ADOQ-15	67-64-1	acetone	6,3	2,0	0,8	0,3
ADOQ-15	107-02-8	acroleine	0,7	0,0	0,1	0,0
ADOQ-15	123-38-6	propionaldehyde	1,8	0,3	0,2	0,0
ADOQ-15	4170-30-3	crotonaldehyde	1,0	0,3	0,1	0,0
ADOQ-15	123-72-8	butyraldehyde	0,3	0,4	0,0	0,1
ADOQ-15	100-52-7	benzaldehyde	0,8	0,4	0,1	0,1
ADOQ-15	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,1	0,0	0,0
ADOQ-15	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,5	0,0	0,1
ADOQ-15	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-15	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,4	1,0	0,0	0,1
ADOQ-15	66-25-1	hexaldehyde	0,8	0,0	0,1	0,0
ADOQ-16	50-00-0	formaldehyde	8,1	4,3	2,4	1,2
ADOQ-16	108-62-3	acetaldehyde	2,9	2,4	0,9	0,7
ADOQ-16	67-64-1	acetone	5,8	6,2	1,7	1,8
ADOQ-16	107-02-8	acroleine	0,1	0,1	0,0	0,0
ADOQ-16	123-38-6	propionaldehyde	0,3	0,3	0,1	0,1
ADOQ-16	4170-30-3	crotonaldehyde	0,0	0,1	0,0	0,0
ADOQ-16	123-72-8	butyraldehyde	0,5	0,4	0,1	0,1
ADOQ-16	100-52-7	benzaldehyde	5,9	3,0	1,7	0,9
ADOQ-16	590-86-3	isovaleraldehyde	0,1	1,0	0,0	0,3
ADOQ-16	70-62-3	valeraldehyde	0,1	0,3	0,0	0,1
ADOQ-16	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-16	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-16	66-25-1	hexaldehyde	0,7	0,4	0,2	0,1
ADOQ-17	50-00-0	formaldehyde	15,7	5,8	5,2	1,9
ADOQ-17	108-62-3	acetaldehyde	7,6	2,5	2,5	0,8
ADOQ-17	67-64-1	acetone	20,8	8,1	6,9	2,7

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-17	107-02-8	acroleine	0,5	0,0	0,2	0,0
ADOQ-17	123-38-6	propionaldehyde	17,6	2,5	5,9	0,8
ADOQ-17	4170-30-3	crotonaldehyde	0,5	2,3	0,2	0,8
ADOQ-17	123-72-8	butyraldehyde	1,3	0,6	0,4	0,2
ADOQ-17	100-52-7	benzaldehyde	6,3	4,4	2,1	1,5
ADOQ-17	590-86-3	isovaleraldehyde	1,3	0,3	0,4	0,1
ADOQ-17	70-62-3	valeraldehyde	3,1	0,8	1,0	0,3
ADOQ-17	529-20-4	o-tolualdehyde	1,5	0,0	0,5	0,0
ADOQ-17	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-17	66-25-1	hexaldehyde	2,2	0,2	0,7	0,1
ADOQ-18	50-00-0	formaldehyde	28,8	8,2	7,2	2,1
ADOQ-18	108-62-3	acetaldehyde	6,9	2,6	1,7	0,6
ADOQ-18	67-64-1	acetone	14,2	9,7	3,6	2,5
ADOQ-18	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-18	123-38-6	propionaldehyde	2,9	1,7	0,7	0,4
ADOQ-18	4170-30-3	crotonaldehyde	1,5	0,4	0,4	0,1
ADOQ-18	123-72-8	butyraldehyde	6,6	0,5	1,7	0,1
ADOQ-18	100-52-7	benzaldehyde	6,9	2,6	1,7	0,7
ADOQ-18	590-86-3	isovaleraldehyde	0,4	0,1	0,1	0,0
ADOQ-18	70-62-3	valeraldehyde	1,1	0,9	0,3	0,2
ADOQ-18	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-18	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,6	0,0	0,1	0,0
ADOQ-18	66-25-1	hexaldehyde	1,0	0,3	0,2	0,1
ADOQ-19	50-00-0	formaldehyde	38,0	9,9	11,8	3,1
ADOQ-19	108-62-3	acetaldehyde	7,9	2,6	2,4	0,8
ADOQ-19	67-64-1	acetone	16,3	5,5	5,1	1,7
ADOQ-19	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-19	123-38-6	propionaldehyde	0,9	0,1	0,3	0,0
ADOQ-19	4170-30-3	crotonaldehyde	0,7	0,2	0,2	0,1
ADOQ-19	123-72-8	butyraldehyde	0,8	0,2	0,2	0,1
ADOQ-19	100-52-7	benzaldehyde	0,6	0,1	0,2	0,0
ADOQ-19	590-86-3	isovaleraldehyde	0,4	0,0	0,1	0,0
ADOQ-19	70-62-3	valeraldehyde	0,5	0,0	0,2	0,0
ADOQ-19	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-19	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,9	0,3	0,3	0,1
ADOQ-19	66-25-1	hexaldehyde	1,6	0,3	0,5	0,1
ADOQ-20	50-00-0	formaldehyde	18,6	3,8	9,3	1,9
ADOQ-20	108-62-3	acetaldehyde	5,3	0,6	2,7	0,3
ADOQ-20	67-64-1	acetone	13,2	1,3	6,7	0,6
ADOQ-20	107-02-8	acroleine	0,1	0,2	0,0	0,1
ADOQ-20	123-38-6	propionaldehyde	2,1	0,7	1,0	0,4
ADOQ-20	4170-30-3	crotonaldehyde	0,8	0,0	0,4	0,0
ADOQ-20	123-72-8	butyraldehyde	0,6	0,1	0,3	0,0
ADOQ-20	100-52-7	benzaldehyde	0,3	0,0	0,1	0,0
ADOQ-20	590-86-3	isovaleraldehyde	0,1	0,0	0,0	0,0
ADOQ-20	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-20	529-20-4	o-tolualdehyde	0,3	0,0	0,1	0,0
ADOQ-20	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,4	0,0	0,2	0,0
ADOQ-20	66-25-1	hexaldehyde	1,5	0,0	0,7	0,0
ADOQ-21	50-00-0	formaldehyde	13,2	3,5	6,0	1,6
ADOQ-21	108-62-3	acetaldehyde	5,5	1,5	2,5	0,7
ADOQ-21	67-64-1	acetone	10,3	5,0	4,7	2,2
ADOQ-21	107-02-8	acroleine	0,1	0,0	0,0	0,0
ADOQ-21	123-38-6	propionaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-21	4170-30-3	crotonaldehyde	0,5	0,2	0,2	0,1
ADOQ-21	123-72-8	butyraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-21	100-52-7	benzaldehyde	0,0	0,5	0,0	0,2
ADOQ-21	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-21	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-21	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-21	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-21	66-25-1	hexaldehyde	1,5	0,6	0,7	0,3
ADOQ-22	50-00-0	formaldehyde	5,0	12,9	2,7	7,0
ADOQ-22	108-62-3	acetaldehyde	2,4	5,7	1,3	3,1
ADOQ-22	67-64-1	acetone	8,1	12,9	4,4	7,1
ADOQ-22	107-02-8	acroleine	1,5	0,0	0,8	0,0
ADOQ-22	123-38-6	propionaldehyde	0,0	0,5	0,0	0,3
ADOQ-22	4170-30-3	crotonaldehyde	0,3	0,7	0,2	0,4
ADOQ-22	123-72-8	butyraldehyde	0,3	0,0	0,2	0,0
ADOQ-22	100-52-7	benzaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-22	590-86-3	isovaleraldehyde	0,7	0,0	0,4	0,0
ADOQ-22	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-22	529-20-4	o-tolualdehyde	1,3	0,0	0,7	0,0
ADOQ-22	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,4	1,2	1,3	0,6
ADOQ-22	66-25-1	hexaldehyde	1,9	2,8	1,1	1,5
ADOQ-23	50-00-0	formaldehyde	16,8	4,7	9,9	2,8
ADOQ-23	108-62-3	acetaldehyde	5,0	1,1	3,0	0,7
ADOQ-23	67-64-1	acetone	9,5	2,4	5,6	1,4
ADOQ-23	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-23	123-38-6	propionaldehyde	0,4	0,0	0,2	0,0
ADOQ-23	4170-30-3	crotonaldehyde	0,3	0,0	0,2	0,0
ADOQ-23	123-72-8	butyraldehyde	0,3	0,0	0,2	0,0
ADOQ-23	100-52-7	benzaldehyde	0,2	0,1	0,1	0,1
ADOQ-23	590-86-3	isovaleraldehyde	10,9	0,0	6,4	0,0
ADOQ-23	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-23	529-20-4	o-tolualdehyde	1,3	1,6	0,8	1,0
ADOQ-23	620-23-5	m/p-tolualdehyde	1,4	1,2	0,8	0,7
ADOQ-23	66-25-1	hexaldehyde	2,3	0,2	1,3	0,1
ADOQ-24	50-00-0	formaldehyde	11,6	2,7	7,5	1,7
ADOQ-24	108-62-3	acetaldehyde	1,7	0,0	1,1	0,0
ADOQ-24	67-64-1	acetone	5,6	0,0	3,6	0,0
ADOQ-24	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-24	123-38-6	propionaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-24	4170-30-3	crotonaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-24	123-72-8	butyraldehyde	0,5	0,2	0,3	0,1
ADOQ-24	100-52-7	benzaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-24	590-86-3	isovaleraldehyde	0,5	0,2	0,3	0,2
ADOQ-24	70-62-3	valeraldehyde	1,0	0,7	0,6	0,4
ADOQ-24	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-24	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-24	66-25-1	hexaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-25	50-00-0	formaldehyde	17,6	9,9	0,9	0,5
ADOQ-25	108-62-3	acetaldehyde	15,2	6,4	0,8	0,3
ADOQ-25	67-64-1	acetone	23,4	26,9	1,2	1,4
ADOQ-25	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-25	123-38-6	propionaldehyde	36,7	29,5	2,0	1,6
ADOQ-25	4170-30-3	crotonaldehyde	1,4	0,8	0,1	0,0
ADOQ-25	123-72-8	butyraldehyde	0,5	0,0	0,0	0,0

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-25	100-52-7	benzaldehyde	1,2	0,0	0,1	0,0
ADOQ-25	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-25	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-25	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-25	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,1	0,0	0,1	0,0
ADOQ-25	66-25-1	hexaldehyde	3,1	0,0	0,2	0,0
ADOQ-26	50-00-0	formaldehyde	17,5	7,6	1,2	0,5
ADOQ-26	108-62-3	acetaldehyde	5,8	2,4	0,4	0,2
ADOQ-26	67-64-1	acetone	20,5	5,7	1,4	0,4
ADOQ-26	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-26	123-38-6	propionaldehyde	24,7	20,9	1,6	1,4
ADOQ-26	4170-30-3	crotonaldehyde	0,9	0,3	0,1	0,0
ADOQ-26	123-72-8	butyraldehyde	0,6	0,0	0,0	0,0
ADOQ-26	100-52-7	benzaldehyde	0,9	0,2	0,1	0,0
ADOQ-26	590-86-3	isovaleraldehyde	0,3	0,0	0,0	0,0
ADOQ-26	70-62-3	valeraldehyde	1,0	0,0	0,1	0,0
ADOQ-26	529-20-4	o-tolualdehyde	0,6	0,3	0,0	0,0
ADOQ-26	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,8	2,8	0,2	0,2
ADOQ-26	66-25-1	hexaldehyde	1,7	1,2	0,1	0,1
ADOQ-27	50-00-0	formaldehyde	113,9	58,9	5,5	2,9
ADOQ-27	108-62-3	acetaldehyde	4,2	0,2	0,2	0,0
ADOQ-27	67-64-1	acetone	10,7	4,0	0,5	0,2
ADOQ-27	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-27	123-38-6	propionaldehyde	1,0	0,1	0,0	0,0
ADOQ-27	4170-30-3	crotonaldehyde	1,4	0,3	0,1	0,0
ADOQ-27	123-72-8	butyraldehyde	0,4	0,0	0,0	0,0
ADOQ-27	100-52-7	benzaldehyde	181,3	135,5	8,8	6,6
ADOQ-27	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-27	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-27	529-20-4	o-tolualdehyde	1,1	0,0	0,1	0,0
ADOQ-27	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,9	13,7	0,1	0,7
ADOQ-27	66-25-1	hexaldehyde	0,1	0,0	0,0	0,0
ADOQ-28	50-00-0	formaldehyde	20,5	4,5	17,4	3,8
ADOQ-28	108-62-3	acetaldehyde	4,1	0,9	3,5	0,8
ADOQ-28	67-64-1	acetone	9,7	4,4	8,2	3,8
ADOQ-28	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-28	123-38-6	propionaldehyde	1,1	0,6	1,0	0,5
ADOQ-28	4170-30-3	crotonaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-28	123-72-8	butyraldehyde	0,2	0,1	0,2	0,1
ADOQ-28	100-52-7	benzaldehyde	0,1	0,9	0,1	0,8
ADOQ-28	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,4	0,0	0,3
ADOQ-28	70-62-3	valeraldehyde	0,8	1,3	0,6	1,1
ADOQ-28	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-28	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-28	66-25-1	hexaldehyde	0,9	0,0	0,7	0,0
ADOQ-29	50-00-0	formaldehyde	28,3	15,0	13,2	7,0
ADOQ-29	108-62-3	acetaldehyde	10,8	3,4	5,1	1,6
ADOQ-29	67-64-1	acetone	14,6	2,5	6,8	1,2
ADOQ-29	107-02-8	acroleine	1,2	2,0	0,6	0,9
ADOQ-29	123-38-6	propionaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-29	4170-30-3	crotonaldehyde	0,8	0,3	0,4	0,1
ADOQ-29	123-72-8	butyraldehyde	0,5	0,2	0,2	0,1
ADOQ-29	100-52-7	benzaldehyde	0,6	0,4	0,3	0,2
ADOQ-29	590-86-3	isovaleraldehyde	0,4	0,2	0,2	0,1

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-29	70-62-3	valeraldehyde	0,6	0,3	0,3	0,1
ADOQ-29	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-29	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-29	66-25-1	hexaldehyde	2,7	0,2	1,3	0,1
ADOQ-30	50-00-0	formaldehyde	52,0	34,1	5,3	3,5
ADOQ-30	108-62-3	acetaldehyde	9,8	3,2	1,0	0,3
ADOQ-30	67-64-1	acetone	46,8	24,9	4,8	2,5
ADOQ-30	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-30	123-38-6	propionaldehyde	14,8	5,4	1,5	0,6
ADOQ-30	4170-30-3	crotonaldehyde	0,2	0,3	0,0	0,0
ADOQ-30	123-72-8	butyraldehyde	0,9	0,2	0,1	0,0
ADOQ-30	100-52-7	benzaldehyde	1,6	0,8	0,2	0,1
ADOQ-30	590-86-3	isovaleraldehyde	0,3	0,2	0,0	0,0
ADOQ-30	70-62-3	valeraldehyde	15,2	4,0	1,6	0,4
ADOQ-30	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	1,0	0,0	0,1
ADOQ-30	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-30	66-25-1	hexaldehyde	0,9	0,0	0,1	0,0
ADOQ-31	50-00-0	formaldehyde	8,8	1,8	3,3	0,7
ADOQ-31	108-62-3	acetaldehyde	2,3	0,5	0,9	0,2
ADOQ-31	67-64-1	acetone	13,5	4,1	5,1	1,6
ADOQ-31	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-31	123-38-6	propionaldehyde	0,0	0,4	0,0	0,1
ADOQ-31	4170-30-3	crotonaldehyde	0,9	0,0	0,3	0,0
ADOQ-31	123-72-8	butyraldehyde	0,0	0,1	0,0	0,0
ADOQ-31	100-52-7	benzaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-31	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-31	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-31	529-20-4	o-tolualdehyde	1,1	0,0	0,4	0,0
ADOQ-31	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,6	0,8	1,0	0,3
ADOQ-31	66-25-1	hexaldehyde	1,1	0,6	0,4	0,2
ADOQ-32	50-00-0	formaldehyde	25,7	8,1	9,5	3,0
ADOQ-32	108-62-3	acetaldehyde	6,3	2,4	2,3	0,9
ADOQ-32	67-64-1	acetone	41,9	12,9	15,5	4,8
ADOQ-32	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-32	123-38-6	propionaldehyde	1,2	2,1	0,4	0,8
ADOQ-32	4170-30-3	crotonaldehyde	0,6	0,2	0,2	0,1
ADOQ-32	123-72-8	butyraldehyde	0,7	0,3	0,3	0,1
ADOQ-32	100-52-7	benzaldehyde	1,0	0,6	0,4	0,2
ADOQ-32	590-86-3	isovaleraldehyde	0,8	0,7	0,3	0,3
ADOQ-32	70-62-3	valeraldehyde	1,0	0,4	0,4	0,2
ADOQ-32	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	2,4	0,0	0,9
ADOQ-32	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,3	3,7	0,1	1,4
ADOQ-32	66-25-1	hexaldehyde	0,8	0,6	0,3	0,2
ADOQ-33	50-00-0	formaldehyde	21,2	5,8	3,2	0,9
ADOQ-33	108-62-3	acetaldehyde	14,4	4,4	2,1	0,7
ADOQ-33	67-64-1	acetone	26,5	3,1	4,0	0,5
ADOQ-33	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-33	123-38-6	propionaldehyde	1,7	0,5	0,3	0,1
ADOQ-33	4170-30-3	crotonaldehyde	0,5	0,1	0,1	0,0
ADOQ-33	123-72-8	butyraldehyde	0,3	0,1	0,0	0,0
ADOQ-33	100-52-7	benzaldehyde	1,4	0,2	0,2	0,0
ADOQ-33	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-33	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-33	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-33	620-23-5	m/p-tolualdehyde	1,8	0,1	0,3	0,0
ADOQ-33	66-25-1	hexaldehyde	0,2	0,0	0,0	0,0
ADOQ-34	50-00-0	formaldehyde	17,1	4,2	2,7	0,7
ADOQ-34	108-62-3	acetaldehyde	8,3	5,5	1,3	0,9
ADOQ-34	67-64-1	acetone	35,2	12,2	5,6	1,9
ADOQ-34	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-34	123-38-6	propionaldehyde	6,3	0,0	1,0	0,0
ADOQ-34	4170-30-3	crotonaldehyde	0,4	0,0	0,1	0,0
ADOQ-34	123-72-8	butyraldehyde	0,4	0,5	0,1	0,1
ADOQ-34	100-52-7	benzaldehyde	0,0	1,4	0,0	0,2
ADOQ-34	590-86-3	isovaleraldehyde	0,4	0,3	0,1	0,0
ADOQ-34	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-34	529-20-4	o-tolualdehyde	0,6	0,0	0,1	0,0
ADOQ-34	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,1	0,0	0,3	0,0
ADOQ-34	66-25-1	hexaldehyde	1,8	2,3	0,3	0,4
ADOQ-35	50-00-0	formaldehyde	21,2	5,6	7,0	1,8
ADOQ-35	108-62-3	acetaldehyde	13,1	0,5	4,3	0,2
ADOQ-35	67-64-1	acetone	29,9	6,1	9,8	2,0
ADOQ-35	107-02-8	acroleine	15,6	0,0	5,1	0,0
ADOQ-35	123-38-6	propionaldehyde	2,9	2,4	1,0	0,8
ADOQ-35	4170-30-3	crotonaldehyde	1,4	0,0	0,5	0,0
ADOQ-35	123-72-8	butyraldehyde	1,2	0,1	0,4	0,0
ADOQ-35	100-52-7	benzaldehyde	0,1	0,0	0,0	0,0
ADOQ-35	590-86-3	isovaleraldehyde	0,5	0,4	0,2	0,1
ADOQ-35	70-62-3	valeraldehyde	0,5	0,3	0,2	0,1
ADOQ-35	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,9	0,0	0,3
ADOQ-35	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	1,2	0,0	0,4
ADOQ-35	66-25-1	hexaldehyde	6,5	0,0	2,1	0,0
ADOQ-36	50-00-0	formaldehyde	21,1	7,4	8,0	2,8
ADOQ-36	108-62-3	acetaldehyde	7,1	2,7	2,7	1,0
ADOQ-36	67-64-1	acetone	30,2	19,5	11,4	7,4
ADOQ-36	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-36	123-38-6	propionaldehyde	13,2	8,6	5,0	3,3
ADOQ-36	4170-30-3	crotonaldehyde	0,4	0,0	0,1	0,0
ADOQ-36	123-72-8	butyraldehyde	0,6	0,2	0,2	0,1
ADOQ-36	100-52-7	benzaldehyde	0,2	0,2	0,1	0,1
ADOQ-36	590-86-3	isovaleraldehyde	1,5	1,2	0,6	0,4
ADOQ-36	70-62-3	valeraldehyde	0,8	0,1	0,3	0,0
ADOQ-36	529-20-4	o-tolualdehyde	0,1	0,0	0,1	0,0
ADOQ-36	620-23-5	m/p-tolualdehyde	4,4	1,4	1,7	0,5
ADOQ-36	66-25-1	hexaldehyde	0,6	0,1	0,2	0,0
ADOQ-37	50-00-0	formaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-37	108-62-3	acetaldehyde	7,7	2,5	3,4	1,1
ADOQ-37	67-64-1	acetone	11,8	0,0	5,2	0,0
ADOQ-37	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-37	123-38-6	propionaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-37	4170-30-3	crotonaldehyde	0,4	0,0	0,2	0,0
ADOQ-37	123-72-8	butyraldehyde	0,4	0,2	0,2	0,1
ADOQ-37	100-52-7	benzaldehyde	7,0	5,9	3,1	2,6
ADOQ-37	590-86-3	isovaleraldehyde	1,0	0,4	0,5	0,2
ADOQ-37	70-62-3	valeraldehyde	0,6	0,5	0,3	0,2
ADOQ-37	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-37	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-37	66-25-1	hexaldehyde	1,7	0,0	0,8	0,0

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-38	50-00-0	formaldehyde	8,9	3,2	5,7	2,1
ADOQ-38	108-62-3	acetaldehyde	6,3	1,3	4,1	0,8
ADOQ-38	67-64-1	acetone	20,5	2,1	13,2	1,4
ADOQ-38	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-38	123-38-6	propionaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-38	4170-30-3	crotonaldehyde	1,3	0,3	0,9	0,2
ADOQ-38	123-72-8	butyraldehyde	0,1	0,1	0,1	0,1
ADOQ-38	100-52-7	benzaldehyde	1,5	0,4	1,0	0,3
ADOQ-38	590-86-3	isovaleraldehyde	0,5	0,1	0,3	0,1
ADOQ-38	70-62-3	valeraldehyde	0,3	0,0	0,2	0,0
ADOQ-38	529-20-4	o-tolualdehyde	1,0	3,7	0,7	2,4
ADOQ-38	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-38	66-25-1	hexaldehyde	2,8	1,4	1,8	0,9
ADOQ-39	50-00-0	formaldehyde	6,0	5,4	1,3	1,2
ADOQ-39	108-62-3	acetaldehyde	6,5	2,0	1,4	0,4
ADOQ-39	67-64-1	acetone	12,9	8,8	2,8	1,9
ADOQ-39	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-39	123-38-6	propionaldehyde	6,1	2,0	1,3	0,4
ADOQ-39	4170-30-3	crotonaldehyde	0,1	0,0	0,0	0,0
ADOQ-39	123-72-8	butyraldehyde	0,7	0,2	0,2	0,0
ADOQ-39	100-52-7	benzaldehyde	21,1	11,3	4,6	2,5
ADOQ-39	590-86-3	isovaleraldehyde	0,9	1,9	0,2	0,4
ADOQ-39	70-62-3	valeraldehyde	1,0	0,7	0,2	0,2
ADOQ-39	529-20-4	o-tolualdehyde	3,2	1,4	0,7	0,3
ADOQ-39	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,4	1,9	0,5	0,4
ADOQ-39	66-25-1	hexaldehyde	1,7	0,0	0,4	0,0
ADOQ-40	50-00-0	formaldehyde	40,4	11,4	15,8	4,5
ADOQ-40	108-62-3	acetaldehyde	28,4	12,1	11,1	4,7
ADOQ-40	67-64-1	acetone	71,8	19,8	28,1	7,7
ADOQ-40	107-02-8	acroleine	5,3	4,4	2,1	1,7
ADOQ-40	123-38-6	propionaldehyde	5,7	4,9	2,2	1,9
ADOQ-40	4170-30-3	crotonaldehyde	7,3	3,1	2,9	1,2
ADOQ-40	123-72-8	butyraldehyde	1,3	0,5	0,5	0,2
ADOQ-40	100-52-7	benzaldehyde	0,9	0,5	0,3	0,2
ADOQ-40	590-86-3	isovaleraldehyde	1,7	0,0	0,7	0,0
ADOQ-40	70-62-3	valeraldehyde	1,9	0,0	0,7	0,0
ADOQ-40	529-20-4	o-tolualdehyde	3,3	0,0	1,3	0,0
ADOQ-40	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	249,4	0,0	97,6
ADOQ-40	66-25-1	hexaldehyde	11,4	254,0	4,5	99,4
ADOQ-41	50-00-0	formaldehyde	21,4	1,9	9,1	0,8
ADOQ-41	108-62-3	acetaldehyde	2,6	0,0	1,1	0,0
ADOQ-41	67-64-1	acetone	11,8	4,9	5,0	2,1
ADOQ-41	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-41	123-38-6	propionaldehyde	0,4	0,4	0,2	0,2
ADOQ-41	4170-30-3	crotonaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-41	123-72-8	butyraldehyde	0,1	0,0	0,0	0,0
ADOQ-41	100-52-7	benzaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-41	590-86-3	isovaleraldehyde	0,4	0,1	0,2	0,0
ADOQ-41	70-62-3	valeraldehyde	0,6	0,1	0,3	0,0
ADOQ-41	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-41	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-41	66-25-1	hexaldehyde	0,0	1,1	0,0	0,5
ADOQ-42	50-00-0	formaldehyde	28,3	26,2	9,4	8,7
ADOQ-42	108-62-3	acetaldehyde	12,5	0,8	4,1	0,3

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-42	67-64-1	acetone	24,3	5,3	8,0	1,7
ADOQ-42	107-02-8	acroleine	8,4	1,1	2,8	0,4
ADOQ-42	123-38-6	propionaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-42	4170-30-3	crotonaldehyde	0,3	2,6	0,1	0,9
ADOQ-42	123-72-8	butyraldehyde	0,6	0,6	0,2	0,2
ADOQ-42	100-52-7	benzaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-42	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,4	0,0	0,1
ADOQ-42	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,4	0,0	0,1
ADOQ-42	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-42	620-23-5	m/p-tolualdehyde	5,5	2,7	1,8	0,9
ADOQ-42	66-25-1	hexaldehyde	0,0	6,2	0,0	2,0
ADOQ-43	50-00-0	formaldehyde	17,7	4,7	3,8	1,0
ADOQ-43	108-62-3	acetaldehyde	9,6	4,0	2,1	0,9
ADOQ-43	67-64-1	acetone	41,9	15,5	9,0	3,3
ADOQ-43	107-02-8	acroleine	0,7	1,2	0,2	0,3
ADOQ-43	123-38-6	propionaldehyde	5,5	3,5	1,2	0,7
ADOQ-43	4170-30-3	crotonaldehyde	31,1	8,0	6,7	1,7
ADOQ-43	123-72-8	butyraldehyde	1,6	0,3	0,3	0,1
ADOQ-43	100-52-7	benzaldehyde	4,1	1,0	0,9	0,2
ADOQ-43	590-86-3	isovaleraldehyde	0,5	0,3	0,1	0,1
ADOQ-43	70-62-3	valeraldehyde	1,4	0,0	0,3	0,0
ADOQ-43	529-20-4	o-tolualdehyde	4,3	0,9	0,9	0,2
ADOQ-43	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-43	66-25-1	hexaldehyde	9,8	0,5	2,1	0,1
ADOQ-44	50-00-0	formaldehyde	44,6	13,4	10,0	3,0
ADOQ-44	108-62-3	acetaldehyde	35,5	9,6	8,0	2,1
ADOQ-44	67-64-1	acetone	42,8	6,1	9,6	1,4
ADOQ-44	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-44	123-38-6	propionaldehyde	15,5	4,1	3,5	0,9
ADOQ-44	4170-30-3	crotonaldehyde	4,5	2,7	1,0	0,6
ADOQ-44	123-72-8	butyraldehyde	0,5	0,3	0,1	0,1
ADOQ-44	100-52-7	benzaldehyde	4,4	4,4	1,0	1,0
ADOQ-44	590-86-3	isovaleraldehyde	0,2	0,0	0,0	0,0
ADOQ-44	70-62-3	valeraldehyde	1,5	0,1	0,3	0,0
ADOQ-44	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-44	620-23-5	m/p-tolualdehyde	5,8	4,4	1,3	1,0
ADOQ-44	66-25-1	hexaldehyde	4,8	4,3	1,1	1,0
ADOQ-45	50-00-0	formaldehyde	22,3	5,1	6,5	1,5
ADOQ-45	108-62-3	acetaldehyde	4,6	1,7	1,3	0,5
ADOQ-45	67-64-1	acetone	38,5	9,2	11,2	2,7
ADOQ-45	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-45	123-38-6	propionaldehyde	3,4	1,9	1,0	0,5
ADOQ-45	4170-30-3	crotonaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-45	123-72-8	butyraldehyde	0,5	0,1	0,2	0,0
ADOQ-45	100-52-7	benzaldehyde	0,4	0,1	0,1	0,0
ADOQ-45	590-86-3	isovaleraldehyde	0,4	0,0	0,1	0,0
ADOQ-45	70-62-3	valeraldehyde	2,0	0,0	0,6	0,0
ADOQ-45	529-20-4	o-tolualdehyde	0,2	0,4	0,1	0,1
ADOQ-45	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,7	1,4	0,2	0,4
ADOQ-45	66-25-1	hexaldehyde	1,0	0,0	0,3	0,0
ADOQ-46	50-00-0	formaldehyde	47,9	13,3	11,6	3,2
ADOQ-46	108-62-3	acetaldehyde	9,0	2,4	2,2	0,6
ADOQ-46	67-64-1	acetone	68,4	14,1	16,6	3,4
ADOQ-46	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-46	123-38-6	propionaldehyde	26,3	6,5	6,4	1,6
ADOQ-46	4170-30-3	crotonaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-46	123-72-8	butyraldehyde	0,7	0,0	0,2	0,0
ADOQ-46	100-52-7	benzaldehyde	0,4	0,4	0,1	0,1
ADOQ-46	590-86-3	isovaleraldehyde	1,4	1,1	0,3	0,3
ADOQ-46	70-62-3	valeraldehyde	1,1	0,8	0,3	0,2
ADOQ-46	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	1,0	0,0	0,2
ADOQ-46	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-46	66-25-1	hexaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-47	50-00-0	formaldehyde	16,0	3,0	4,8	0,9
ADOQ-47	108-62-3	acetaldehyde	4,6	1,0	1,4	0,3
ADOQ-47	67-64-1	acetone	28,2	3,4	8,4	1,0
ADOQ-47	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-47	123-38-6	propionaldehyde	3,4	0,6	1,0	0,2
ADOQ-47	4170-30-3	crotonaldehyde	1,9	0,3	0,6	0,1
ADOQ-47	123-72-8	butyraldehyde	0,3	0,1	0,1	0,0
ADOQ-47	100-52-7	benzaldehyde	0,2	0,0	0,1	0,0
ADOQ-47	590-86-3	isovaleraldehyde	0,1	0,2	0,0	0,0
ADOQ-47	70-62-3	valeraldehyde	0,3	0,0	0,1	0,0
ADOQ-47	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-47	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,3	0,0	0,1	0,0
ADOQ-47	66-25-1	hexaldehyde	1,2	0,0	0,4	0,0
ADOQ-48	50-00-0	formaldehyde	39,6	12,5	9,9	3,1
ADOQ-48	108-62-3	acetaldehyde	7,0	3,6	1,8	0,9
ADOQ-48	67-64-1	acetone	46,0	15,4	11,5	3,8
ADOQ-48	107-02-8	acroleine	22,8	5,0	5,7	1,3
ADOQ-48	123-38-6	propionaldehyde	0,0	5,2	0,0	1,3
ADOQ-48	4170-30-3	crotonaldehyde	2,6	1,1	0,7	0,3
ADOQ-48	123-72-8	butyraldehyde	0,5	0,6	0,1	0,2
ADOQ-48	100-52-7	benzaldehyde	1,4	0,2	0,3	0,0
ADOQ-48	590-86-3	isovaleraldehyde	0,1	0,1	0,0	0,0
ADOQ-48	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-48	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-48	620-23-5	m/p-tolualdehyde	1,6	0,0	0,4	0,0
ADOQ-48	66-25-1	hexaldehyde	5,4	2,7	1,3	0,7
ADOQ-49	50-00-0	formaldehyde	28,7	17,3	4,7	2,8
ADOQ-49	108-62-3	acetaldehyde	5,6	2,6	0,9	0,4
ADOQ-49	67-64-1	acetone	48,6	21,6	7,9	3,5
ADOQ-49	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-49	123-38-6	propionaldehyde	13,7	1,8	2,2	0,3
ADOQ-49	4170-30-3	crotonaldehyde	1,3	0,0	0,2	0,0
ADOQ-49	123-72-8	butyraldehyde	0,4	0,2	0,1	0,0
ADOQ-49	100-52-7	benzaldehyde	0,6	1,0	0,1	0,2
ADOQ-49	590-86-3	isovaleraldehyde	0,3	0,3	0,0	0,0
ADOQ-49	70-62-3	valeraldehyde	0,4	0,3	0,1	0,0
ADOQ-49	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-49	620-23-5	m/p-tolualdehyde	1,0	0,9	0,2	0,1
ADOQ-49	66-25-1	hexaldehyde	1,5	0,0	0,2	0,0
ADOQ-50	50-00-0	formaldehyde	27,4	29,1	6,0	6,4
ADOQ-50	108-62-3	acetaldehyde	2,6	4,1	0,6	0,9
ADOQ-50	67-64-1	acetone	20,5	29,2	4,5	6,4
ADOQ-50	107-02-8	acroleine	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-50	123-38-6	propionaldehyde	2,8	0,0	0,6	0,0
ADOQ-50	4170-30-3	crotonaldehyde	1,2	2,7	0,3	0,6

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-50	123-72-8	butyraldehyde	0,1	0,0	0,0	0,0
ADOQ-50	100-52-7	benzaldehyde	0,9	0,9	0,2	0,2
ADOQ-50	590-86-3	isovaleraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-50	70-62-3	valeraldehyde	0,0	1,4	0,0	0,3
ADOQ-50	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-50	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,7	0,0	0,1
ADOQ-50	66-25-1	hexaldehyde	4,8	5,5	1,1	1,2
ADOQ-51	50-00-0	formaldehyde	8,6	1,9	3,3	0,7
ADOQ-51	108-62-3	acetaldehyde	3,6	0,9	1,4	0,3
ADOQ-51	67-64-1	acetone	76,2	14,6	29,1	5,6
ADOQ-51	107-02-8	acroleine	0,2	0,5	0,1	0,2
ADOQ-51	123-38-6	propionaldehyde	3,8	3,2	1,4	1,2
ADOQ-51	4170-30-3	crotonaldehyde	1,0	1,1	0,4	0,4
ADOQ-51	123-72-8	butyraldehyde	0,2	0,0	0,1	0,0
ADOQ-51	100-52-7	benzaldehyde	1,1	1,1	0,4	0,4
ADOQ-51	590-86-3	isovaleraldehyde	0,5	0,0	0,2	0,0
ADOQ-51	70-62-3	valeraldehyde	0,8	0,3	0,3	0,1
ADOQ-51	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-51	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-51	66-25-1	hexaldehyde	1,3	0,3	0,5	0,1
ADOQ-52	50-00-0	formaldehyde	57,8	22,3	22,1	8,5
ADOQ-52	108-62-3	acetaldehyde	12,6	0,0	4,8	0,0
ADOQ-52	67-64-1	acetone	112,1	31,7	42,9	12,1
ADOQ-52	107-02-8	acroleine	2,2	0,0	0,8	0,0
ADOQ-52	123-38-6	propionaldehyde	13,7	0,8	5,2	0,3
ADOQ-52	4170-30-3	crotonaldehyde	0,0	0,4	0,0	0,1
ADOQ-52	123-72-8	butyraldehyde	0,9	0,1	0,4	0,0
ADOQ-52	100-52-7	benzaldehyde	0,7	1,1	0,3	0,4
ADOQ-52	590-86-3	isovaleraldehyde	1,6	0,0	0,6	0,0
ADOQ-52	70-62-3	valeraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-52	529-20-4	o-tolualdehyde	1,6	3,6	0,6	1,4
ADOQ-52	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	6,3	0,0	2,4
ADOQ-52	66-25-1	hexaldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-53	50-00-0	formaldehyde	25,6	10,6	17,5	7,2
ADOQ-53	108-62-3	acetaldehyde	5,0	1,8	3,4	1,3
ADOQ-53	67-64-1	acetone	56,7	18,6	38,7	12,7
ADOQ-53	107-02-8	acroleine	0,7	0,0	0,5	0,0
ADOQ-53	123-38-6	propionaldehyde	4,0	1,2	2,7	0,8
ADOQ-53	4170-30-3	crotonaldehyde	0,8	0,3	0,5	0,2
ADOQ-53	123-72-8	butyraldehyde	0,5	0,3	0,4	0,2
ADOQ-53	100-52-7	benzaldehyde	1,1	0,5	0,7	0,4
ADOQ-53	590-86-3	isovaleraldehyde	0,1	0,2	0,1	0,1
ADOQ-53	70-62-3	valeraldehyde	0,3	0,3	0,2	0,2
ADOQ-53	529-20-4	o-tolualdehyde	1,6	1,5	1,1	1,0
ADOQ-53	620-23-5	m/p-tolualdehyde	2,4	2,3	1,6	1,6
ADOQ-53	66-25-1	hexaldehyde	0,7	0,4	0,5	0,3
ADOQ-54	50-00-0	formaldehyde	4,7	4,0	0,4	0,4
ADOQ-54	108-62-3	acetaldehyde	2,4	0,7	0,2	0,1
ADOQ-54	67-64-1	acetone	33,7	36,7	2,9	3,2
ADOQ-54	107-02-8	acroleine	0,0	0,4	0,0	0,0
ADOQ-54	123-38-6	propionaldehyde	34,5	39,4	3,0	3,5
ADOQ-54	4170-30-3	crotonaldehyde	0,3	0,1	0,0	0,0
ADOQ-54	123-72-8	butyraldehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-54	100-52-7	benzaldehyde	5,2	5,0	0,5	0,4

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-54	590-86-3	isovaleraldehyde	1,7	2,1	0,2	0,2
ADOQ-54	70-62-3	valeraldehyde	0,2	1,5	0,0	0,1
ADOQ-54	529-20-4	o-tolualdehyde	0,0	0,0	0,0	0,0
ADOQ-54	620-23-5	m/p-tolualdehyde	0,0	0,1	0,0	0,0
ADOQ-54	66-25-1	hexaldehyde	0,1	0,0	0,0	0,0

COV par TD/GC/MS/FID

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-1	127-91-3	β -pinene	19,2	4,8	4,8	1,2
ADOQ-1	125-35-3	β -myrcene	15,8	4,2	4,0	1,0
ADOQ-1	138-86-3	d-limonene	849,4	206,1	212,4	51,5
ADOQ-1	99-85-4	γ -terpinene	8,5	1,9	2,1	0,5
ADOQ-1	18479-58-8	2,6-dimethyl-7-octen-2-ol	22,7	7,1	5,7	1,8
ADOQ-1	629-50-5	tridecane	52,7	24,1	13,2	6,0
ADOQ-1	4537-11-5	1-butylhexyl-benzene	23,8	22,9	6,0	5,7
ADOQ-1	4537-12-6	1-propylheptyl-benzene	22,8	22,7	5,7	5,7
ADOQ-1	4621-36-7	1-ethylotyl-benzene	22,6	22,3	5,7	5,6
ADOQ-1		COVT	1087,2	328,8	271,8	82,2
ADOQ-2	138-86-3	d-limonene	94,4	26,4	22,2	6,2
ADOQ-2	18479-58-8	dihydromyrcenol	533,0	184,1	125,2	43,2
ADOQ-2	-	alkyl 3-cyclohexen-1-carboxaldehyde	14,0	6,7	3,3	1,6
ADOQ-2	78-70-6	linalool	249,5	82,8	58,6	19,4
ADOQ-2	-	alkyl 3-cyclohexen-1-carboxaldehyde	8,5	0,0	2,0	0,0
ADOQ-2	140-11-4	benzyl acetate	45,2	11,7	10,6	2,8
ADOQ-2	4316-65-8	3,5,5-trimethyl-1-hexene	106,9	35,5	25,1	8,3
ADOQ-2	1490-04-6	menthol	16,2	7,7	3,8	1,8
ADOQ-2	112-40-3	dodecane	9,3	0,0	2,2	0,0
ADOQ-2	-	inconnu	18,2	8,7	4,3	2,0
ADOQ-2	98-55-5	α -terpineol	28,1	17,8	6,6	4,2
ADOQ-2	3913-02-8	2-butyl-1-octanol	335,6	279,4	78,8	65,6
ADOQ-2	106-22-9	citronellol	10,6	12,0	2,5	2,8
ADOQ-2	106-25-2	cis-geraniol	9,7	9,2	2,3	2,2
ADOQ-2	106-25-2	cis-geraniol	7,8	11,0	1,8	2,6
ADOQ-2	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	21,3	11,2	5,0	2,6
ADOQ-2	-	terpene	124,5	55,6	29,2	13,1
ADOQ-2	586-62-9	terpinolene	18,2	7,9	4,3	1,9
ADOQ-2	110-41-8	2-methyl undecanal	20,1	14,7	4,7	3,4
ADOQ-2	-	terpene	8,6	14,1	2,0	3,3
ADOQ-2	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	27,3	36,7	6,4	8,6
ADOQ-2	469-61-4	α -cedrene	8,5	0,0	2,0	0,0

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-2	470-40-6	α -longipinene	27,5	18,5	6,5	4,3
ADOQ-2	1135-66-6	isolongifolene	14,3	10,7	3,4	2,5
ADOQ-2	16982-00-6	cuparene	7,3	8,7	1,7	2,0
ADOQ-2		COVT	1809,5	874,2	424,9	205,3
ADOQ-3	2437-95-8	α -pinene	8,4	2,4	3,4	1,0
ADOQ-3	124-13-0	octanal	7,1	2,8	2,9	1,1
ADOQ-3	470-67-7	1,4-cineol	6,8	2,0	2,8	0,8
ADOQ-3	586-62-9	terpinolene	7,9	2,1	3,2	0,9
ADOQ-3	99-87-6	p-cymene	7,6	2,5	3,1	1,0
ADOQ-3	138-86-3	d-limonene	107,8	29,1	43,8	11,8
ADOQ-3	18479-58-8	dihydromyrcenol	81,6	6,5	33,1	2,6
ADOQ-3	586-62-9	terpinolene	26,0	30,2	10,6	12,3
ADOQ-3	78-70-6	linalool	88,5	6,3	35,9	2,5
ADOQ-3	124-19-6	nonanal	12,4	4,9	5,0	2,0
ADOQ-3	-	inconnu	8,0	4,9	3,2	2,0
ADOQ-3	-	inconnu	96,8	46,0	39,3	18,7
ADOQ-3	-	terpene	13,0	8,5	5,3	3,5
ADOQ-3	-	inconnu	22,2	7,3	9,0	3,0
ADOQ-3	106-25-2	cis-geraniol	10,2	9,4	4,1	3,8
ADOQ-3	-	inconnu	18,6	5,5	7,5	2,2
ADOQ-3	554-61-0	2-carene	7,3	2,3	2,9	0,9
ADOQ-3	-	terpene	8,8	10,9	3,6	4,4
ADOQ-3	141-27-5	α -citral	10,0	5,0	4,1	2,0
ADOQ-3	-	terpene	7,2	2,5	2,9	1,0
ADOQ-3	-	terpene	35,7	16,6	14,5	6,7
ADOQ-3	629-59-4	tetradecane	13,4	5,9	5,4	2,4
ADOQ-3	-	COVT	756,5	345,0	307,1	140,1
ADOQ-4	100-52-7	benzaldehyde	136,5	30,5	31,1	6,9
ADOQ-4	-	inconnu	15,7	6,7	3,6	1,5
ADOQ-4	-	inconnu	2,0	0,6	0,4	0,1
ADOQ-4	-	inconnu	13,0	5,8	3,0	1,3
ADOQ-4		COVT	206,8	64,9	47,1	14,8
ADOQ-5	18479-58-8	dihydromyrcenol	18,7	5,2	7,2	2,0
ADOQ-5	78-69-3	dihydrolinalool	318,3	95,2	123,4	36,9
ADOQ-5	56762-00-6	2,2'-oxybis pentane	102,0	27,5	39,6	10,7

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-5	-	inconnu	9,8	5,3	3,8	2,0
ADOQ-5	101-48-4	phenylacetaldehyde dimethyl acetate	9,5	3,1	3,7	1,2
ADOQ-5	2550-26-7	4-phenyl-2-butanone	24,5	8,8	9,5	3,4
ADOQ-5	103-45-7	2-phenylethyl ester acide acetique	20,2	0,0	7,8	0,0
ADOQ-5	498-81-7	dihydro-a-terpineol	81,5	72,0	31,6	27,9
ADOQ-5	151-05-3	dimethylbenzylcarbinol acetate	8,7	0,0	3,4	0,0
ADOQ-5	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	67,5	26,7	26,2	10,4
ADOQ-5	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	38,4	17,9	14,9	7,0
ADOQ-5	103-52-6	β -phenylethyl butyrate	10,4	0,0	4,0	0,0
ADOQ-5	103-95-7	cyclamal	9,1	10,1	3,5	3,9
ADOQ-5		COVT	774,2	345,5	300,2	134,0
ADOQ-6	67-66-3	chloroforme	13,1	4,1	8,1	2,6
ADOQ-6	64-19-7	acide acetique	9,8	0,8	6,1	0,5
ADOQ-6	141-78-6	ethyl acetate	0,0	8,8	0,0	5,5
ADOQ-6	-	alcane C9	0,0	38,4	0,0	24,0
ADOQ-6	-	inconnu	2,0	12,3	1,3	7,7
ADOQ-6		COVT	52,3	111,5	32,6	69,5
ADOQ-7	67-66-3	chloroforme	13,7	4,2	7,1	2,2
ADOQ-7	100-52-7	benzaldehyde	6,0	2,2	3,1	1,2
ADOQ-7	100-47-0	benzonnitrile	6,9	1,4	3,6	0,7
ADOQ-7	65-85-0	acide benzoïque	11,5	1,2	5,9	0,6
ADOQ-7	6383-11-5	bicyclo[4,2,0]octa-1,3,5-triene-7,8-dione	5,9	0,0	3,1	0,0
ADOQ-7		COVT	131,8	32,5	68,1	16,8
ADOQ-8	-	inconnu	10,6	9,6	4,9	4,5
ADOQ-8	67-66-3	chloroforme	15,7	6,1	7,3	2,8
ADOQ-8	79-109-4	acide propanoïque	17,8	8,4	8,3	3,9
ADOQ-8	-	inconnu	10,8	0,0	5,0	0,0
ADOQ-8	16411-13-5	2,3-dimethyl-butanedinitrile	5,2	1,9	2,4	0,9
ADOQ-8	79-46-9	2-nitropropane	6,8	2,3	3,2	1,1
ADOQ-8	1070-87-7	2,2,4,4-tetramethylpentane ?	84,1	53,1	39,1	24,7
ADOQ-8	1070-87-7	2,2,4,4-tetramethylpentane ?	105,4	89,1	49,0	41,4
ADOQ-8	10431-98-8	2-ethylloxazoline	6,2	11,9	2,9	5,5
ADOQ-8	100-52-7	benzaldehyde	6,4	3,1	3,0	1,4
ADOQ-8	100-47-0	benzonnitrile	8,2	3,1	3,8	1,4
ADOQ-8	1120-21-4	undecane	44,4	46,2	20,6	21,5

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-8	65-85-0	acide benzoïque	15,8	6,3	7,3	2,9
ADOQ-8	126442-19-1	2-methyliminoperhydro-1,3-oxazine	5,1	0,9	2,4	0,4
ADOQ-8	105-60-2	caprolactam	4,4	0,0	2,0	0,0
ADOQ-8	544-76-3	hexadecane	6,4	2,0	3,0	0,9
ADOQ-8		COVT	487,2	325,8	226,6	151,5
ADOQ-9	3769-23-1	4-methyl-1-hexene	8,6	7,0	1,0	0,8
ADOQ-9	57-55-6	1,2-propanediol	71,7	97,1	8,6	11,6
ADOQ-9	71-41-0	1-pentanol	32,6	27,2	3,9	3,2
ADOQ-9	-	co-elutions de pics inconnus	0,0	45,7	0,0	5,5
ADOQ-9	75-25-2	tribromomethane	6,6	4,7	0,8	0,6
ADOQ-9	2437-95-8	α -pinene	5,2	7,0	0,6	0,8
ADOQ-9	99-87-6	p-cymene	12,4	10,9	1,5	1,3
ADOQ-9	470-82-6	eucalyptol	40,4	27,1	4,8	3,2
ADOQ-9	18479-58-8	dihydromyrcenol	30,5	36,1	3,6	4,3
ADOQ-9	464-48-2	camphor	6,8	4,3	0,8	0,5
ADOQ-9	50373-55-2	α -methylbenzyl acetate	12,7	6,6	1,5	0,8
ADOQ-9	112-40-3	dodecane + p-cymen-8-ol	11,2	5,9	1,3	0,7
ADOQ-9	80-26-2	α -terpineol acetate	13,8	7,8	1,6	0,9
ADOQ-9	112-12-9	2-undecanone	21,4	10,8	2,5	1,3
ADOQ-9	1200-67-5	isobornyl formate	459,2	229,8	54,8	27,4
ADOQ-9	1195-92-2	limonene oxide	8,3	14,2	1,0	1,7
ADOQ-9	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	64,7	31,0	7,7	3,7
ADOQ-9	-	inconnu	8,3	5,0	1,0	0,6
ADOQ-9	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	133,4	64,9	15,9	7,8
ADOQ-9	629-59-4	tetradecane	5,8	9,1	0,7	1,1
ADOQ-9	101-84-8	diphenyl ether	18,5	28,3	2,2	3,4
ADOQ-9	1686-14-2	α -pinene oxide	7,4	6,4	0,9	0,8
ADOQ-9	81561-77-5	1-(4-tert-butylphenyl)propan-2-one	33,7	28,3	4,0	3,4
ADOQ-9	10094-34-5	benzyl dimethylcarbinyl butyrate	11,5	7,5	1,4	0,9
ADOQ-9	-	alkyl benzene	2,1	9,9	0,3	1,2
ADOQ-9		COVT	1195,5	881,8	142,7	105,3
ADOQ-10	67-66-3	chloroforme	8,8	4,2	3,6	1,7
ADOQ-10	100-52-7	benzaldehyde	5,3	3,0	2,1	1,2
ADOQ-10	100-47-0	benzotrile	9,0	5,6	3,6	2,3
ADOQ-10	470-82-6	eucalyptol	8,6	3,0	3,5	1,2

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-10	65-85-0	acide benzoïque	20,5	3,3	8,2	1,3
ADOQ-10		COVT	111,6	31,1	44,9	12,5
ADOQ-11	138-86-3	d-limonene	190,7	41,9	63,6	14,0
ADOQ-11	586-62-9	terpinolene	22,3	4,2	7,4	1,4
ADOQ-11	112-31-2	decanal	42,8	13,7	14,3	4,6
ADOQ-11	-	inconnu	5,4	3,5	1,8	1,2
ADOQ-11	1975-78-6/2244-07-7	decanenitrile / undecanenitrile	25,4	24,0	8,5	8,0
ADOQ-11	10094-34-5	benzyl dimethylcarbinyl butyrate	24,9	17,2	8,3	5,7
ADOQ-11	-	indan-1,3-diol monopropionate	13,2	8,6	4,4	2,9
ADOQ-11	-	acide 2-methyl-2,3-dihydro-2-hydroxy-1H-indeylester propanoïque	49,9	38,8	16,6	12,9
ADOQ-11		COVT	453,0	194,0	151,0	64,7
ADOQ-12	138-86-3	d-limonene	12,8	4,2	3,3	1,1
ADOQ-12	470-82-6	eucalyptol	47,9	13,5	12,4	3,5
ADOQ-12	18479-58-8	dihydromyrcenol + isocitronellol	617,7	163,4	159,4	42,2
ADOQ-12	-	inconnu	5,4	1,3	1,4	0,3
ADOQ-12	6168-62-3	1,5,5-trimethyl-bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol	7,0	2,2	1,8	0,6
ADOQ-12	2217-02-9	1,3,3-trimethylbicyclo-(2.2.1)-heptan-2-ol	14,0	4,1	3,6	1,1
ADOQ-12	586-82-3	terpinenol	23,3	7,3	6,0	1,9
ADOQ-12	138-87-4	b-terpineol	5,2	1,8	1,4	0,5
ADOQ-12	464-48-2	camphor	78,8	20,9	20,3	5,4
ADOQ-12	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	86,3	28,4	22,3	7,3
ADOQ-12	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	119,5	47,0	30,9	12,1
ADOQ-12	562-74-3	4-terpineol	10,1	2,9	2,6	0,7
ADOQ-12	98-55-5	terpineol	83,3	34,9	21,5	9,0
ADOQ-12	586-62-9	terpinolene	8,1	3,2	2,1	0,8
ADOQ-12	935-05-3	4-tert-butylcyclohexanol	8,3	3,1	2,1	0,8
ADOQ-12	16251-77-7	3-phenylbutyraldehyde	18,0	5,8	4,7	1,5
ADOQ-12	98-52-2	cis-4-tert-butylcyclohexanol	21,3	11,7	5,5	3,0
ADOQ-12	1200-67-5	isobornyl formate	142,3	33,3	36,7	8,6
ADOQ-12		terpene	8,5	2,6	2,2	0,7
ADOQ-12	110-41-8	2-methyl undecanal	34,3	13,6	8,9	3,5
ADOQ-12	629-59-4	tetradecane	6,5	3,2	1,7	0,8
ADOQ-12	112-54-9	dodecanal	15,2	9,7	3,9	2,5
ADOQ-12	81250-41-1	3,3,6-trimethyl-4,5-heptadien-2-one	5,6	4,8	1,4	1,2
ADOQ-12	103-95-7	cyclamal	10,7	7,3	2,8	1,9

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-12	127-51-5	α -iso-methyl ionone	8,3	3,3	2,1	0,9
ADOQ-12	128-37-0	BHT	7,7	3,9	2,0	1,0
ADOQ-12	80-54-6	lilial	14,7	11,7	3,8	3,0
ADOQ-12	90-43-7	o-hydroxybiphenyl	3,3	7,2	0,8	1,8
ADOQ-12		COVT	1497,3	502,3	386,4	129,6
ADOQ-13	111-13-7	2-octanone	7,0	1,7	1,4	0,3
ADOQ-13	470-82-6	eucalyptol	22,9	5,3	4,4	1,0
ADOQ-13	111-87-5	1-octanol	13,4	4,2	2,6	0,8
ADOQ-13	60-12-8	phenylethyl alcool	5,3	3,2	1,0	0,6
ADOQ-13	65-85-0	acide benzoïque	11,1	42,2	2,1	8,1
ADOQ-13	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	7,7	2,7	1,5	0,5
ADOQ-13	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	9,1	3,7	1,8	0,7
ADOQ-13		inconnu	5,8	167,7	1,1	32,3
ADOQ-13	98-55-5	α -terpineol	18,7	9,1	3,6	1,8
ADOQ-13	293-96-9	cyclodecane	101,8	73,0	19,6	14,1
ADOQ-13	10203-28-8	2-undecanol ?	10,3	7,1	2,0	1,4
ADOQ-13		derive acide oxalique	6,7	4,9	1,3	0,9
ADOQ-13		terpene	16,5	4,6	3,2	0,9
ADOQ-13	586-62-9	terpinolene	5,1	1,4	1,0	0,3
ADOQ-13		derive acide oxalique	5,9	11,8	1,1	2,3
ADOQ-13	90-43-7	o-hydroxybiphenyl	4,9	8,5	0,9	1,6
ADOQ-13		COVT	287,3	200,0	55,4	38,6
ADOQ-14	470-67-7	isocineole	5,8	1,5	0,6	0,2
ADOQ-14	138-86-3	d-limonene	8,1	3,7	0,9	0,4
ADOQ-14	470-82-6	eucalyptol	10,8	3,3	1,2	0,4
ADOQ-14	18479-58-8	dihydromyrcenol	173,5	74,5	19,3	8,3
ADOQ-14	40702-26-9	1,3,4-trimethyl-3-cyclohexen-1-carboxaldehyde	7,6	1,6	0,8	0,2
ADOQ-14	586-62-9	terpinolene	11,5	2,3	1,3	0,3
ADOQ-14	1632-73-1	fenchol	17,7	7,5	2,0	0,8
ADOQ-14	586-82-3	1-terpinenol	9,8	5,0	1,1	0,6
ADOQ-14	65-85-0	acide benzoïque	8,2	5,7	0,9	0,6
ADOQ-14	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	4,9	2,5	0,5	0,3
ADOQ-14	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	24,5	13,2	2,7	1,5
ADOQ-14	98-55-5	terpineol	24,8	15,5	2,8	1,7
ADOQ-14	293-96-9	cyclodecane	2,5	1,9	0,3	0,2

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-14	294-62-2	cyclododecane	3,5	12,2	0,4	1,4
ADOQ-14	90-43-7	o-hydroxybiphenyl	0,5	3,2	0,1	0,4
ADOQ-14		COVT	389,0	176,9	43,2	19,7
ADOQ-15	107-98-2	1-methoxy-2-propanol	8,0	4,6	1,0	0,6
ADOQ-15	928-96-1	3-hexen-ol	20,7	6,1	2,6	0,8
ADOQ-15	5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	18,1	7,6	2,3	1,0
ADOQ-15	124-13-0	octanal	9,7	3,1	1,2	0,4
ADOQ-15	470-67-7	isocineole	19,7	10,8	2,5	1,4
ADOQ-15	586-62-9	terpinolene	9,9	2,5	1,3	0,3
ADOQ-15	99-87-6	p-cymene	10,2	3,2	1,3	0,4
ADOQ-15	138-86-3	d-limonene	23,1	9,6	3,0	1,2
ADOQ-15	470-82-6	eucalyptol	19,7	5,6	2,5	0,7
ADOQ-15	1445-91-6	1-phenylethanol	6,8	4,7	0,9	0,6
ADOQ-15	18479-58-8	dihydromyrcenol	965,6	424,5	123,3	54,2
ADOQ-15	78-70-6	linalool	9,2	4,1	1,2	0,5
ADOQ-15	124-19-6	nonanal	42,2	13,3	5,4	1,7
ADOQ-15		derive acide oxalique	5,0	3,0	0,6	0,4
ADOQ-15		inconnu	44,6	21,7	5,7	2,8
ADOQ-15	65-85-0	acide benzoïque	12,4	2,3	1,6	0,3
ADOQ-15	10458-14-7	menthone	11,9	3,9	1,5	0,5
ADOQ-15		inconnu	8,5	5,8	1,1	0,7
ADOQ-15	1196-31-2	isomenthone	8,5	4,1	1,1	0,5
ADOQ-15	1490-04-6	menthol	11,6	7,2	1,5	0,9
ADOQ-15		inconnu	6,1	4,9	0,8	0,6
ADOQ-15	2216-51-5	levomenthol	24,4	15,8	3,1	2,0
ADOQ-15	93-92-5	gardenol	30,5	13,2	3,9	1,7
ADOQ-15		inconnu	11,0	8,3	1,4	1,1
ADOQ-15		inconnu	12,6	9,4	1,6	1,2
ADOQ-15	473-55-2	dihydropinene	159,9	60,6	20,4	7,7
ADOQ-15		inconnu	145,1	50,6	18,5	6,5
ADOQ-15	106-25-2	cis-geraniol	10,8	8,4	1,4	1,1
ADOQ-15		inconnu	7,7	4,9	1,0	0,6
ADOQ-15	87-44-5	caryophyllene	6,2	4,2	0,8	0,5
ADOQ-15	654486	α -guaiene	7,5	4,1	1,0	0,5
ADOQ-15		terpene	5,2	3,6	0,7	0,5

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-15	3691-11-0	d-guaiene	6,4	4,3	0,8	0,5
ADOQ-15	-	indan-1,3-diol monopropionate	33,5	27,6	4,3	3,5
ADOQ-15	5328-01-8	1-ethoxy naphthalene	33,5	33,0	4,3	4,2
ADOQ-15		COVT	1944,3	924,8	248,2	118,1
ADOQ-16	100-51-6	benzyl alcool	11,2	6,9	3,3	2,0
ADOQ-16	1445-91-6	1-phenylethanol	11,7	4,8	3,4	1,4
ADOQ-16	18479-58-8	dihydromyrcenol	13,4	4,2	3,9	1,2
ADOQ-16	-	inconnu	5,3	1,8	1,6	0,5
ADOQ-16	-	inconnu	6,3	2,2	1,8	0,6
ADOQ-16	-	inconnu	12,4	4,4	3,6	1,3
ADOQ-16		inconnu	49,7	23,7	14,5	6,9
ADOQ-16		inconnu	9,4	7,3	2,8	2,1
ADOQ-16		inconnu	9,3	4,2	2,7	1,2
ADOQ-16		inconnu	10,1	6,3	2,9	1,8
ADOQ-16		inconnu	22,9	12,3	6,7	3,6
ADOQ-16	2550-26-7	benzylacetone	13,5	5,2	3,9	1,5
ADOQ-16		inconnu	61,2	48,6	17,9	14,2
ADOQ-16	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	9,5	2,5	2,8	0,7
ADOQ-16	27137-33-3	dicyclopentenyl alcool	66,2	53,8	19,3	15,7
ADOQ-16		inconnu	6,6	5,2	1,9	1,5
ADOQ-16		inconnu	19,2	11,4	5,6	3,3
ADOQ-16		inconnu	9,1	9,3	2,7	2,7
ADOQ-16	27137-33-3	isomere dicyclopentenyl alcool	6,4	2,4	1,9	0,7
ADOQ-16		alkyl alcane	12,8	19,2	3,7	5,6
ADOQ-16		alkyl alcane	10,7	6,1	3,1	1,8
ADOQ-16		terpene	15,2	15,5	4,4	4,5
ADOQ-16	127-51-5	α -cetone	6,4	3,7	1,9	1,1
ADOQ-16	79-77-6	β -ionone	16,5	11,6	4,8	3,4
ADOQ-16	128-37-0	BHT	499,5	279,9	145,9	81,8
ADOQ-16	-	indan-1,3-diol monopropionate	5,4	3,3	1,6	1,0
ADOQ-16	80-54-6	lilial	43,1	32,5	12,6	9,5
ADOQ-16	2050-08-0	amyl salicylate	7,6	5,7	2,2	1,7
ADOQ-16		COVT	1114,6	683,1	325,6	199,6
ADOQ-17	71-41-0	1-pentanol	7,6	1,6	2,5	0,5
ADOQ-17		alkyl alcane	13,2	4,1	4,4	1,4

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-17	5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	18,2	4,7	6,1	1,6
ADOQ-17	34645-03-9	3,6-dimethyl-4-octanone	11,4	3,0	3,8	1,0
ADOQ-17	10281-55-7	3,7-dimethyl-1,6-octadiene	13,4	3,3	4,5	1,1
ADOQ-17	7392-19-0	2,2,6-trimethyl-6-vinyltetrahydropyran	11,7	2,8	3,9	0,9
ADOQ-17	138-86-3	d-limonene	218,6	52,7	72,9	17,6
ADOQ-17	100-51-6	benzyl alcool	39,7	14,3	13,2	4,8
ADOQ-17	7416-35-5	tetrahydro-2,2-dimethyl-5-(1-methyl-1-propenyl)-furan	11,9	4,0	4,0	1,3
ADOQ-17	1445-91-6	1-phenylethanol	78,5	25,0	26,2	8,3
ADOQ-17		inconnu	147,0	45,4	49,0	15,1
ADOQ-17	18479-52-2	isocitronellol	734,2	194,7	244,7	64,9
ADOQ-17	124-19-6	nonanal	12,3	9,0	4,1	3,0
ADOQ-17	-	inconnu	7,4	2,7	2,5	0,9
ADOQ-17	-	inconnu	13,5	4,5	4,5	1,5
ADOQ-17	2217-02-9	1,3,3-trimethylbicyclo-(2.2.1)-heptan-2-ol	100,8	23,8	33,6	7,9
ADOQ-17		inconnu	66,1	32,1	22,0	10,7
ADOQ-17	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	14,9	4,1	5,0	1,4
ADOQ-17	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	60,9	17,6	20,3	5,9
ADOQ-17		2-(1,1-dimethylethyl) cyclohexanol	19,1	5,4	6,4	1,8
ADOQ-17		inconnu	113,0	44,3	37,7	14,8
ADOQ-17		inconnu	18,2	7,9	6,1	2,6
ADOQ-17		inconnu	13,9	4,1	4,6	1,4
ADOQ-17		inconnu	13,2	7,1	4,4	2,4
ADOQ-17		inconnu	23,4	14,3	7,8	4,8
ADOQ-17		inconnu	84,3	86,9	28,1	29,0
ADOQ-17	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	53,3	13,7	17,8	4,6
ADOQ-17	27137-33-3	dicyclopentenyl alcool	53,4	48,1	17,8	16,0
ADOQ-17		inconnu	6,9	9,5	2,3	3,2
ADOQ-17		inconnu	8,2	9,7	2,7	3,2
ADOQ-17		alkyl alcane	8,9	16,0	3,0	5,3
ADOQ-17		inconnu	7,6	10,5	2,5	3,5
ADOQ-17	469-61-4	α -cedrene	10,1	8,6	3,4	2,9
ADOQ-17	629-59-4	tetradecane	7,3	5,0	2,4	1,7
ADOQ-17		COVT	1762,1	951,1	587,4	317,0
ADOQ-18	64-19-7	acide acetique	28,5	0,0	7,2	0,0

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-18	138-86-3	d-limonene	19,8	12,0	5,0	3,0
ADOQ-18	100-51-6	benzyl alcool	31,4	14,9	7,9	3,7
ADOQ-18	470-82-6	eucalyptol	8,8	4,4	2,2	1,1
ADOQ-18	1445-91-6	1-phenylethanol	22,5	6,0	5,7	1,5
ADOQ-18	18479-58-8	dihydromyrcenol	22,7	10,0	5,7	2,5
ADOQ-18	124-19-6	nonanal	16,2	7,9	4,1	2,0
ADOQ-18	-	inconnu	8,8	2,7	2,2	0,7
ADOQ-18	-	inconnu	16,3	3,1	4,1	0,8
ADOQ-18	-	inconnu	20,5	5,7	5,2	1,4
ADOQ-18		inconnu	30,1	13,8	7,6	3,5
ADOQ-18		inconnu	81,1	33,5	20,4	8,4
ADOQ-18		inconnu	21,1	11,9	5,3	3,0
ADOQ-18		inconnu	17,5	8,7	4,4	2,2
ADOQ-18		inconnu	23,1	7,0	5,8	1,8
ADOQ-18		inconnu	38,8	18,6	9,8	4,7
ADOQ-18	2550-26-7	benzylacetone	24,1	7,5	6,1	1,9
ADOQ-18		inconnu	117,2	77,0	29,5	19,4
ADOQ-18	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	13,2	78,9	3,3	19,9
ADOQ-18	27137-33-3	dicyclopentenyl alcool	115,1	7,8	29,0	2,0
ADOQ-18		inconnu	30,6	16,5	7,7	4,2
ADOQ-18		inconnu	18,9	15,6	4,8	3,9
ADOQ-18	120-57-0	piperonal	8,8	4,2	2,2	1,1
ADOQ-18		inconnu	7,1	3,2	1,8	0,8
ADOQ-18		inconnu	26,4	34,6	6,6	8,7
ADOQ-18		inconnu	14,8	19,2	3,7	4,8
ADOQ-18		alkyl alcane	15,1	6,3	3,8	1,6
ADOQ-18		inconnu	7,3	3,0	1,8	0,8
ADOQ-18	103-95-7	cyclamal	7,6	4,1	1,9	1,0
ADOQ-18		terpene	14,5	5,9	3,7	1,5
ADOQ-18	127-51-5	α -cetone	10,2	4,4	2,6	1,1
ADOQ-18	79-77-6	β -ionone	31,4	16,1	7,9	4,1
ADOQ-18	128-37-0	BHT	888,9	456,5	223,8	114,9
ADOQ-18	-	indan-1,3-diol monopropionate	13,2	6,1	3,3	1,5
ADOQ-18	80-54-6	lilial	80,0	55,2	20,1	13,9
ADOQ-18	2050-08-0	amyl salicylate	13,9	7,6	3,5	1,9

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-18		COVT	2024,8	1039,9	509,8	261,8
ADOQ-19		COVT	31,9	18,6	9,9	5,8
ADOQ-20	21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	13,7	3,2	6,9	1,6
ADOQ-20	5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	5817,7	1243,7	2930,4	626,4
ADOQ-20	6863-58-7	di-sec-butyl ether	204,5	47,0	103,0	23,7
ADOQ-20		COVT	6066,5	1322,4	3055,7	666,1
ADOQ-21	21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	18,3	4,3	8,3	2,0
ADOQ-21	5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	5368,6	1205,4	2429,6	545,5
ADOQ-21	6863-58-7	di-sec-butyl ether	297,4	67,5	134,6	30,6
ADOQ-21	138-86-3	d-limonene	8,7	5,0	3,9	2,2
ADOQ-21	98-55-5	α -terpineol	14,1	7,7	6,4	3,5
ADOQ-21		COVT	5775,7	1320,2	2613,8	597,5
ADOQ-22		COVT	19,6	10,4	10,7	5,7
ADOQ-23	57-55-6	1-propanediol	48,8	16,6	28,8	9,8
ADOQ-23	108-88-3	toluene	8,3	4,3	4,9	2,5
ADOQ-23	-	tripropylene glycol	53,9	18,2	31,8	10,7
ADOQ-23	-	tripropylene glycol	75,2	27,3	44,4	16,1
ADOQ-23		COVT	248,7	83,7	146,7	49,4
ADOQ-24	5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	1059,7	236,9	556,2	124,3
ADOQ-24	6863-58-7	di-sec-butyl ether	110,4	25,2	57,9	13,2
ADOQ-24	124-18-5	decane	9,0	5,3	4,7	2,8
ADOQ-24	60-12-8	phenylethyl alcool	7,8	2,2	4,1	1,2
ADOQ-24		COVT	1244,3	304,2	653,0	159,7
ADOQ-25		COVT	575934,7	287305,5	30716,5	15323,0
ADOQ-26		COVT	363076,0	166744,6	24027,1	11034,6
ADOQ-27		COVT	607815,0	338733,9	29546,6	16466,2
ADOQ-28		COVT	3231,3	875,1	2738,0	741,5
ADOQ-29	110-98-5	1,1'-oxybis-2-propanol	25,9	19,9	12,1	9,3
ADOQ-29	138-86-3	d-limonene	14,1	11,5	6,6	5,4
ADOQ-29	108-61-2	2,2'-oxybis 1-propanol	12,7	11,5	5,9	5,4
ADOQ-29	18479-58-8	dihydromyrcenol	22,7	6,6	10,6	3,1
ADOQ-29	124-19-6	nonanal	6,8	2,8	3,2	1,3
ADOQ-29	98-55-5	α -terpineol	48,8	15,1	22,8	7,0
ADOQ-29		terpene	10,0	3,0	4,7	1,4
ADOQ-29		COVT	183,3	86,4	85,6	40,4

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-30		COVT	28884,4	30372,5	2951,7	3103,8
ADOQ-31		COVT	6,7	6,7	2,6	2,6
ADOQ-32		COVT	14,7	6,8	5,4	2,5
ADOQ-33	124-13-0	octanal	20,8	5,9	3,1	0,9
ADOQ-33	-	dipropylene glycol	7,4	27,4	1,1	4,1
ADOQ-33	138-86-3	d-limonene	5,6	11,6	0,8	1,7
ADOQ-33	100-51-6	benzyl alcool	12,5	12,7	1,9	1,9
ADOQ-33	18479-58-8	dihydromyrcenol	328,1	76,6	49,0	11,4
ADOQ-33	1120-21-4	undecane	7,2	4,3	1,1	0,6
ADOQ-33	78-69-3 + 78-70-6	dihydrolinalool + linalool	367,3	84,5	54,8	12,6
ADOQ-33	124-19-6	nonanal	14,8	8,4	2,2	1,3
ADOQ-33	16409-43-1	rosoxide	9,3	4,1	1,4	0,6
ADOQ-33	543-39-5	myrcenol	9,8	3,5	1,5	0,5
ADOQ-33	586-82-3	1-terpinenol	7,1	3,8	1,1	0,6
ADOQ-33	138-87-4	β -terpineol	25,7	6,7	3,8	1,0
ADOQ-33	464-48-2	camphor	17,8	4,8	2,7	0,7
ADOQ-33	7299-40-3	cis- β -terpineol	10,5	4,5	1,6	0,7
ADOQ-33	93-92-5	gardenol	56,5	13,5	8,4	2,0
ADOQ-33	98-85-5	terpineol	230,9	72,3	34,5	10,8
ADOQ-33	554-61-0	2-carene	54,9	17,6	8,2	2,6
ADOQ-33		inconnu	9,7	2,8	1,4	0,4
ADOQ-33		inconnu	285,1	65,9	42,6	9,8
ADOQ-33		inconnu	13,9	3,6	2,1	0,5
ADOQ-33	1200-67-5	isobornyl formate	85,3	18,8	12,7	2,8
ADOQ-33	18736-95-3	1-cyclohexyl-1-propyne	9,2	2,6	1,4	0,4
ADOQ-33	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	22,7	5,9	3,4	0,9
ADOQ-33		terpene	18,5	5,2	2,8	0,8
ADOQ-33	4187-86-4	1-pentyn-3-ol	9,7	2,8	1,4	0,4
ADOQ-33		terpene	25,0	6,9	3,7	1,0
ADOQ-33		terpene	19,4	4,8	2,9	0,7
ADOQ-33		terpene	18,5	5,2	2,8	0,8
ADOQ-33	32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	55,5	15,2	8,3	2,3
ADOQ-33	-	indan-1,3-diol monoacetate	138,1	41,5	20,6	6,2
ADOQ-33	103-95-7	cyclamal	19,1	8,2	2,9	1,2
ADOQ-33	2437-25-4	dodecanenitrile	6,8	3,6	1,0	0,5

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-33		COVT	2001,5	606,5	298,7	90,5
ADOQ-34	101-49-5	2-benzyl-1,3-dioxolane	280,3	80,5	44,4	12,7
ADOQ-34	57-55-6	1,2-propanediol	24,1	12,7	3,8	2,0
ADOQ-34	100-51-6	benzyl alcool	6,3	3,5	1,0	0,5
ADOQ-34	18479-58-8	dihydromyrcenol	22,4	5,7	3,6	0,9
ADOQ-34	5989-33-3	linalool oxide	8,6	4,6	1,4	0,7
ADOQ-34		derive linalool	8,6	4,8	1,4	0,8
ADOQ-34	78-70-6	linalool	14,2	4,1	2,2	0,7
ADOQ-34	124-19-6	nonanal	2,6	3,2	0,4	0,5
ADOQ-34	60-12-8	phenylethyl alcool	79,8	32,1	12,6	5,1
ADOQ-34	586-82-3	terpinenol	28,1	13,4	4,4	2,1
ADOQ-34	106-25-2	cis-geraniol	10,0	4,5	1,6	0,7
ADOQ-34		COVT	527,1	236,9	83,4	37,5
ADOQ-35		COVT	58,6	8,2	19,2	2,7
ADOQ-36	109-86-4	2-methoxyethanol	47,6	12,0	18,0	4,5
ADOQ-36	124-18-5	decane	11,0	0,0	4,1	0,0
ADOQ-36	104-76-7	2-ethylhexanol	12,7	6,4	4,8	2,4
ADOQ-36	1120-21-4	undecane	7,8	12,9	3,0	4,9
ADOQ-36		COVT	10,5	54,2	4,0	20,5
ADOQ-37		inconnu	224,4	10,3	99,0	4,5
ADOQ-37	504-76-7	oxazolidine	27,7	8,0	12,2	3,5
ADOQ-37	108-01-0	n,n-dimethyl-2-aminoethanol	12,5	18,9	5,5	8,3
ADOQ-37	289-95-2	1,3-diazine	24,6	10,0	10,9	4,4
ADOQ-37	109-86-4	ethylene glycol monomethyl ether	36,3	0,0	16,0	0,0
ADOQ-37	21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	8,3	2,2	3,6	1,0
ADOQ-37	-	dipropylene glycol monomethyl ether	8064,0	2037,2	3555,8	898,3
ADOQ-37	-	tripropylene glycol monomethyl ether	5650,0	1480,9	2491,3	653,0
ADOQ-37	138-86-3	d-limonene	16,9	3,8	7,4	1,7
ADOQ-37	18479-58-8	dihydromyrcenol	13,7	4,6	6,0	2,0
ADOQ-37		inconnu	7,4	2,9	3,3	1,3
ADOQ-37		inconnu	168,5	60,7	74,3	26,8
ADOQ-37		inconnu	10,9	3,3	4,8	1,5
ADOQ-37	106-22-9	Citronellol	8,0	2,8	3,5	1,2
ADOQ-37		alcane C13	11,1	6,5	4,9	2,9
ADOQ-37		inconnu	78,6	49,7	34,7	21,9

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-37		COVT	14477,9	3779,9	6384,0	1666,7
ADOQ-38	2437-95-8	α -pinene	9,6	3,0	6,2	1,9
ADOQ-38	79-92-5	camphene	7,1	2,1	4,6	1,4
ADOQ-38	110-93-0	6-methyl-5-hepten-2-one	11,3	4,1	7,3	2,7
ADOQ-38	124-18-5	decane + inconnu	9,4	5,7	6,1	3,7
ADOQ-38	13429-07-7	1-(2-methoxypropoxy)-2-propanol	8,9	5,0	5,8	3,2
ADOQ-38	470-67-7	isocineole	13,0	3,9	8,4	2,5
ADOQ-38	138-86-3	d-limonene	13,4	2,4	8,7	1,5
ADOQ-38	100-51-6	benzyl alcool	14,8	4,4	9,5	2,8
ADOQ-38	470-82-6	eucalyptol	25,5	5,4	16,4	3,5
ADOQ-38	18479-58-8	dihydromyrcenol	43,0	10,5	27,7	6,8
ADOQ-38		alcane + terpene	6,9	3,4	4,4	2,2
ADOQ-38	586-62-9	terpinolene	8,7	2,5	5,6	1,6
ADOQ-38	78-70-6	linalool	26,9	6,2	17,3	4,0
ADOQ-38		inconnu	34,3	11,9	22,1	7,7
ADOQ-38	98-52-2	p-tert-butylcyclohexanol	13,8	5,2	8,9	3,3
ADOQ-38		melanges de composes	2397,9	1041,2	1545,3	671,0
ADOQ-38		melanges de composes	17,3	3,4	11,2	2,2
ADOQ-38		COVT	2451,2	1092,6	1579,7	704,1
ADOQ-39	142-82-5	heptane	10,4	8,2	2,3	1,8
ADOQ-39		inconnu	0,0	146,4	0,0	31,9
ADOQ-39	504-76-7	oxazolidine	15,1	15,6	3,3	3,4
ADOQ-39	289-95-2	1,3-diazine	14,8	14,9	3,2	3,2
ADOQ-39	21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	72,4	17,3	15,8	3,8
ADOQ-39	5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	36266,4	8618,5	7907,7	1879,2
ADOQ-39	6863-58-7	di-sec-butyl ether	1376,0	316,9	300,0	69,1
ADOQ-39	138-86-3	d-limonene	34,2	10,1	7,5	2,2
ADOQ-39	470-82-6	eucalyptol	16,9	9,1	3,7	2,0
ADOQ-39	18479-52-2	isocitronellol	802,7	188,7	175,0	41,2
ADOQ-39	78-70-6	linalool	106,7	25,2	23,3	5,5
ADOQ-39	60-12-8	phenylethyl alcool	613,4	257,6	133,7	56,2
ADOQ-39		inconnu	41,1	12,6	9,0	2,7
ADOQ-39		inconnu	8,9	2,8	1,9	0,6
ADOQ-39	586-82-3	1-terpinenol	25,8	7,4	5,6	1,6
ADOQ-39	138-87-4	β -terpineol	36,4	10,3	7,9	2,2

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-39		inconnu	238,8	95,6	52,1	20,9
ADOQ-39		terpene	22,2	8,1	4,8	1,8
ADOQ-39	98-55-5	α -terpineol	8,9	3,4	2,0	0,7
ADOQ-39	112-40-3	dodecane	9,4	3,3	2,1	0,7
ADOQ-39	98-55-5	terpineol	369,1	116,0	80,5	25,3
ADOQ-39		terpene	139,0	44,0	30,3	9,6
ADOQ-39		aldehyde C11	327,9	69,9	71,5	15,2
ADOQ-39		terpene	241,4	129,7	52,6	28,3
ADOQ-39		inconnu	84,6	45,6	18,5	10,0
ADOQ-39	770-35-4	1-phenoxy-2-propanol	9,8	4,6	2,1	1,0
ADOQ-39		inconnu	274,3	224,4	59,8	48,9
ADOQ-39	32210-23-4	butylcyclohexyl acetate ?	159,7	35,6	34,8	7,8
ADOQ-39		inconnu	16,6	8,2	3,6	1,8
ADOQ-39	103-05-9	dimethylphenethylcarbinol	84,6	63,9	18,4	13,9
ADOQ-39	32210-23-4	butylcyclohexyl acetate ?	28,9	3,7	6,3	0,8
ADOQ-39		inconnu	15,0	6,9	3,3	1,5
ADOQ-39		inconnu	32,8	11,6	7,2	2,5
ADOQ-39		inconnu	10,0	28,6	2,2	6,2
ADOQ-39	-	alcool	7,2	5,7	1,6	1,2
ADOQ-39	80-26-2	α -terpineol acetate	148,4	36,5	32,4	8,0
ADOQ-39	554-61-0	2-carene	23,4	4,4	5,1	1,0
ADOQ-39		inconnu	88,0	117,2	19,2	25,6
ADOQ-39	-	ester acide oxalique	34,2	48,4	7,4	10,5
ADOQ-39		inconnu	31,2	2,4	6,8	0,5
ADOQ-39		terpene	38,5	17,5	8,4	3,8
ADOQ-39	87-44-5	caryophyllene	23,9	15,4	5,2	3,4
ADOQ-39	81561-77-5	1-(4-tert-Butylphenyl)propan-2-one	9,0	5,4	2,0	1,2
ADOQ-39	128-37-0	BHT	12,1	27,4	2,6	6,0
ADOQ-39	33704-61-9	cashmeran	28,3	13,7	6,2	3,0
ADOQ-39		COVT	42283,1	11038,3	9219,6	2406,9
ADOQ-40	141-78-6	ethyl acetate	12,8	3,6	5,0	1,4
ADOQ-40	78-83-1	2-methyl-1-propanol	17,9	4,9	7,0	1,9
ADOQ-40	108-62-3	acetaldehyde	9,0	2,4	3,5	0,9
ADOQ-40	5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	85,2	22,0	33,4	8,6
ADOQ-40	110-93-0	6-methyl-5-hepten-2-one	13,0	6,6	5,1	2,6

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-40		inconnu	27,6	7,2	10,8	2,8
ADOQ-40	4485-09-0	4-nonanone	12,7	4,8	5,0	1,9
ADOQ-40	78-70-6	linalool	13,0	3,7	5,1	1,5
ADOQ-40	473-67-6	verbenol	8,6	2,4	3,4	1,0
ADOQ-40		terpene	11,1	2,6	4,4	1,0
ADOQ-40		inconnu	10,5	2,8	4,1	1,1
ADOQ-40		inconnu	8,3	2,5	3,3	1,0
ADOQ-40	106-26-3	β -citral	155,1	38,3	60,7	15,0
ADOQ-40	106-25-2	cis-geraniol	27,8	16,6	10,9	6,5
ADOQ-40	141-27-5	α -Citral	244,6	61,6	95,7	24,1
ADOQ-40	141-27-5	α -Citral	14,7	5,6	5,7	2,2
ADOQ-40	629-59-4	tetradecane	9,2	4,1	3,6	1,6
ADOQ-40	87-44-5	caryophyllene	11,5	5,4	4,5	2,1
ADOQ-40		alkyl naphtalene	11,2	6,0	4,4	2,4
ADOQ-40		COVT	807,9	260,9	316,1	102,1
ADOQ-41		COVT	54,0	21,5	23,0	9,1
ADOQ-42	-	dipropylene glycol	157,3	164,1	52,0	54,3
ADOQ-42	138-86-3	d-limonene	20,1	5,9	6,7	1,9
ADOQ-42	-	dipropylene glycol	166,9	219,9	55,2	72,8
ADOQ-42	18479-58-8	dihydromyrcenol	61,4	37,2	20,3	12,3
ADOQ-42	78-70-6	linalool	16,9	4,8	5,6	1,6
ADOQ-42		terpene	13,8	2,9	4,6	1,0
ADOQ-42		inconnu	6,8	2,0	2,3	0,7
ADOQ-42	106-25-2	cis-geraniol	10,0	5,1	3,3	1,7
ADOQ-42	106-24-1	geraniol	8,4	4,4	2,8	1,5
ADOQ-42		inconnu	10,3	5,2	3,4	1,7
ADOQ-42		inconnu	12,2	6,8	4,0	2,2
ADOQ-42		inconnu	8,1	4,9	2,7	1,6
ADOQ-42		inconnu	10,8	7,8	3,6	2,6
ADOQ-42		terpene	9,2	2,9	3,1	1,0
ADOQ-42	80-54-6	lilial	7,7	6,4	2,5	2,1
ADOQ-42		COVT	592,2	558,1	196,0	184,7
ADOQ-43	57-55-6	1,2-propanediol	13,5	0,0	2,9	0,0
ADOQ-43	21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	39,4	9,4	8,4	2,0
ADOQ-43	928-96-1	3-hexen-ol	7,7	2,0	1,6	0,4

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-43	5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	14875,2	3560,7	3179,4	761,1
ADOQ-43		inconnu	8,1	0,0	1,7	0,0
ADOQ-43	6863-58-7	di-sec-butyl ether	1091,1	266,8	233,2	57,0
ADOQ-43	-	dipropylene glycol monomethyl ether	23,1	5,3	4,9	1,1
ADOQ-43	-	dipropylene glycol monomethyl ether	28,5	10,7	6,1	2,3
ADOQ-43	124-13-0	octanal	7,3	3,7	1,5	0,8
ADOQ-43	-	dipropylene glycol	24,2	20,0	5,2	4,3
ADOQ-43	138-86-3	d-limonene	28,8	18,5	6,2	4,0
ADOQ-43		inconnu	10,4	11,4	2,2	2,4
ADOQ-43	470-82-6	eucalyptol	13,3	8,7	2,9	1,9
ADOQ-43	18479-58-8	dihydromyrcenol	64,6	19,5	13,8	4,2
ADOQ-43	78-70-6	linalool	57,7	14,4	12,3	3,1
ADOQ-43	1123-25-7	1-methylcyclohexa-1,3-diene	13,5	4,5	2,9	1,0
ADOQ-43	1197-01-9	p-cymen-8-ol	6,7	3,3	1,4	0,7
ADOQ-43	98-55-5	terpineol	36,7	10,0	7,9	2,1
ADOQ-43	4313-57-9	2,5-dihydrotoluene	13,6	5,7	2,9	1,2
ADOQ-43		aldehyde C11	8,2	2,8	1,8	0,6
ADOQ-43	106-22-9	citronellol	25,5	7,0	5,5	1,5
ADOQ-43	29210-77-3	6,7-dihydro-7-hydroxylinalool	19,3	22,6	4,1	4,8
ADOQ-43	106-25-2	cis-geraniol	17,1	5,7	3,7	1,2
ADOQ-43		COVT	16525,2	4076,5	3532,1	871,3
ADOQ-44	5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	66,9	18,9	15,0	4,2
ADOQ-44	124-13-0	octanal	10,4	2,7	2,3	0,6
ADOQ-44	470-67-7	isocineole	15,2	19,9	3,4	4,5
ADOQ-44	99-87-6	p-cymene	12,1	3,8	2,7	0,8
ADOQ-44	138-86-3	d-limonene	361,6	94,7	80,9	21,2
ADOQ-44	470-82-6	eucalyptol	10,6	9,4	2,4	2,1
ADOQ-44		aldehyde C9	18,8	5,0	4,2	1,1
ADOQ-44	78-70-6	linalool	122,2	30,9	27,4	6,9
ADOQ-44	1786-08-9	3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-2H-pyran	9,1	2,6	2,0	0,6
ADOQ-44	138-87-4	β -terpineol	8,5	2,3	1,9	0,5
ADOQ-44	98-55-5	α -terpineol	76,5	25,6	17,1	5,7
ADOQ-44		terpene	18,7	6,5	4,2	1,4
ADOQ-44		inconnu	12,1	3,4	2,7	0,8
ADOQ-44	106-25-2	cis-geraniol	23,1	10,0	5,2	2,2

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-44	106-24-1	geraniol	27,6	16,3	6,2	3,7
ADOQ-44	2705-87-5	alkyl cyclohexanepropionate	7,1	2,8	1,6	0,6
ADOQ-44	103-95-7	Cyclamal	10,8	7,2	2,4	1,6
ADOQ-44	79-77-6	β -ionone	20,9	10,8	4,7	2,4
ADOQ-44	128-37-0	BHT	146,3	78,3	32,8	17,5
ADOQ-44		COVT	864,8	287,2	193,6	64,3
ADOQ-45		COVT	25,1	2,7	7,3	0,8
ADOQ-46	138-86-3	d-limonene	19,7	0,9	4,8	0,2
ADOQ-46		inconnu	14,2	5,9	3,4	1,4
ADOQ-46		COVT	72,1	6,8	17,5	1,7
ADOQ-47	13429-07-7	1-(2-methoxypropoxy)-2-propanol	7,0	1,9	2,1	0,6
ADOQ-47	100-51-6	benzyl alcool	8,0	2,5	2,4	0,8
ADOQ-47	60-12-8	phenylethyl alcool	28,0	8,5	8,4	2,5
ADOQ-47		COVT	46,2	6,4	13,8	1,9
ADOQ-48		COVT	60,7	54,3	15,2	13,6
ADOQ-49		COVT	25,9	29,0	4,2	4,7
ADOQ-50	57-55-6	1,2-propanediol	103,6	100,2	22,7	21,9
ADOQ-50	111-76-2	2-butoxyethanol	11,5	5,9	2,5	1,3
ADOQ-50	2437-95-8	α -pinene	9,5	2,6	2,1	0,6
ADOQ-50	79-92-5	camphene	8,8	2,5	1,9	0,6
ADOQ-50	127-91-3	β -pinene	20,9	5,1	4,6	1,1
ADOQ-50	124-18-5	decane	8,7	5,6	1,9	1,2
ADOQ-50	124-13-0	octanal	12,5	3,8	2,7	0,8
ADOQ-50	586-62-9	terpinolene	9,2	2,3	2,0	0,5
ADOQ-50	99-87-6	p-cymene	31,4	7,1	6,9	1,6
ADOQ-50	138-86-3	d-limonene	951,0	188,8	208,2	41,3
ADOQ-50	470-82-6	eucalyptol	9,0	2,5	2,0	0,5
ADOQ-50	99-85-4	γ -terpinene	17,4	3,2	3,8	0,7
ADOQ-50	1445-91-6	1-phenylethanol	14,0	5,4	3,1	1,2
ADOQ-50	18479-52-2	dihydromyrcenol + isocitronellol	923,9	238,6	202,3	52,2
ADOQ-50		aldehyde C9	11,7	2,7	2,6	0,6
ADOQ-50	586-62-9	terpinolene	47,7	9,0	10,4	2,0
ADOQ-50	1120-21-4	undecane	18,0	5,4	3,9	1,2
ADOQ-50	78-70-6	linalool	46,8	11,5	10,2	2,5
ADOQ-50	124-19-6	nonanal	25,0	9,0	5,5	2,0

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-50	1632-73-1	fenchol	25,0	7,0	5,5	1,5
ADOQ-50	586-82-3	1-terpinenol	23,4	8,2	5,1	1,8
ADOQ-50	106-23-0	citronellal	15,7	3,3	3,4	0,7
ADOQ-50	138-87-4	β -terpineol	41,9	16,0	9,2	3,5
ADOQ-50	100-86-7	diméthylbenzylcarbinol	11,6	5,3	2,5	1,2
ADOQ-50	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	11,0	1,8	2,4	0,4
ADOQ-50	112-34-5	diethylene glycol butyl ether	3577,0	4608,7	783,3	1009,2
ADOQ-50	-	alcool	88,1	34,7	19,3	7,6
ADOQ-50		inconnu	190,8	46,4	41,8	10,2
ADOQ-50	1117-61-9	3,7-diméthyl-6-octen-1-ol	43,4	40,6	9,5	8,9
ADOQ-50	106-25-2	cis-geraniol	184,3	135,8	40,4	29,7
ADOQ-50	106-26-3	β -citral	18,5	7,0	4,1	1,5
ADOQ-50	106-24-1	geraniol	174,6	187,7	38,2	41,1
ADOQ-50	2244-16-8	d-carvone	16,3	5,2	3,6	1,1
ADOQ-50	141-27-5	α -Citral	30,9	12,7	6,8	2,8
ADOQ-50	629-50-5	tridecane	174,0	46,7	38,1	10,2
ADOQ-50	-	alcool C11	11,2	11,2	2,5	2,5
ADOQ-50	-	alcool	10,5	12,3	2,3	2,7
ADOQ-50	120-50-3	isobutyl benzoate	8,1	3,0	1,8	0,7
ADOQ-50		inconnu	32,8	12,4	7,2	2,7
ADOQ-50		terpene	17,6	7,2	3,9	1,6
ADOQ-50	107-85-3	geranyl acetate	11,4	5,8	2,5	1,3
ADOQ-50	629-59-4	tetradecane	153,2	67,8	33,5	14,9
ADOQ-50	-	alcool	16,0	24,6	3,5	5,4
ADOQ-50	-	alcool	12,6	18,0	2,8	4,0
ADOQ-50	4537-11-5	1-butylhexyl-benzene	9,6	8,6	2,1	1,9
ADOQ-50	80-54-6	lilial	19,2	27,4	4,2	6,0
ADOQ-50		COVT	7383,4	6097,8	1616,8	1335,3
ADOQ-52	111-13-7	2-octanone	8,2	2,4	3,1	0,9
ADOQ-52	138-86-3	d-limonene	7,2	4,8	2,7	1,8
ADOQ-52	470-82-6	eucalyptol	22,3	7,0	8,5	2,7
ADOQ-52		terpene	16,7	3,6	6,4	1,4
ADOQ-52	60-12-8	phenylethyl alcool	8,2	3,4	3,1	1,3
ADOQ-52	65-85-0	acide benzoïque	0,0	85,8	0,0	32,8
ADOQ-52	513-23-5	isothujol	9,3	2,4	3,6	0,9

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-52	112-34-5	diethylene glycol butyl ether	34,1	23,3	13,0	8,9
ADOQ-52	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	18,6	6,0	7,1	2,3
ADOQ-52		inconnu	7,6	2,9	2,9	1,1
ADOQ-52	112-40-3	dodecane	10,1	4,1	3,9	1,6
ADOQ-52		inconnu	40,2	17,6	15,4	6,7
ADOQ-52	98-55-5	terpineol	8,4	2,6	3,2	1,0
ADOQ-52		alcane cyclique	103,0	109,4	39,4	41,8
ADOQ-52	-	alcool C11	12,8	12,1	4,9	4,6
ADOQ-52	112-44-7	undecanal	9,4	10,0	3,6	3,8
ADOQ-52		terpene	27,3	9,0	10,4	3,4
ADOQ-52	629-59-4	tetradecane	14,1	6,8	5,4	2,6
ADOQ-52		COVT	279,3	172,4	106,8	65,9
ADOQ-51	10281-55-7	3,7-dimethyl-1,6-octadiene	13,8	3,8	5,3	1,4
ADOQ-51	79-92-5	camphene	7,7	3,1	2,9	1,2
ADOQ-51	470-82-6	eucalyptol	7,4	2,9	2,8	1,1
ADOQ-51	18479-58-8	dihydromyrcenol	87,5	20,2	33,5	7,7
ADOQ-51	60-12-8	phenylethyl alcool	10,1	3,6	3,9	1,4
ADOQ-51	6168-62-3	1,5,5-trimethyl-bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol	21,9	6,0	8,4	2,3
ADOQ-51	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	18,7	4,8	7,1	1,8
ADOQ-51		inconnu	367,4	103,5	140,5	39,6
ADOQ-51	98-52-2	p-tert-butylcyclohexanol	12,5	6,5	4,8	2,5
ADOQ-51	98-52-2	p-tert-butylcyclohexanol	14,1	5,3	5,4	2,0
ADOQ-51	-	alcool C12	114,2	85,9	43,6	32,9
ADOQ-51		COVT	788,6	278,4	301,5	106,4
ADOQ-53	21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	7,0	0,0	4,7	0,0
ADOQ-53	5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	2712,6	0,0	1851,5	0,0
ADOQ-53	6863-58-7	di-sec-butyl ether	159,4	6,3	108,8	4,3
ADOQ-53		dipropylene glycol monomethyl ether	974,7	23,1	665,3	15,8
ADOQ-53		dipropylene glycol monomethyl ether	944,4	25,4	644,6	17,3
ADOQ-53		dipropylene glycol monomethyl ether	61,7	1,5	42,1	1,0
ADOQ-53		tripropylene glycol monomethyl ether	2633,5	76,3	1797,5	52,1
ADOQ-53		tripropylene glycol monomethyl ether	75,3	3,3	51,4	2,3
ADOQ-53		tripropylene glycol monomethyl ether	73,5	2,3	50,2	1,5
ADOQ-53		inconnu	10,4	0,0	7,1	0,0
ADOQ-53	138-86-3	d-limonene	265,3	3,3	181,1	2,2

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-53	470-82-6	Eucalyptol	51,6	2,9	35,2	2,0
ADOQ-53	18479-58-8	dihydromyrcenol	121,5	1,0	82,9	0,7
ADOQ-53	138-87-4	β -terpineol	11,5	0,0	7,9	0,0
ADOQ-53	507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	42,9	1,1	29,3	0,8
ADOQ-53	98-55-5	terpineol	85,5	0,0	58,4	0,0
ADOQ-53		terpene	29,8	0,0	20,3	0,0
ADOQ-53	-	alcool cyclique	8,3	0,0	5,7	0,0
ADOQ-53	76-49-3 / 125-12-2	bornyl / isobornyl acetate	89,7	2,3	61,2	1,5
ADOQ-53	27137-33-3	dicyclopentenyl alcool	44,5	0,0	30,4	0,0
ADOQ-53		indan-1,3-diol monoacetate	13,8	0,0	9,4	0,0
ADOQ-53		inconnu	8,5	0,0	5,8	0,0
ADOQ-53	5328-01-8	1-ethoxy naphtalene	18,4	1,1	12,6	0,8
ADOQ-53		COVT	8603,8	276,8	5872,4	188,9
ADOQ-54	-	alcool	26,9	4,1	2,4	0,4
ADOQ-54	108-88-3	toluene	6,7	11,6	0,6	1,0
ADOQ-54	21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	19,0	10,5	1,7	0,9
ADOQ-54	111-76-2	2-butoxyethanol	22,9	67,7	2,0	5,9
ADOQ-54	2437-95-8	α -pinene	14,9	3,3	1,3	0,3
ADOQ-54	110-93-0	6-methyl-5-hepten-2-one	7,2	2,2	0,6	0,2
ADOQ-54		dipropylene glycol monomethyl ether	913,2	4503,1	80,0	394,4
ADOQ-54		dipropylene glycol monomethyl ether	836,3	2601,3	73,2	227,8
ADOQ-54	55956-21-3	2-(2-methoxy-1-methylethoxy)-1-propanol	68,9	112,0	6,0	9,8
ADOQ-54		tripropylene glycol monomethyl ether	932,9	5222,5	81,7	457,4
ADOQ-54	13588-28-8	2-(2-methoxypropoxy)-1-propanol	20,0	126,0	1,8	11,0
ADOQ-54	13588-28-8	2-(2-methoxypropoxy)-1-propanol	17,8	108,7	1,6	9,5
ADOQ-54	138-86-3	d-limonene	56,9	16,0	5,0	1,4
ADOQ-54	100-51-6	benzyl alcool	8,7	9,6	0,8	0,8
ADOQ-54	18479-58-8	2,6-dimethyl-7-octen-2-ol	280,3	72,3	24,5	6,3
ADOQ-54	78-70-6	3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol	58,9	17,6	5,2	1,5
ADOQ-54	60-12-8	phenylethyl alcool	13,3	15,9	1,2	1,4
ADOQ-54	586-82-3	1-terpinenol	11,4	4,1	1,0	0,4
ADOQ-54	138-87-4	β -terpineol	56,5	20,2	4,9	1,8
ADOQ-54	7299-40-3	cis- β -Terpineol	22,6	11,9	2,0	1,0
ADOQ-54	13491-79-7	o-tert-butylcyclohexanol	25,0	7,3	2,2	0,6
ADOQ-54	98-55-5	α -terpineol	399,3	204,1	35,0	17,9

Produit	N° CAS	Composé	SERa ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		SERq ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
			0-30min	30-60min	0-30min	30-60min
ADOQ-54	586-81-2	γ -terpineol	116,7	59,8	10,2	5,2
ADOQ-54	935-05-3	4-tert-butylcyclohexanol	9,1	4,1	0,8	0,4
ADOQ-54	106-22-9	citronellol	60,4	44,4	5,3	3,9
ADOQ-54	98-52-2	cis-4-tert-butylcyclohexanol	18,1	13,3	1,6	1,2
ADOQ-54		terpene	16,1	5,6	1,4	0,5
ADOQ-54	106-25-2	cis-geraniol	19,0	18,6	1,7	1,6
ADOQ-54		terpene	7,2	4,1	0,6	0,4
ADOQ-54		indan-1,3-diol monoacetate	7,5	4,5	0,7	0,4
ADOQ-54	127-51-5	α -cetone	42,0	34,8	3,7	3,0
ADOQ-54	-	esters inconnus	7,9	24,0	0,7	2,1
ADOQ-54		inconnu	1,5	7,7	0,1	0,7
ADOQ-54	7779-30-8	α -n-methyl ionone	9,6	10,0	0,8	0,9
ADOQ-54		ester inconnu	3,0	18,1	0,3	1,6
ADOQ-54	51115-63-0	2-methylbutyl salicylate	201,1	261,3	17,6	22,9
ADOQ-54	-	COVT	4452,6	13754,7	390,0	1204,8

B. Répartition des COV identifiés et des 15 aldéhydes recherchés, dans les 54 produits testés

Aldéhydes par HPLC

N° CAS	Composé	Identifié dans le(s) produits(s) ADOQ-	% produits
67-64-1	acetone	tous sauf 8 et 24	96%
50-00-0	formaldehyde	tous sauf 14, 22, 37, 39 et 54	91%
108-62-3	acetaldehyde	4+6+7+8+9+15+17+19+25+29+30+33+34+35+36+37+40+42+43+44+46+48+52	43%
123-38-6	propionaldehyde	6+7+8+9+10+11+17+25+26+30+36+44+46+49+52+54	30%
100-52-7	benzaldehyde	4+6+8+16+27+37+39	13%
107028	acroleine	6+7+8+35+42+48	11%
4170303	crotonaldehyde	6+8+10+40+43	9%
123-72-8	butyraldehyde	6+7+8+10	7%
66251	hexaldehyde	6+40+43	6%
590-86-3	isovaleraldehyde	6+7+23	6%
70-62-3	valeraldehyde	30	2%

COV par TD/GS/MS/FID

N° CAS	Composé	Identifié dans le(s) produits(s) ADOQ-	% produits
138-86-3	d-limonene	1+2+3+11+12+14+15+17+18+21+29+33+37+38+39+42+43+44+46+50+52+53+54	43%
18479-58-8	dihydromyrcenol	2+3+5+9+12+14+15+16+18+29+33+34+37+38+42+43+50+51+53	35%
-	terpenes	2+3+12+13+15+16+18+29+33+39+40+42+44+50+51+52+53	31%
470-82-6	eucalyptol	9+10+12+13+14+15+18+38+39+43+44+50+51+52+53	28%
78-70-6	linalool	2+3+15+33+34+38+39+40+42+43+44+50	22%
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	15+17+20+21+24+39+40+43+44+53	19%
106-25-2	cis-geraniol	2+3+15+34+40+42+43+44+50+54	19%
586-62-9	terpinolene	2+3+11+12+13+14+15+38+50	17%
100-51-6	benzyl alcool	16+17+18+33+34+38+47+54	15%
507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	12+13+14+17+50+51+52+53	15%
124-19-6	nonanal	3+15+17+18+29+33+34+50	15%
60-12-8	phenylethyl alcool	13+24+34+39+47+51+52+54	15%
21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	20+21+37+39+43+53+54	13%
32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	2+5+9+16+17+18+33	13%
65-85-0	acide benzoïque	7+8+10+13+14+15+52	13%
138-87-4	b-terpineol	12+33+39+43+50+53+54	13%
98-55-5	terpineol	12+14+33+39+43+52+53	13%
629-59-4	tetradecane	3+9+12+17+40+50+52	13%
10482-56-1	α -terpineol	2+13+21+29+39+44+54	13%
6863-58-7	di-sec-butyl ether	20+21+24+39+43+53	11%
124-13-0	octanal	3+15+33+43+44+50	11%
98-55-5	α -terpineol	13+21+29+3+44+54	11%
1445-91-6	1-phenylethanol	15+16+17+18+50	9%
586-82-3	1-terpinenol	14+33+39+50+54	9%
128-37-0	BHT	12+16+18+39+44	9%
103-95-7	cyclamal	5+12+18+33+44	9%
80-54-6	lilial	12+16+18+42+50	9%
99-87-6	p-cymene	3+9+15+44+50	9%
2437-95-8	α -pinene	3+9+38+50+54	9%
57-55-6	1,2-propanediol	9+34+43+50	7%
100-52-7	benzaldehyde	4+7+8+10	7%
67-66-3	chloroforme	6+7+8+10	7%
106-22-9	citronellol	2+37+43+54	7%

N° CAS	Composé	Identifié dans le(s) produits(s) ADOQ-	% produits
124-18-5	decane	24+36+38+50	7%
27137-33-3	dicyclopentenyl alcool	16+17+18+53	7%
-	dipropylene glycol monomethyl ether	37+43+53+54	7%
112-40-3	dodecane	2+9+39+52	7%
-	indan-1,3-diol monopropionate	11+15+16+18	7%
470-67-7	isocineole	14+15+38+44	7%
18479-52-2	isocitronellol	12+17+19+50	7%
1120-21-4	undecane	8+33+36+50	7%
554-61-0	2-carene	3+33+39	6%
110-93-0	6-methyl-5-hepten-2-one	38+40+54	6%
-	alcool	39+50+54	6%
	alkyl alcane	16+17+18	6%
100-47-0	benzonitrile	7+8+10	6%
79-77-6	b-ionone	16+18+44	6%
79-92-5	camphene	38+50+51	6%
464-48-2	camphor	9+12+33	6%
87-44-5	caryophyllene	15+39+40	6%
-	dipropylene glycol	33+42+43	6%
106-24-1	geraniol	42+44+50	6%
-	indan-1,3-diol monoacetate	33+53+54	6%
1200-67-5	isobornyl formate	9+12+33	6%
90-43-7	o-hydroxybiphenyl	12+13+14	6%
-	tripropylene glycol monomethyl ether	37+53+54	6%
127-51-5	α -cetone	16+18+54	6%
141-27-5	α -citral	3+40+50	6%
13429-07-7	1-(2-methoxypropoxy)-2-propanol	38+47	4%
81561-77-5	1-(4-tert-butylphenyl)propan-2-one	9+39	4%
2217-02-9	1,3,3-trimethylbicyclo-(2.2.1)-heptan-2-ol	12+17	4%
289-95-2	1,3-diazine	37+39	4%
6168-62-3	1,5,5-trimethyl-bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol	12+51	4%
4537-11-5	1-butylhexyl-benzene	1+50	4%
5328-01-8	1-ethoxy naphtalene	15+53	4%
71-41-0	1-pentanol	9+17	4%
18479-58-8	2,6-dimethyl-7-octen-2-ol	1+54	4%
111-76-2	2-butoxyethanol	50+54	4%

N° CAS	Composé	Identifié dans le(s) produits(s) ADOQ-	% produits
110-41-8	2-methyl undecanal	2+12	4%
111-13-7	2-octanone	13+52	4%
10281-55-7	3,7-dimethyl-1,6-octadiene	17+51	4%
928-96-1	3-hexen-ol	15+43	4%
935-05-3	4-tert-butylcyclohexanol	12+54	4%
64-19-7	acide acetique	6+18	4%
-	alcool C11	50+52	4%
	aldehyde C11	39+43	4%
	aldehyde C9	44+50	4%
2050-08-0	amyl salicylate	16+18	4%
106-26-3	b-citral	40+50	4%
10094-34-5	benzyl dimethylcarbinyl butyrate	9+11	4%
2550-26-7	benzylacetone	16+18	4%
127-91-3	b-pinene	1+50	4%
32210-23-4	butylcyclohexyl acetate ?	39	4%
98-52-2	cis-4-tert-butylcyclohexanol	12+54	4%
7299-40-3	cis-b-terpineol	33+54	4%
293-96-9	cyclodecane	13+14	4%
	derive acide oxalique	13+15	4%
112-34-5	diethylene glycol butyl ether	50+52	4%
78-69-3	dihydrolinalool	5+33	4%
78-69-3 + 78-70-6	dihydrolinalool + linalool	5+33	4%
141-78-6	ethyl acetate	6+40	4%
1632-73-1	fenchol	14+50	4%
93-92-5	gardenol	15+33	4%
99-85-4	g-terpinene	1+50	4%
1490-04-6	menthol	2+15	4%
504-76-7	oxazolidine	37+39	4%
1197-01-9	p-cymen-8-ol	9+43	4%
98-52-2	p-tert-butylcyclohexanol	38+51	4%
586-82-3	terpinenol	12+34	4%
108-88-3	toluene	23+54	4%
629-50-5	tridecane	1+50	4%
469-61-4	α -cedrene	2+17	4%
80-26-2	α -terpineol acetate	9+39	4%

N° CAS	Composé	Identifié dans le(s) produits(s) ADOQ-	% produits
110-98-5	1,1'-oxybis-2-propanol	29	2%
40702-26-9	1,3,4-triméthyl-3-cyclohexen-1-carboxaldehyde	14	2%
470-67-7	1,4-cineol	3	2%
18736-95-3	1-cyclohexyl-1-propyne	33	2%
4621-36-7	1-éthylotyl-benzène	1	2%
107-98-2	1-méthoxy-2-propanol	15	2%
1123-25-7	1-méthylcyclohexa-1,3-diene	43	2%
111-87-5	1-octanol	13	2%
4187-86-4	1-pentyn-3-ol	33	2%
770-35-4	1-phénoxy-2-propanol	39	2%
57-55-6	1-propanediol	23	2%
4537-12-6	1-propylheptyl-benzène	1	2%
?	2-(1,1-diméthylethyl) cyclohexanol	17	2%
55956-21-3	2-(2-méthoxy-1-méthylethoxy)-1-propanol	54	2%
13588-28-8	2-(2-méthoxypropoxy)-1-propanol	54	2%
1070-87-7	2,2,4,4-tétraméthylpentane ?	8	2%
7392-19-0	2,2,6-triméthyl-6-vinyltétrahydropyran	17	2%
56762-00-6	2,2'-oxybis pentane	5	2%
108-61-2	2,2'-oxybis 1-propanol	29	2%
16411-13-5	2,3-diméthyl-butanedinitrile	8	2%
4313-57-9	2,5-dihydrotoluène	43	2%
101-49-5	2-benzyl-1,3-dioxolane	34	2%
3913-02-8	2-butyl-1-octanol	2	2%
104-76-7	2-éthylhexanol	36	2%
10431-98-8	2-éthylloxazoline	8	2%
109-86-4	2-méthoxyéthanol	36	2%
78-83-1	2-méthyl-1-propanol	40	2%
51115-63-0	2-méthylbutyl salicylate	54	2%
126442-19-1	2-méthyliminoperhydro-1,3-oxazine	8	2%
79-46-9	2-nitropropane	8	2%
103-45-7	2-phényléthyl ester acétique	5	2%
10203-28-8	2-undécanol ?	13	2%
112-12-9	2-undécanone	9	2%
81250-41-1	3,3,6-triméthyl-4,5-heptadien-2-one	12	2%

N° CAS	Composé	Identifié dans le(s) produits(s) ADOQ-	% produits
4316-65-8	3,5,5-trimethyl-1-hexene	2	2%
1786-08-9	3,6-dihydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-2H-pyran	44	2%
34645-03-9	3,6-dimethyl-4-octanone	17	2%
78-70-6	3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol	54	2%
1117-61-9	3,7-Dimethyl-6-octen-1-ol	50	2%
16251-77-7	3-phenylbutyraldehyde	12	2%
3769-23-1	4-methyl-1-hexene	9	2%
4485-09-0	4-nonanone	40	2%
2550-26-7	4-phenyl-2-butanone	5	2%
562-74-3	4-terpineol	12	2%
29210-77-3	6,7-dihydro-7-hydroxylinalool	43	2%
108-62-3	acetaldehyde	40	2%
-	acide 2-methyl-2,3-dihydro-2-hydroxy-1H-indylester propanoïque	11	2%
79-109-4	acide propanoïque	8	2%
	alcane C13	37	2%
-	alcane C9	6	2%
	alcane cyclique	52	2%
-	alcool C12	51	2%
-	alcool cyclique	53	2%
-	alkyl 3-cyclohexen-1-carboxaldehyde	2	2%
-	alkyl benzene	9	2%
2705-87-5	alkyl cyclohexanepropionate	44	2%
	alkyl naphtalene	40	2%
140-11-4	benzyl acetate	2	2%
6383-11-5	bicyclo[4,2,0]octa-1,3,5-triene-7,8-dione	7	2%
125-35-3	b-myrcene	1	2%
76-49-3 / 125-12-2	bornyl / isobornyl acetate	53	2%
103-52-6	b-phenylethyl butyrate	5	2%
105-60-2	caprolactam	8	2%
33704-61-9	cashmeran	39	2%
106-23-0	citronellal	50	2%
16982-00-6	cuparene	2	2%
294-62-2	cyclododecane	14	2%

N° CAS	Composé	Identifié dans le(s) produits(s) ADOQ-	% produits
2244-16-8	d-carvone	50	2%
112-31-2	decanal	11	2%
1975-78-6 / 2244-07-7	decanenitrile / undecanenitrile	11	2%
	derive linalool	34	2%
3691-11-0	d-guaiene	15	2%
498-81-7	dihydro-a-terpineol	5	2%
473-55-2	dihydropinene	15	2%
100-86-7	dimethylbenzylcarbinol	50	2%
151-05-3	dimethylbenzylcarbinol acetate	5	2%
103-05-9	dimethylphenethylcarbinol	39	2%
101-84-8	diphenyl ether	9	2%
112-54-9	dodecanal	12	2%
2437-25-4	dodecanenitrile	33	2%
-	ester acide oxalique	39	2%
-	esters inconnus	54	2%
109-86-4	ethylene glycol monomethyl ether	37	2%
107-85-3	geranyl acetate	50	2%
586-81-2	g-terpineol	54	2%
142-82-5	heptane	39	2%
544-76-3	hexadecane	8	2%
120-50-3	isobutyl benzoate	50	2%
1135-66-6	isolongifolene	2	2%
1196-31-2	isomenthone	15	2%
27137-33-3	isomere dicyclopentenyl alcool	16	2%
513-23-5	isothujol	52	2%
2216-51-5	levomenthol	15	2%
1195-92-2	limonene oxide	9	2%
5989-33-3	linalool oxide	34	2%
10458-14-7	menthone	15	2%
543-39-5	myrcenol	33	2%
108-01-0	n,n-dimethyl-2-aminoethanol	37	2%
13491-79-7	o-tert-butylcyclohexanol	54	2%
101-48-4	phenylacetaldehyde dimethyl acetal	5	2%
120-57-0	piperonal	18	2%

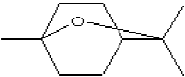
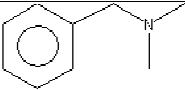

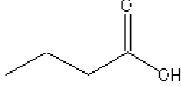
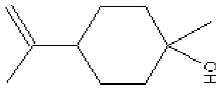

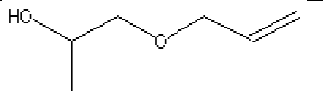

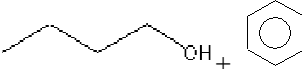
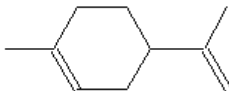
N° CAS	Composé	Identifié dans le(s) produits(s) ADOQ-	% produits
16409-43-1	rosoxide	33	2%
7416-35-5	tetrahydro-2,2-dimethyl-5-(1-methyl-1-propenyl)-furan	17	2%
75-25-2	tribromomethane	9	2%
-	tripropylene glycol	23	2%
112-44-7	undecanal	52	2%
473-67-6	verbenol	40	2%
654486	α -guaiene	15	2%
127-51-5	α -iso-methyl ionone	12	2%
470-40-6	α -longipinene	2	2%
50373-55-2	α -methylbenzyl acetate	9	2%
7779-30-8	α -n-methyl ionone	54	2%
1686-14-2	α -pinene oxide	9	2%

C. Notes globales des principaux composés volatils identifiés

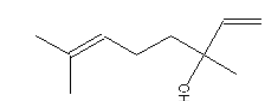
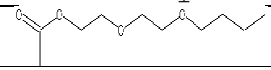
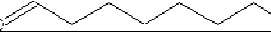

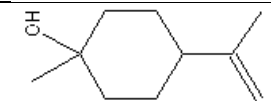
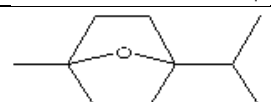
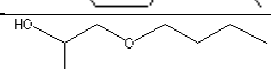

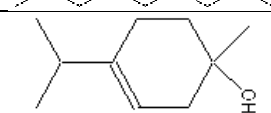
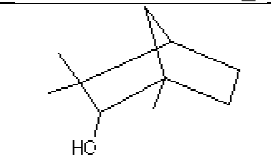

N° CAS	Composé	Score Fréquence	Score Santé	Note globale
50-00-0	formaldehyde	3	3	9
108-62-3	acetaldehyde	3	2	6
123-38-6	propionaldehyde	3	1	3
67-64-1	acetone	3	1	3
138-86-3	d-limonene	3	1	3
18479-58-8	dihydromyrcenol	3	1	3
470-82-6	eucalyptol	2	1	2
78-70-6	linalool	2	1	2
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	2	1	2
106-25-2	cis-geraniol	2	1	2
586-62-9	terpinolene	2	1	2
100-51-6	benzyl alcool	2	1	2
507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	2	1	2
124-19-6	nonanal	2	1	2
60-12-8	phenylethyl alcool	2	1	2
21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	2	1	2
32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	2	1	2
65-85-0	acide benzoïque	2	1	2
138-87-4	b-terpineol	2	1	2
98-55-5	terpineol	2	1	2
629-59-4	tetradecane	2	1	2
10482-56-1	α -terpineol	2	1	2
6863-58-7	di-sec-butyl ether	2	1	2
124-13-0	octanal	2	1	2
98-55-5	α -terpineol	2	1	2

D. Formules chimiques des composés identifiés lors de l'analyse des produits purs

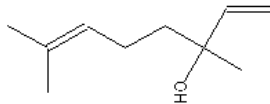
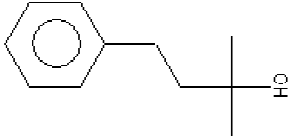
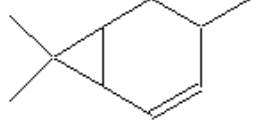
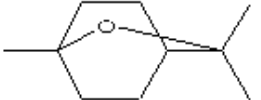
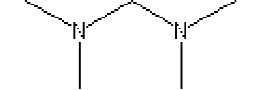


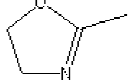
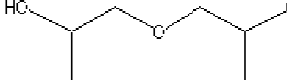
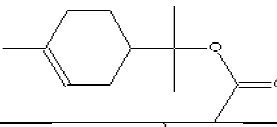

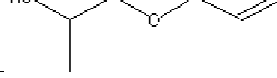
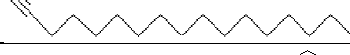
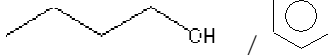

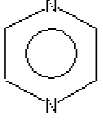
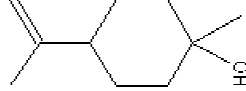
ADOQ-53		
N° CAS	Composé	Structure
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	
34590-94-8	DPGME et isomères	
112-18-5	n-dodecyldiméthylamine	
18479-58-8	dihydromyrcenol	
6863-58-7	di-sec-butyl ether	
76-49-3 / 125-12-2	bornyl / isobornyl acetate	
507-70-0 / 124-76-5	borneol / isoborneol	
98-55-5	α -terpineol	
100-51-6	benzyl alcool	
112-75-4	n,n-diméthyl-1-tétradécanamine,	
64-19-7	acide acétique	
122-40-7	jasminaldehyde	
93-18-5	1-éthoxy naphthalene	
586-81-2	γ -terpineol	
5390-28-3	ethanol, 2-nitro-, propionate (ester)	

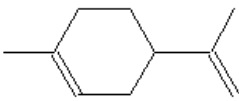
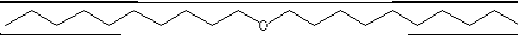
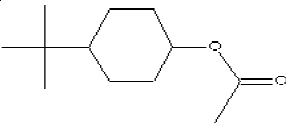
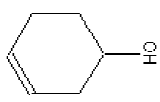
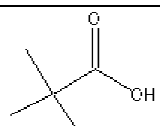
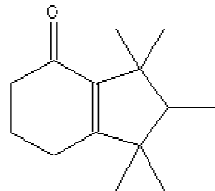
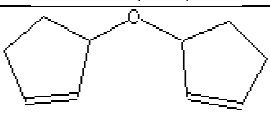
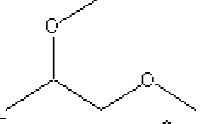
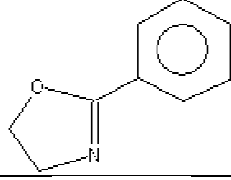
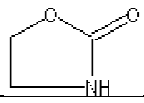
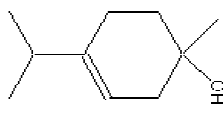
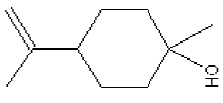
ADOQ-53		
N° CAS	Composé	Structure
470-82-6	eucalyptol	
103-83-3	benzyl diméthylamine	
112-30-1	decanol	
107-92-6	acide butanoïque	
138-87-4	β -terpinol	
111-87-5	1-octanol	
21460-36-6	1-(2-propényloxy)-2-propanol	
5878-19-3	1-méthoxy-2-propanone	
71-36-3 + 71-43-2	1-butanol + benzène	
5989-27-5	d-limonène	

ADOQ-50		
N° CAS	Composé	Structure
112-34-5	diethylene glycol butyl ether	
64-19-7	acide acétique	
79-09-4	acide propanoïque	
107-92-6	acide butanoïque	
18479-52-2	dihydromyrcenol	
10233-13-3	1-propyl dodecanoate	
719-22-2	2,6-di-tert-butyl-p-benzoquinone (DBQ)	
106-25-2	cis-geraniol	
5989-27-5	d-limonene	
106-24-1	geraniol	
112-53-8	dodecanol	
57-55-6	1,2-propanediol	
104-76-7	ethylhexanol	
124-19-6	nonanal	
629-59-4	tetradecane	
142-62-1	acide hexanoïque	
	cetone (dodecanone?)	
629-50-5	tridecane	
470-82-6	eucalyptol	
2548-87-0	2-octenal	
80-54-6	lilial	
109-52-4	acide pentanoïque	

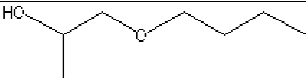
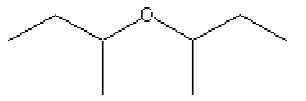
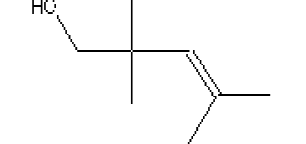

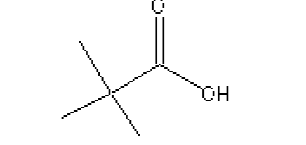

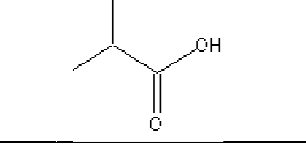
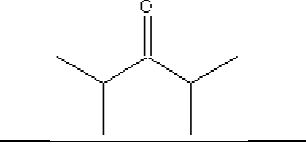
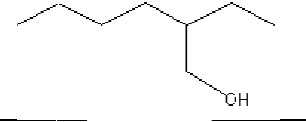
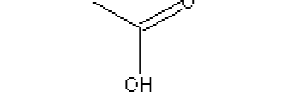

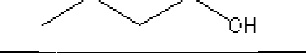
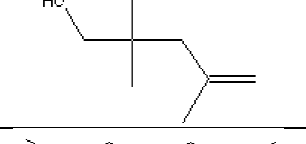

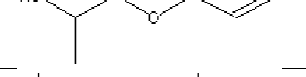
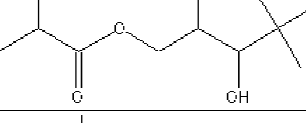
ADOQ-50		
N° CAS	Composé	Structure
78-70-6	linalool	
124-17-4	2-(2-butoxyethoxy)-ethanol acetate	
124-13-0	octanal	
110-93-0	6-methyl-5-hepten-2-one	
138-87-4	β -terpineol	
470-67-7	isocineole	
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	
821-55-6	2-nonanone	
586-82-3	1-terpineol	
1632-73-1	fenchol	
928-68-7	6-methyl-2-heptanone	

ADOQ-39		
N° CAS	Composé	Structure
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	
141-43-5	monoethanolamine	
900340-16-0	n-allyl-octanamide,	
7726-08-1	n-(2-hydroxyethyl)-decanamide	
900330-93-1	3-fluorophenyl ester acide hexanoïque	
18479-58-8	2,6-dimethyl-7-octen-2-ol	
6863-58-7	di-sec-butyl ether	
544-31-0	palmidrol	
7534-94-3	iso-bornyl methacrylate	
554-61-0 / 91-20-3	2-carene / naphthalène	
60-12-8	phenylethyl alcohol	
98-55-5	terpineol	
112-30-1	1-decanol	
1222-05-5	galoxolide	
1900-69-2	p-tert-butylcyclohexyl acetate	
112-42-5	1-undecanol	
107-39-1	2,4,4-trimethyl-1-pentene	
40607-48-5	3,7-dimethyl-2-octen-1-ol	
124-11-8	1-nonene	

ADOQ-39		
N° CAS	Composé	Structure
78-70-6	linalool	
103-05-9	dimethylphenethylcarbinol	
29050-33-7	carene	
470-82-6	eucalyptol	
51-80-9	n,n,n',n'-tetramethylmethanediamine	
2437-25-4	dodecanenitrile	
1120-16-7	dodecanamide	
1120-64-5	4,5-dihydro-2-methyl-oxazole	
110-98-5	1,1'-oxybis-2-propanol	
80-26-2	α-terpineol acetate	
926-64-7	(dimethylamino)-acetonitrile	
21460-36-6	1-(2-propenyloxy)-2-propanol	
629-79-8	hexadecanenitrile	
71-36-3 / 71-43-2	1-butanol / benzene	
100-52-7	benzaldehyde	
290-37-9	pyrazine	
138-87-4	1-methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexanol	

ADOQ-39		
N° CAS	Composé	Structure
5989-27-5	d-limonene	
2456-28-2	1,1'-oxybis-decane	
32210-23-4	4-tert-butylcyclohexyl acetate	
822-66-2	3-cyclohexen-1-ol	
75-98-9	2,2-dimethyl acide propanoïque	
33704-61-9	cashmeran	
15131-55-2	3,3'-oxybis-cyclopentene	
7778-85-0	1,2-dimethoxy-propane	
7127-19-7	2-phenyl-1,3-oxazol-2-ine	
497-25-6	2-oxazolidone	
586-82-3	1-methyl-4-(1-methylethyl)-3-cyclohexen-1-ol	
138-87-4	β -terpineol	

ADOQ-39		
N° CAS	Composé	Structure
289-95-2	1,3-diazine	
62399-57-9	dinitromethylide-pyridinium	
86608-11-9	1-[4-(dimethylaminoethoxy)phenyl]-acetone	
100-42-5	styrene	
3485-84-5	2-ethenyl-1h-isoindole-1,3(2H)-dione	
87-44-5	caryophyllene	

ADOQ-20		
N° CAS	Composé	Structure
5131-66-8	1-butoxy-2-propanol	
6863-58-7	di sec-butyl ether	
5842-53-5	2,2,4-trimethyl-3-penten-1-ol	
111-87-5	1-octanol	
75-98-9	2,2-dimethyl- propanoic acid,	
112-30-1	1-decanol	
79-31-2	2-methyl- acide propanoïque	
565-80-0	2,4-dimethyl-3-pentanone,	
104-76-7	2-ethyl-1-hexanol	
64-19-7	acide acétique	
123-72-8	butanal	
71-36-3	1-butanol	
53907-70-3	2,2,4-trimethyl-4-penten-1-ol,	
1471-03-0	3-propoxy-1-propene,	
21460-36-6	1-(2-propenyloxy)- 2-propanol	
74367-34-3	2-methyl- 3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester acide propanoïque	
900143-83-9	S-3.4-dimethylpentanol	