

RAPPORT
INERIS-DRC-15-152437-01073B

03/11/2015

**Impact des activités de proximité sur la qualité
de l'air intérieur dans les logements attenants :
les imprimeries**

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable

Impact des activités de proximité sur la qualité de l'air intérieur dans les logements attenants : les imprimeries

Rapport réalisé pour le Ministère en charge de l'Écologie.

Personnes ayant participé à l'étude :

Hervé ADRIEN, Olivier DIAGO, Didier GRANIER, Arnaud PAPIN, (unité Ressources Analytiques).

Heidi CARRILHO, Fabrice GODEFROY, Guillaume HAREL, Caroline MARCHAND, Jessica QUERON, Bruno TRIART (unité MILIEUX).

Rodolphe GAUCHER, Hélène PARTAIX (unité Technologies et Procédés Propres et Durables).

Muriel ISMERT (unité Impact Sanitaire et Exposition)

PRÉAMBULE

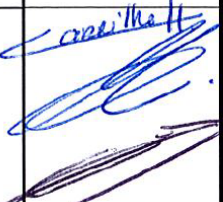
Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

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

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

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

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

	Rédaction			Vérification	Approbation
NOM	Heidi CARRILHO Caroline MARCHAND Jessica QUERON	Hélène PARTAIX	Emmanuelle BOULVERT	Rodolphe GAUCHER	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieurs de l'unité Milieux	Ingénieur de l'unité Technologies Propres	Ingénieur de l'unité Impact Sanitaire et Expositions	Responsable de l'unité Technologies Propres	Responsable du Pôle Risque et Technologies Durables
Visa					

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des personnes ayant accepté de participer à l'étude, et nous ayant laissé accéder à leurs logements et à l'imprimerie pour réaliser les prélèvements.

Nous remercions aussi l'UNIC (Union Nationale des Imprimeries et de la Communication) qui a recherché pour l'INERIS plusieurs imprimeries en Ile-de-France respectant dans la mesure du possible les critères définis par l'INERIS (type d'imprimerie, localisation, déroulement de la campagne de prélèvement, etc.) et a fourni des informations sur les entreprises du secteur.

SYNTHESE

La campagne pilote réalisée par l'INERIS de mesures des émissions dans une imprimerie et dans les logements contigus constitue l'une des actions inscrites au Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur lancé en 2013.

Elle s'inscrit dans la continuité des travaux conduits depuis plusieurs années, dans le cadre du programme d'appui au Ministère en charge de l'Écologie, dans lequel l'INERIS étudie les impacts potentiels des petites activités industrielles installées en centre urbain sur la qualité de l'air intérieur des logements attenants et sur la santé des riverains.

Après avoir traité la problématique liée à l'exposition au perchloroéthylène utilisé par les activités de nettoyage à sec, l'INERIS, en concertation avec le Ministère, a choisi d'investiguer le secteur de l'imprimerie. Ce choix s'est appuyé sur un travail de priorisation des activités d'intérêt réalisé en 2008¹. Une première étude bibliographique [INERIS, 2011]², la synthèse des données du marché et les contacts avec le syndicat UNIC (Union Nationale de l'Imprimerie et de la Communication) ont permis d'identifier, comme activité majoritaire dans les centres urbains, les imprimeries de labeur (secteur des produits publicitaires, livres, cartes, calendriers et presse non quotidienne) avec la technologie offset-feuilles (impression indirecte par procédé photomécanique sur bobine de papier).

L'analyse bibliographique préliminaire a fait ressortir très peu d'études et de résultats de campagnes de mesure pertinents. Les données disponibles ont été jugées insuffisantes pour la mise en œuvre de la démarche d'évaluation des risques sanitaires (ERS) pour des riverains dans des logements contigus aux imprimeries.

L'INERIS a alors proposé de mettre en place une campagne de mesure exploratoire dans une imprimerie de centre-ville utilisant la technologie de l'offset et dont les objectifs étaient multiples :

- identifier les substances émises potentiellement par l'imprimerie vers les logements, c'est-à-dire les substances traceurs d'émission de l'activité imprimerie ;
- évaluer les niveaux de concentrations associés par rapport aux données de concentrations moyennes dans les logements français (notamment données de l'Observatoire de Qualité de l'Air Intérieur) ;
- évaluer les risques sanitaires pour les riverains liés aux substances traceurs d'émissions de l'activité imprimerie.

Les données descriptives du parc relatif à l'imprimerie en France collectées en 2011 ont été complétées afin d'aider à l'intégration des résultats de la campagne.

L'ensemble de ces éléments fait l'objet du présent rapport et est synthétisé ci-après.

¹ INERIS (2008) - Petites activités non soumises à autorisation à l'origine de pollutions de proximité en environnement urbain : Revue de la littérature et choix des installations prioritaires pour évaluer les risques sanitaires pour la population générale [INERIS-DRC-08-94882-05862A].

² INERIS (2011) – Evaluation des risques sanitaires liée à l'activité des imprimeries installées dans les centres urbains [INERIS-DRC-11-109458-01874A]

PARTIE 1 : DESCRIPTION DU SECTEUR DE L'IMPRIMERIE

L'imprimerie de labeur, constituée majoritairement de TPE (Très Petites Entreprises) et d'entreprises artisanales, est le sous-secteur de l'activité Imprimerie que l'on retrouve le plus dans les centres-villes. En 2011, les imprimeries de labeur de moins de 10 salariés (i.e. les plus présentes en centre ville) comptaient environ 2700 établissements en France pour près de 3800 imprimeries de labeur au total et environ 6000 entreprises dans le domaine des industries graphiques. Un recensement de ce type d'établissements par l'AGEFOS-PME estime à environ 200 le nombre présent en centre-ville pour 6 grandes villes de France. Une extrapolation de ce comptage permet d'évaluer à entre 700 et 1300 le nombre d'imprimeries de labeur en centre ville.

Compte-tenu des tonnages réalisés, du nombre d'entreprises concernées et de la taille des entreprises, la technologie offset feuille (code NAF 1812Z) dans les imprimeries de labeur, est la technologie d'impression principale en centre-ville. Contrairement à l'offset rotative, pour l'offset feuilles, seuls certains établissements entrent dans le champ de la réglementation des Installations Classées (rubrique 2450). Les quantités d'encres mises en œuvre dans les petits établissements, ce qui est généralement le cas dans les centres-villes, les positionnent très en dessous des seuils de déclaration.

Les produits usuellement utilisés sont nombreux et de natures diverses. Ils peuvent comporter des substances volatiles et présenter des caractères de dangers pour la santé. Une estimation des quantités utilisées est compliquée du fait de la disparité des entreprises et du nombre de produits potentiels. Cependant, pour l'imprimerie étudiée, la consommation en encre a été globalement estimée à une centaine de kilogrammes par an. Différentes sources documentaires³ permettent cependant d'identifier les substances les plus préoccupantes mises en œuvre en imprimeries offset feuilles :

- les colles lors du montage des films ;
- pour l'étape de fabrication des plaques :
 - les solvants divers utilisés pour le nettoyage,
 - les révélateurs, développeurs et fixateurs de films,
 - les régénérateurs pour plaques.
- les encres, liquides de mouillages et poudres antimaculage mis en œuvre à l'impression, ainsi que les produits de nettoyage sur cette même étape.

³ Notamment : INRS (2003). Évaluation et prévention des risques dans les petites imprimeries offset. Dossier médico-technique 94 TC 92, p 109 – 150 et l'Arrêté du 16/07/03 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 2450 relative aux imprimeries ou ateliers de reproduction graphique sur tout support tel que métal, papier, carton, matières plastiques, textiles, etc., utilisant une forme imprimante (JO n° 205 du 5 septembre 2003 et BOMEDD n° 2003-19 du 15 octobre 2003)

Environ 62% des imprimeries ont obtenu le label Imprim'Vert®, label sans équivalent en Europe, qui implique le respect de dispositions environnementales, notamment en termes d'utilisation de produits chimiques. L'extrapolation à partir du comptage effectué par AGEFOS-PME indique que les imprimeries Imprim'Vert en centre ville pourraient être de l'ordre de 400 à 800 pour 300 à 500 non labellisées.

Dans le cadre d'une étude sur la mise en œuvre du règlement Européen CLP⁴, le label Imprim'Vert® envisage de faire évoluer à l'horizon novembre 2016 son critère portant sur l'éviction de certains produits. Les produits visés sont, pour la plupart, des solvants utilisés pour le nettoyage des machines ou des plaques ainsi que certaines encres. La dangerosité est dans tous les cas associée à la présence de dérivés pétroliers. Une réflexion est menée sur la substitution de ces produits.

PARTIE 2 : CAMPAGNE EXPLORATOIRE DE MESURE

L'imprimerie retenue pour la campagne de mesure exploratoire a été choisie selon des critères de sélection spécifiques : technologie offset, localisée en centre urbain, avec des logements attenants et des volumes de production pendant la période de mesures représentatifs de son volume annuel. Cette dernière est située à Paris, au rez-de-chaussée d'un immeuble de plusieurs étages. Elle a également obtenu le label Imprim'Vert®.

Les deux appartements investigués conjointement à l'imprimerie, sont situés au 1^{er} étage de l'immeuble, donnant sur une cour intérieure. Le 1^{er} logement (studio d'environ 20 m²) est situé à la verticale de la machine d'impression offset de l'imprimerie, et le 2nd logement (appartement d'environ 50 m²) est situé juste au-dessus des vestiaires de l'imprimerie.

La liste des substances à rechercher lors de la campagne exploratoire de mesures a été établie sur la base de la bibliographie. Les substances identifiées dans la littérature comme liées à l'activité imprimerie correspondent toutefois à des substances souvent déjà présentes dans les logements car provenant d'autres sources. Un screening plus large des composés potentiellement présents a donc été réalisé (recherche par familles), tout en ciblant spécifiquement certaines substances d'ores et déjà associées à l'activité Imprimerie. La liste des molécules cibles était la suivante :

- COV (Composés Organiques Volatils) dont : n-hexane, benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, acétate d'éthyle, acétate d'isopropyle, éthanol, isopropanol, 1-méthoxypropane-2-ol, dichlorométhane, tétrachloroéthylène, trichloroéthylène ;
- Composés carbonylés dont : formaldéhyde, acétone, butanone, cyclohexanone ;
- Ozone ;
- HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) ;
- Particules : PM1, PM2.5 et PM10 ;

4 Règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n°1907/2006

- Métaux.

Pour couvrir l'ensemble de ces paramètres, différentes techniques de mesure complémentaires ont été mises en œuvre, combinant des objectifs de représentativité temporelle et spatiale avec des contraintes techniques métrologiques. Ainsi, des méthodes dites « intégratives » (prélèvement sur support et analyse en différé) et d'autres dites « automatiques » (appelée aussi « en temps réel ») ont été utilisées.

Les mesures par méthodes intégratives ont permis :

- par prélèvements passifs : des mesures sur une durée de 5 jours soit la période d'activité représentative de l'activité usuelle de l'imprimerie. Elles permettent ainsi de moyenner les variations de concentrations potentielles entre les différentes journées d'une même semaine, plus représentative d'une exposition sur le long-terme. Plus facile à mettre en place (peu encombrants, sans nuisance sonore), les points de mesure ont pu être multipliés mais le spectre des substances quantifiables était restreint (débits de diffusion connus).
- par prélèvements actifs : une quantification d'un spectre de substances beaucoup plus large mais des mesures sur un pas de temps plus court (1 journée d'activité de l'imprimerie). L'objectif de ces mesures était de pouvoir comparer les concentrations mesurées à la fois dans les logements et dans l'imprimerie.

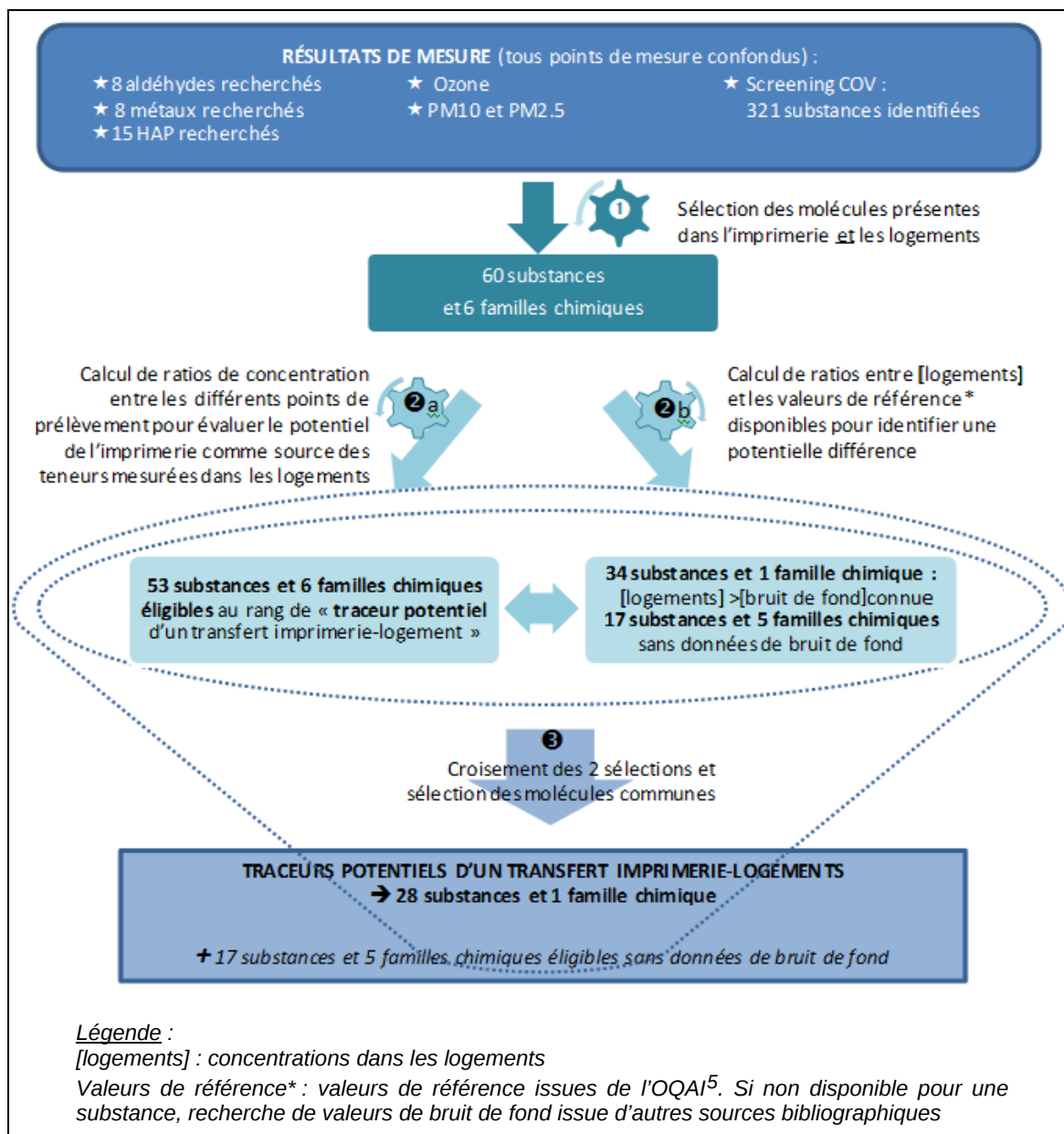
Les méthodes « automatiques » ou « en temps réel » mises en œuvre en complément ont permis d'identifier des pics de concentration, liés à des tâches spécifiques réalisées dans l'imprimerie (par exemple pics de concentrations en COV Totaux lors des phases de nettoyage) et/ou dans les logements. Ces méthodes permettent également d'accéder à un suivi temporel en simultané des concentrations dans ces deux environnements.

La campagne de mesures exploratoire a été réalisée sur sept points de prélèvements :

- deux points de mesure dans l'imprimerie, l'un positionné dans une zone de découpe et de stockage de papier et l'autre au plus près des machines d'impression offset ;
- un point de mesure dans chaque logement sélectionné ;
- un point de mesure dans la cage d'escalier afin d'identifier de potentielles voies de transfert au sein de l'immeuble ;
- deux points de mesure en extérieur, l'un au-dessus de l'imprimerie dans la cour intérieure du 1^{er} étage entre les deux logements et l'autre dans la rue, au rez-de-chaussée, permettant d'avoir un point de référence non impacté par l'activité de l'imprimerie.

Des questionnaires d'accompagnement ont été distribués aux occupants des deux logements investigués pour décrire les activités domestiques durant les prélèvements.

Afin d'identifier des substances susceptibles d'être des traceurs d'un transfert de l'imprimerie vers les logements, les résultats de mesure ont été exploités selon différentes étapes, comme schématisé sur la Figure suivante.



Récapitulatif des différentes étapes pour la sélection des substances dites « traceurs potentiels d'un transfert imprimerie-logements »

A l'issue de cette démarche de sélection, 28 substances et 1 famille de substances ont été identifiées et sont listées ci-après.

⁵ OQAI, 2007 – Campagne Nationale Logements : état de la Qualité de l'Air Intérieur dans les logements français. Rapport Final. DDD/SB - 2006-57. Novembre 2006. Mise à jour mai 2007.

Substances retenues comme "traceur <u>potentiel</u> d'un transfert imprimerie-logement"	
Acétaldéhyde	Méthylcyclopentane
Butanal	Méthylcyclohexane
Hexanal	Toluène
Chrome	Ethylbenzène
Fer	M + p - xylènes
n-Pentane	o - xylène
n-Hexane	1,2,3 Triméthylbenzène
n-Heptane	1,2,4 Triméthylbenzène
n-Octane	n-Propylbenzène
n-Undécane	Cumène
2 Méthylpentane	Dichlorométhane
3 Méthylpentane	Trichloroéthylène
2 Méthylhexane	2-Butoxyéthanol
2,4 Diméthylpentane	
Isooctane	Somme des terpènes

Pour 17 substances et 5 familles de substances (sur les 60 substances et 6 familles chimiques identifiées), il n'a pas été possible de statuer sur le transfert de l'imprimerie vers les logements, en raison de l'absence de données dans la littérature.

Substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond	
2,2 Diméthyl butane	Méthyl 2 éthyl 1 benzène
Ethylpentane	Méthyl 3 éthyl 1 benzène
Diméthylcyclopentane	Méthyl 4 éthyl 1 benzène
Méthyléthylcyclohexane	Indane
2-éthoxy-2-méthyl-Propane	Chlorobenzène
2,3 Diméthylpentane	
Cyclohexane	
2,3 Diméthylbutane	Somme des paraffines
Octahydro indène	Somme des paraffines substituées
Octahydro-Pentalène	Somme des benzènes substitués en C ₄
1,3 Diéthylbenzène	Somme des benzènes substitués en C ₅
1,4 Diéthylbenzène	Somme des cycloparaffines

PARTIE 3 : CORRELATION ENTRE SUBSTANCES MESUREES POTENTIELLEMENT TRACEUSES DE L'ACTIVITE IMPRIMERIE ET PRODUITS CHIMIQUES UTILISES PAR L'IMPRIMERIE

Le troisième volet de l'étude consistait à identifier l'origine potentielle dans l'imprimerie des substances identifiées ci-avant (y compris celles sans données de bruit de fond). Cette recherche s'est appuyée sur les produits recensés lors des visites du site, l'analyse des FDS⁶ et la liste établie suite aux travaux de l'INRS, recensant les produits usuellement utilisés dans le secteur de l'imprimerie.

Les substances non identifiées lors de cette recherche et les substances pour lesquelles l'exploitant a clairement spécifié qu'elles n'étaient pas ou plus utilisées sur le site, ont été considérées comme ne provenant pas de l'imprimerie.

Sur les 29 substances et familles chimiques retenues comme traceurs potentiels de l'activité imprimerie :

- 21 sont présentes dans les produits utilisés par l'imprimerie :
 - 12 sont des dérivés hydrocarbures aliphatiques et alicycliques disposant d'un nombre de carbone compris entre C6 et C11, semblant provenir des produits de nettoyage ;
 - 8 autres sont des dérivés du benzène disposant d'un nombre de carbones compris entre C7 et C9 et également potentiellement issus des produits de nettoyage ;
 - le 2-butoxyéthanol est présent au sein de l'additif de mouillage utilisé ;
- 3 n'ont pas été identifiées dans les FDS des produits utilisés par l'imprimerie, mais sont cependant des composés potentiellement utilisés dans le secteur d'activité de l'imprimerie : des oxydes de fer et de chrome III peuvent être utilisés comme pigments dans les encres, des terpènes peuvent modifier la viscosité des encres ;
- 5 ne semblent pas être issues de l'imprimerie : l'exploitant a spécifié que le trichloréthylène et le dichlorométhane n'étaient plus utilisés, l'hexanal, le butanal et l'acétaldéhyde ne sont pas utilisés dans l'activité d'imprimerie en général.

Concernant les substances et familles chimiques d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond :

- 20 substances ou familles chimiques sont potentiellement présentes dans les produits utilisés par l'imprimerie :
 - 10 sont de type hydrocarbures aliphatiques et alicycliques comportant entre 6 et 9 carbones, pouvant être associées aux solvants naphta des produits de nettoyage ;
 - 10 sont de type hydrocarbures aromatiques, pouvant là encore être issues des produits de nettoyage
- 2 ne semblent pas être issues de l'imprimerie : le 2-ethoxy-2méthyl propane et le chloro-benzène.

⁶ FDS : Fiche de Données de Sécurité

Ainsi, les substances pour lesquelles il ressort que la source ne peut être l'imprimerie n'ont pas été traitées dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires.

PARTIE 4 : ENJEUX SANITAIRES DE L'ACTIVITE IMPRIMERIE - MISE EN ŒUVRE DE LA DEMARCHE D'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES (ERS)

Les substances d'intérêt et les transferts potentiels de l'imprimerie vers les logements ayant pu être identifiés, l'objectif était ensuite d'évaluer et d'identifier ceux présentant des enjeux potentiels du point de vue sanitaire, pour une exposition chronique par inhalation pour les habitants des logements investigués lors de la campagne de mesures.

Pour ce faire, la démarche d'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) a été appliquée aux concentrations mesurées dans les deux logements, lors de la campagne exploratoire, pour la liste des substances et familles de substances retenues. Elle a été déclinée selon les 4 étapes classiques recensées dans le guide méthodologique de l'INERIS⁷ : identification des dangers, évaluation de la relation dose/réponse *via* les VTR⁸, évaluation de l'exposition et du risque.

Deux scénarios raisonnablement majorants et correspondant à deux types de profils ont été définis :

- Un premier scénario d'un habitant exerçant une profession à l'extérieur d'où une présence à son logement de 15 heures par jour, 47 semaines par an ;
- Un deuxième scénario d'un habitant présent 24h sur 24 dans son logement.

Des indicateurs de risques (Quotient de Danger, QD, pour les effets à seuil ; Excès de Risque Individuel, ERI, pour les effets sans seuil) ont été calculés sur la base de ces scénarios d'exposition pour l'ensemble des substances retenues comme traceurs de l'activité de l'imprimerie et par mesure de précaution, pour les substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond.

⁷ INERIS, août 2013, première édition. DRC-12-125929-13162B, Démarche intégrée pour l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - première édition - août 2013

⁸ Pour cette étude, dans le cas où pour une substance, aucune VTR n'a pu être recensée dans les bases citées ci-dessus, les guides du Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series⁸ ont été consultés, au regard du caractère aromatique ou aliphatique et du nombre de carbone de la substance.

Pour certaines de ces substances, les indicateurs de risque calculés sont proches voire dépassent les valeurs repères. Au regard des incertitudes inhérentes à la démarche d'ERS et propres à cette étude de première approche, l'apparition d'effets sanitaires ne peut être exclue pour les substances suivantes :

- Effets à seuil (substances classées ci-dessous pour des QD décroissants):
 - pour les hydrocarbures de types aromatiques :
 - le 1,2,4 – triméthylbenzène ;
 - le 1,2,3 - triméthylbenzène, les benzènes substitués en C4 et les isomères du méthyl-éthylbenzène ;
 - le n-propylbenzène, le n-undécane, les isomères du diéthylbenzène et l'indane ;
 - pour les hydrocarbures aliphatiques : paraffines substituées et cycloparaffines ;
- Effets sans seuil : pour l'éthylbenzène, un hydrocarbure de type aromatique.

Ces substances semblent être issues essentiellement des produits de nettoyage et plus précisément des solvants naphta de ces produits pour les hydrocarbures aliphatiques. Ce constat sur le rôle des produits de nettoyage dans la problématique de l'activité imprimerie est conforté par l'évolution des teneurs en composés organiques volatils totaux (COVT), mesurées en temps réel, qui a mis en évidence des pics de concentration au moment des phases de nettoyage des machines offset.

En l'absence de VTR pour les oxydes de fer (pigments des encres) et le n-pentane (produits nettoyants), une Evaluation des Risques Sanitaires n'a pas pu être réalisée pour ces deux substances.

CONCLUSIONS

Cette première étude intègre l'ensemble des volets utiles à l'évaluation des expositions dans les logements attenants à des imprimeries. Elle a permis :

- de définir une liste restreinte de substances d'intérêt pour la problématique imprimerie. En effet, aucun traceur évident n'étant disponible pour ce secteur d'activité, à l'inverse du perchloroéthylène pour le secteur du nettoyage à sec. Ainsi, ces travaux fournissent une « liste socle » de traceurs pour d'éventuelles investigations complémentaires sur ce secteur d'activité ;
- d'identifier les solvants de nettoyage comme possiblement la source principale des substances susceptibles d'être transférées de l'imprimerie vers les logements attenants. ;
- sur la base des concentrations mesurées, de réaliser une première évaluation des risques sanitaires, en lien avec cette activité, pour les occupants des logements attenants, permettant de montrer que même si l'apparition d'effets sanitaires ne peut être exclue pour certaines substances, le risque reste modéré pour le site investigué.

Il est toutefois très important de borner la portée de ce dernier enseignement basé sur des hypothèses relatives aux sources des substances et dépendant de la représentativité du site d'étude et des concentrations mesurées.

De fait, des travaux complémentaires pourraient être menés afin de consolider ces premières conclusions concernant l'impact potentiel des produits de nettoyage :

- La présente étude rejoint les conclusions d'une étude menée en 2013 par le Pôle national d'Innovation de l'Imprimerie⁹ sur le label Imprim'Vert® qui suggéraient le remplacement des produits de nettoyage à base de solvants. Ainsi, en synergie avec les actions de la profession actuellement en cours en termes de faisabilité technique, il serait intéressant d'approfondir les effets des solutions de substitution sur les logements attenants. Une nouvelle campagne de mesures dans l'imprimerie déjà étudiée pourrait inclure, sur une temporalité à définir, la mise en œuvre de produits lessiviels en substitution des produits de nettoyage usuellement utilisés.
- L'imprimerie investiguée est labellisée Imprim'Vert (gestion des déchets dangereux, sécurisation des stockages de liquides dangereux et non-utilisation de produit toxique) et l'atelier est bien aéré pendant la journée de travail (portes ouvertes en permanence et système de ventilation mécanique). Les produits de nettoyage sont cependant généralement du même type pour l'ensemble des imprimeries. Il est néanmoins possible que les concentrations mesurées dans l'imprimerie soient des concentrations plus faibles que dans certaines imprimeries de centre-ville non labellisée et avec un moins bon système de ventilation. Dans cette optique, il conviendrait d'approfondir, en lien avec la profession, le parc actuel des imprimeries en centre-ville (niveau de production, type de machine, produits utilisés selon la typologie de l'imprimerie : encres et produits de nettoyage), l'évolution du nombre de sites afin d'évaluer le nombre de sites présentant une situation potentiellement plus dégradée sur le plan de la qualité de l'air intérieur que le site d'étude et de disposer d'un meilleur panorama des produits de nettoyage utilisés.
- En fonction de ces éléments et de la diversité des situations observées, des tests pourraient être menés en laboratoire pour étudier la composition de différents produits de nettoyage conformes et non-conformes au label Imprim'Vert (dont ceux de l'imprimerie déjà investiguée). Un comparatif des concentrations mesurées dans la composition liquide des produits mais aussi dans la phase gazeuse qu'ils émettent permettrait de consolider les conclusions issues des présents travaux.

⁹ Etude sur l'Evolution de la réglementation CLP en lien avec le critère 3 d'Imprim'vert® - Août 2013

SOMMAIRE

CONTEXTE ET OBJECTIF.....	27
PARTIE 1 : DESCRIPTION DU SECTEUR DE L'IMPRIMERIE	29
1. LE SECTEUR DE L'IMPRIMERIE	29
1.1 Principaux sous-secteurs industriels de l'imprimerie	29
2. PRINCIPAUX CHIFFRES RELATIFS A L'IMPRIMERIE DE LABEUR.....	30
3. LES PROCEDES D'IMPRESSION	32
3.1 L'impression offset	33
3.2 L'héliogravure.....	35
3.3 Conclusion	37
4. REGLEMENTATION APPLICABLE.....	38
4.1 Les sources d'émission de l'imprimerie offset feuilles	40
4.2 Les colles	40
4.3 Les encres et vernis	40
4.4 Les solutions de mouillage	43
4.5 Les poudres antimaculage	43
4.6 Les produits de préparation des plaques	43
4.7 Les produits de nettoyage	44
5. LE LABEL IMPRIM'VERT®	44
6. CONCLUSION.....	45

PARTIE 2 : CAMPAGNE DE MESURE	47
1. CHOIX DU SITE D'ETUDE	47
1.1 Cahier des charges pour le choix de l'imprimerie	47
1.2 Prise de contact avec l'imprimerie et les riverains	48
1.3 Gestion des données personnelles	48
2. DESCRIPTION DU SITE (IMPRIMERIE ET LOGEMENTS)	49
2.1 Description de l'imprimerie	49
2.2 Description des logements	52
3. DESCRIPTION DE LA CAMPAGNE DE MESURE	52
3.1 Liste des substances recherchées	52
3.2 Stratégie de mesure mise en œuvre	53
3.3 Questionnaires d'accompagnement de la mesure	60
4. RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURE	61
4.1 Données qualitatives des logements : activité des occupants	61
4.2 Concentrations mesurées « en temps réel »	61
4.3 Concentrations mesurées par famille de substances	71
5. DISCUSSION	85
5.1 Impact de l'échantillonnage temporel : comparatif des mesures intégrées actives et passives	85
5.2 Identification des substances éligibles comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logement »	87
5.3 Comparaison aux valeurs de référence « CNL OQAI » et mise en perspective avec la littérature	93
5.4 Définition de « traceurs potentiels d'un transfert imprimerie-logement » ..	103
6. CONCLUSION SUR LA CAMPAGNE DE MESURES EXPLORATOIRE ...	107

PARTIE 3 : CORRELATION ENTRE SUBSTANCES MESUREES POTENTIELLEMENT TRACEUSES DE L'ACTIVITE IMPRIMERIE ET PRODUITS CHIMIQUES UTILISES PAR L'IMPRIMERIE	108
1. SUBSTANCES RETENUES.....	108
1.1 Substances retenues comme traceurs potentiels d'un transfert imprimerie- logements.....	108
1.2 Substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond	110
2. PRODUITS UTILISES PAR L'IMPRIMERIE	111
2.1 produits de mouillage	111
2.2 Encres	111
2.3 produits de nettoyage.....	112
3. CORRELATION ENTRE LES SUBSTANCES MESUREES POTENTIELLEMENT TRACEUSES ET LES PRODUITS UTILISES	113
3.1 Substances présentes dans les FDS des produits de l'imprimerie.....	113
3.2 Substances non identifiées dans les FDS des produits de l'imprimerie mais usuellement utilisées dans ce secteur d'activité	117
3.3 Substances pour lesquelles la source ne semble pas être l'imprimerie	118
4. CONCLUSION SUITE A LA CORRELATION.....	120

PARTIE 4 : ENJEUX SANITAIRES DE L'ACTIVITE IMPRIMERIE - MISE EN ŒUVRE DE LA DEMARCHE D'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES (ERS).....	123
1. EVALUATION DE LA TOXICITE DES SUBSTANCES.....	123
1.1 Substances retenues.....	123
1.2 Démarche pour le choix de VTR	124
1.3 VTR sélectionnées pour l'étude.....	125
1.4 Substances sans VTR	127
2. EVALUATION DE L'EXPOSITION	128
2.1 Méthodologie	128
2.2 Définition des scénarios d'exposition.....	128
2.3 Quantification de l'exposition	129
3. CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE	130
3.1 Méthodologie	130
3.2 Estimation des risques sanitaires	131
4. ANALYSE DES INCERTITUDES INHERENTES A L'ERS	133
4.1 Données de mesure	133
4.2 Choix des VTR	133
4.3 Evaluation des expositions	134
4.4 Quantification du risque	135
5. DISCUSSION DES RESULTATS DE L'ERS.....	136
5.1 Substances retenues comme traceurs de l'activité imprimerie	136
5.2 Substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond et retenues pour l'ERS	137
5.3 Substances sans VTR	139
CONCLUSION GENERALE.....	141
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	145

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Grands secteurs et procédés industriels du domaine de l'imprimerie [Piquet, 2002].....	30
Tableau 2 : Nombre d'imprimeries de labeur en centre ville pour les principales villes de France - 2014.....	32
Tableau 3 : Rubrique 2450 des Installations Classées.....	38
Tableau 4 : Pigments intervenant dans la formulation des encres offset [INRS, 2010].....	42
Tableau 5 : Huiles intervenant dans la formulation des encres offset [INRS, 2010].....	42
Tableau 6 : Types de systèmes de mesure mis en œuvre par composés et paramètres étudiés.....	55
Tableau 7 : Synthèse des concentrations en CO ₂ mesurées sur 4 jours dans le logement et l'imprimerie	62
Tableau 8 : Synthèse du suivi temporel de la température et de l'humidité relative aux différents points de mesures (Points 1 à 7).....	63
Tableau 9 : Synthèse des concentrations (µg/m ³) en particules mesurées sur 4 jours dans le logement et l'imprimerie.....	63
Tableau 10 : Synthèse des concentrations (µg/m ³) en particules mesurées sur 1 heure dans l'imprimerie, le logement, la cage d'escalier et l'extérieur.....	67
Tableau 11 : Synthèse des concentrations (ppb) en COVT mesurées sur 4 jours dans le logement et l'imprimerie.....	68
Tableau 12 : Synthèse de concentrations (ppb) en COVT mesurées sur 1 heure dans l'imprimerie, le logement, la cage d'escalier et l'extérieur.....	71
Tableau 13 : Concentrations en ozone par méthode intégrative passive (en µg/m ³).....	71
Tableau 14 : Concentrations en métaux par méthode intégrative active (en µg/m ³).....	73
Tableau 15 : Concentrations en HAP par méthode intégrative active (en ng/m ³).....	74
Tableau 16 : Concentrations en aldéhydes par méthode intégrative passive (en µg/m ³)	75
Tableau 17 : Concentrations en COV par méthode intégrative passive (en µg/m ³).....	78
Tableau 18 : Concentrations (µg/m ³) en COV par méthode intégrative active	80
Tableau 19 : Liste des substances quantifiées à la fois dans l'imprimerie et dans au moins un logement, ou à la fois dans la cage d'escalier et dans au moins un logement	83

Tableau 20 : Ratios des concentrations mesurées par prélèvements passif et actif.....	86
Tableau 21 : Classification des différentes substances sélectionnées, au vu de leurs niveaux de concentrations dans les différents points de mesure	89
Tableau 22 : Substances éligibles pour l'étude de transferts potentiels de l'imprimerie vers le logement.....	93
Tableau 23 : Estimation du taux de renouvellement d'air pour le logement « Point 3 »	95
Tableau 24 : Substances disposant d'une valeur de référence « CNL OQAI »	96
Tableau 25 : Ratios des concentrations mesurées dans les logements sur les médianes issues de la CNL OQAI.....	98
Tableau 26 : Substances disposant d'une vREF « BF » (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) définie depuis la littérature	100
Tableau 27 : Ratios des concentrations mesurées dans les logements sur les valeurs de bruit de fond issues de la littérature (vREF « BF »)	102
Tableau 28 : Substances retenues comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logements » suite à comparaison aux valeurs de référence (CNL OQAI et bruit de fond).....	104
Tableau 29 : Liste des substances retenues comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logements »	106
Tableau 30 : Liste des substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond.....	106
Tableau 31: Substances retenues comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logements »	109
Tableau 32 : Substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond	110
Tableau 33: Estimation des quantités de produits utilisés par l'imprimerie.....	111
Tableau 34: Résultats pour les substances présentes dans les FDS des produits de l'imprimerie	114
Tableau 35: Substances d'intérêt de type hydrocarbures aliphatiques et alicycliques sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond susceptibles d'être associées aux solvants naphta	117
Tableau 36: Substances d'intérêt de type hydrocarbures aromatiques sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond susceptibles d'être associées aux solvants naphta	117
Tableau 37: Résultats pour les substances utilisées dans le secteur de l'imprimerie	118
Tableau 38 : Résultats pour les substances préalablement retenues et dont la source ne semble pas être l'imprimerie	118
Tableau 39 : Liste des substances d'intérêt pour la conduite de l'ERS	121

<i>Tableau 40 : VTR sélectionnées pour une exposition chronique par inhalation pour les substances considérées comme des traceurs de l'activité Imprimerie.....</i>	<i>126</i>
<i>Tableau 41 : VTR sélectionnées pour une exposition chronique par inhalation pour les substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond et retenues pour l'ERS</i>	<i>127</i>
<i>Tableau 42 : Distribution du budget espace-temps – temps en heures jour passé à l'intérieur du logement en fonction des occupations (moyenne sur la semaine) – Extraits de l'étude de A. Zeghnoun et F. Dor (InVS, 2010)</i>	<i>128</i>
<i>Tableau 43 : Quotients de danger (QD) calculés pour une exposition chronique par inhalation</i>	<i>132</i>
<i>Tableau 44 : Excès de Risque Individuel (ERI) calculés pour une exposition chronique par inhalation</i>	<i>132</i>

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution des tonnages imprimés par les imprimeries de labeur (en tonnes) [IDEP, 2013]	30
Figure 2 : Répartition du CA de l'imprimerie de labeur par marchés (en %) [IDEP, 2012]	31
Figure 3 : Evolution du nombre d'établissements [IDEP, 2013].....	31
Figure 4 : Principe de la technique de l'offset [CRAM, 2007a].....	34
Figure 5 : Impression offset [http://www.com-unic.fr].....	34
Figure 6 : Schéma de principe du procédé.....	35
Figure 7 : Schéma de principe de l'héliogravure (cette image est extraite de la page web : http://aleph2at.free.fr/index.php?art=309).	36
Figure 8 : Machine offset pour le tirage de feuilles grand format.....	50
Figure 9 : Stockage des produits dans l'atelier.....	50
Figure 10 : Système de ventilation forcée de l'imprimerie	51
Figure 11 : Configuration des locaux - logements, imprimerie et son point de rejet (vue de dessus)	51
Figure 12 : Porte d'entrée de l'imprimerie.....	51
Figure 13 : Roses horaires des concentrations en PM_{10} pour l'imprimerie « POINT 2 ».....	64
Figure 14 : Roses horaires des concentrations en PM_{10} pour le logement « POINT 3 ».....	66
Figure 15 : Roses horaires des concentrations en COVT dans l'imprimerie « POINT 2 ».....	69
Figure 16 : Roses horaires des concentrations en COVT dans le logement « POINT 3 ».....	70
Figure 17 : Logigramme de sélection des substances et des familles de substances quantifiées par méthode intégrative.....	82
Figure 18 : Diagramme de confort pour le couple température / humidité.....	95
Figure 19 : Logigramme de la démarche de comparaison aux valeurs de la littérature.....	99

ABREVIATIONS

AGEFOS-PME : Association de GEstion des fonds de FOrmation des Salariés des Petites et Moyennes Entreprises

AM : Arrêté Ministériel

AMIGRAF : Association des Métiers et Industries GRAPHiques pour la Formation professionnelle

ANSES : Agence nationale de la sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ATSDR : Agence Américaine des Substances Toxiques et du Registre des Maladies

BET : Budget Espace-Temps

BOMEDD : Bulletin Officiel du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable

CE : Communauté Européenne

CIRC ou **IARC** : Centre International de Recherche sur le Cancer ou *International Agency for Research on Cancer*

CLP : réglementation européenne « *Classification, Labelling, Packaging* » (classification, étiquetage et emballage)

CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

CNL OQAI : Campagne National Logements de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

CO₂ : Dioxyde de carbone

COV(T) : Composés Organiques Volatils (totaux)

CAA : Concentration Admissible dans l'Air

CI : Concentration Inhalée

CRAM : Caisse Régionale d'Assurance Maladie. Devenue CARSAT en 2010/2012, soit la Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé au Travail

DGS : Direction Générale de la Santé

DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques

EB : « *Electron Beam* »

EFSA : Autorité Européenne de Sécurité des Aliments

ERI : Excès de Risque Individuel

ERP : Etablissement Recevant du Public

ERS : Evaluation des Risques Sanitaires

ERU : Excès de Risque Unitaire

FDS : Fiche de Données de Sécurité

FDTE : Fiches de Données Toxicologiques et Environnementales

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HR : Humidité Relative

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

ICPS : « International Classification for Patient Safety »

IDEP : Institut du développement et d'Expertise du Plurimédia

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

JO : Journal Officiel

LQ : Limite de Quantification

NAF : **Nomenclature d'Activités Française**

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

PM₁ : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 1 µm

PM_{2.5} : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5 µm

PM₁₀ : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 µm

QAI : Qualité de l'Air Intérieur

QD : Quotient de Danger

RIVM : Institut National de Santé Publique des Pays-Bas

SVP : nom d'un bureau d'étude

T : Température

T : nombre d'année d'exposition (cadre de l'ERS)

T_m : Période de temps pendant laquelle l'exposition est moyennée

TPE : Très Petites Entreprises

T_v : Tension de vapeur

UNIC : Union Nationale des Imprimeries et de la Communication

USEPA : Agence Américaine de Protection de l'Environnement

UV : Ultra-Violets

VGAI : Valeur Guide de qualité d'Air Intérieur

VLEP : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle

CONTEXTE ET OBJECTIF

Depuis plusieurs années, l'INERIS, dans le cadre de son programme d'appui au Ministère en charge de l'Ecologie, étudie les impacts potentiels des petites activités industrielles installées en centre urbain sur la qualité de l'air intérieur des logements attenants et sur la santé des riverains.

Après avoir traité la problématique liée à l'exposition au perchloroéthylène utilisé par les activités de nettoyage à sec, l'INERIS, en concertation avec le Ministère en charge de l'Ecologie, a choisi d'investiguer le secteur de l'imprimerie. Ce choix s'est appuyé sur un travail de priorisation des activités d'intérêt réalisée en 2008¹⁰.

En 2011, une première étude bibliographique est réalisée¹¹. Cette dernière a permis de rassembler les différentes données disponibles autour de l'activité Imprimerie : les données de marchés et de procédés technologiques pour cibler le type d'imprimerie le plus représentatif du secteur ainsi que des données d'émissions de composés volatils et de transfert dans des logements limitrophes pour la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires pour les riverains. Pour ces dernières, il convient de noter que les études réalisées dans les pays en voie de développement ont été exclues de part les différences importantes avec les conditions de travail européennes (aménagement des locaux, gestion des substances émissives, aération, etc.). De plus, la plupart des études recensées étaient relativement anciennes (années 90) au regard des évolutions récentes qui ont eu lieu du point de vue technologique ou de la composition des produits chimiques utilisés.

L'analyse bibliographique préliminaire a fait ressortir très peu d'études et de résultats de campagnes de mesure pertinents. Les données disponibles ont été jugées insuffisantes pour la mise en œuvre de la démarche d'évaluation des risques sanitaires (ERS) pour des riverains limitrophes aux imprimeries.

Suite à ce constat, l'INERIS a proposé de mettre en place une campagne de mesure exploratoire dans une imprimerie de centre-ville utilisant la technologie de l'offset (identifiée suite à la bibliographie comme la technologie d'impression majoritairement utilisée dans les imprimeries de labeur installées en centre-ville) et présentant des locaux d'habitation limitrophes à l'atelier.

L'INERIS a alors proposé de mettre en place une campagne de mesure exploratoire dans une imprimerie de centre-ville utilisant la technologie de l'offset et dont les objectifs étaient multiples :

- identifier les substances émises potentiellement par l'imprimerie vers les logements, c'est-à-dire les substances traceurs d'émission de l'activité imprimerie ;
- évaluer les niveaux de concentrations associés par rapport aux données de concentrations moyennes dans les logements français (données de l'Observatoire de Qualité de l'Air Intérieur, entre autres) ;

¹⁰ INERIS (2008) - Petites activités non soumises à autorisation à l'origine de pollutions de proximité en environnement urbain : Revue de la littérature et choix des installations prioritaires pour évaluer les risques sanitaires pour la population générale [INERIS-DRC-08-94882-05862A].

¹¹ INERIS (2011) – Evaluation des risques sanitaires liée à l'activité des imprimeries installées dans les centres urbains [INERIS-DRC-11-109458-01874A].

- évaluer les risques sanitaires pour les riverains liés aux substances traceurs d'émission de l'activité imprimerie.

Ainsi, le présent rapport s'articule en 4 parties :

- La **première partie** s'attarde sur la **description du secteur de l'imprimerie** en France tant en termes de répartition géographique (proportion d'établissements en milieu urbain) que de procédés (produits mis en œuvre selon les différents procédés utilisés). Elle correspond à une synthèse des données du marché, et issues d'entretiens avec les syndicats de l'imprimerie ;
- La **seconde partie** présente la **campagne de mesure exploratoire** menée par l'INERIS dans une imprimerie de centre-ville et dans les logements attenants. Y sont expliqués : le choix du site d'étude, la liste des substances recherchées, les stratégies de mesure mises en œuvre, les résultats des mesures et leur exploitation afin d'identifier une liste de substances étant de potentiels traceurs de l'impact de l'activité Imprimerie pour les logements limitrophes ;
- La **troisième partie** fait état du **recoupement des substances d'intérêt identifiées** suite à la campagne exploratoire **avec les produits chimiques utilisés par l'imprimerie**. Une nouvelle liste de substances retenues comme traceurs de l'activité Imprimerie est alors proposée.
- La **quatrième partie** consiste à la mise en œuvre de la démarche d'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) à partir des résultats de la campagne de mesure exploratoire pour les substances d'intérêt sélectionnées dans la troisième partie.

PARTIE 1 : DESCRIPTION DU SECTEUR DE L'IMPRIMERIE

1. LE SECTEUR DE L'IMPRIMERIE

1.1 PRINCIPAUX SOUS-SECTEURS INDUSTRIELS DE L'IMPRIMERIE

Le domaine de l'imprimerie regroupe trois grands secteurs industriels : l'édition, la fabrication des emballages et le secteur de la décoration (cf. *Tableau 1*).

L'édition : on distingue l'imprimerie de labeur et l'imprimerie de journaux. L'imprimerie de labeur regroupe les travaux relatifs aux produits destinés à l'information et à la publicité, la presse paraissant moins de quatre fois par semaine, les livres, les cartes, calendriers et imprimés divers.

L'imprimerie de labeur, constituée majoritairement de TPE et d'entreprises artisanales, est de fait le sous-secteur que l'on retrouve dans les centres-villes. En lien avec les vibrations des machines, ces ateliers sont disposés en rez-de-chaussée [INRS, 2003].

La fabrication d'emballages : les usines sont généralement spécialisées dans un certain type d'emballages. On distingue les emballages en carton (pour la nourriture, les chaussures, les poudres de lessive ...), les emballages en cartons ondulés, les sacs en papier, les emballages souples en films plastiques, en aluminium, en cellulose ou un complexe de ces produits (comme les emballages pour le beurre ou le fromage) et les emballages métalliques rigides en fer blanc ou en aluminium (conserves de nourriture, de liquides, des cannettes d'aérosols ...).

La décoration : ce secteur regroupe d'une part des compagnies spécialisées dans la production de revêtements de sols ou muraux ; et d'autres part des ateliers réalisant des décorations sur des supports tels que le verre, le textile, la céramique, le bois ou encore le cuir.

Tableau 1 : Grands secteurs et procédés industriels du domaine de l'imprimerie [Piquet, 2002ⁱ].

Secteur industriel	Sous secteur industriel	Procédé	Support
Edition	Imprimerie de journaux	Offset sans sécheur	Papier absorbant
	Imprimerie de labeur	Héliogravure d'édition	Papier
		Offset rotative (avec sécheur)	Papier
		Offset feuilles	Papier
Emballage s	Carton	Offset feuilles, héliogravure et flexographie	Carton
	Carton ondulé	Flexographie	Carton
	Sac en papier	Flexographie et héliogravure	Carton
	Emballage souple (dont papier pour emballage)	Héliogravure et flexographie	Plastique, aluminium, papier
	Emballage métallique rigide	Offset feuilles	Fer blanc, aluminium
Décoration	Papier mural et revêtement de sols	Héliogravure, flexographie et sérigraphie	Papier, plastique
	Verre, textile, céramique...	Sérigraphie	Verre, textile, céramique, bois, cuir

L'imprimerie de labeur étant identifiée comme principale activité d'imprimerie en centre ville, la suite du rapport s'attachera à la caractériser.

2. PRINCIPAUX CHIFFRES RELATIFS A L'IMPRIMERIE DE LABEUR

Le chiffre d'affaire du secteur de l'imprimerie de labeur est pour 2011 estimé à 7 milliards d'euros [IDEP, 2012ⁱⁱ]. Le marché est malgré tout en fort déclin : la production a diminué de 27,2 % entre 2000 et 2009 [SVP, 2010] (cf. Figure 1).

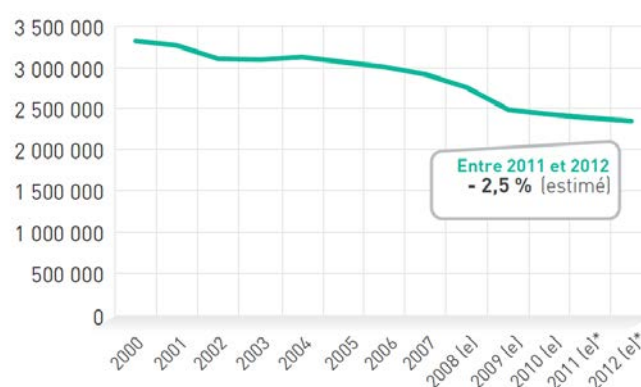


Figure 1 : Evolution des tonnages imprimés par les imprimeries de labeur (en tonnes) [IDEP, 2013]

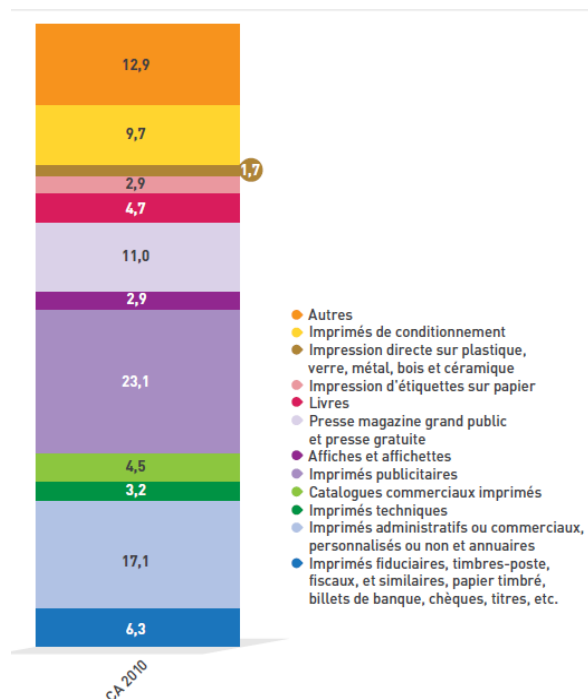


Figure 2 : Répartition du CA de l'imprimerie de labeur par marchés (en %) [IDEP, 2012ⁱⁱⁱ]

L'INSEE recense en 2010, pour l'imprimerie de labeur (code NAF 1812Z), 4381 établissements, l'IDEP en comptabilise 3789 en 2011¹² (cf. Figure 3) pour environ 6000 entreprises dans le domaine des industries graphiques (prépresse, imprimerie de labeur et façonniers)¹³.

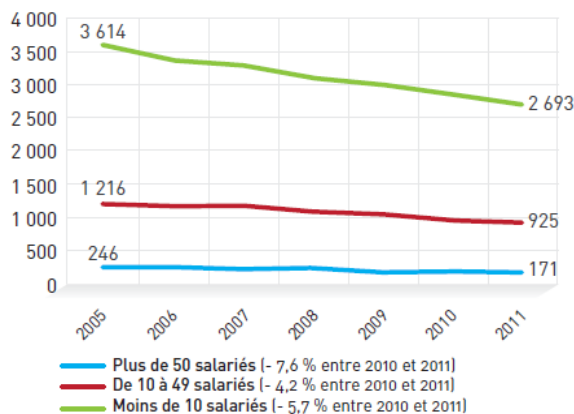


Figure 3 : Evolution du nombre d'établissements [IDEP, 2013]

En 2011, 95,5 % des établissements d'imprimerie de labeur sont des structures de moins de 50 salariés, et 71 % de moins de 10 salariés. Le marché est donc de façon largement majoritaire porté par les TPE.

¹² L'INSEE comptabilise les établissements relevant du code NAF 1812Z alors que depuis 2012, l'IDEP identifie les établissements appliquant la convention collective de la branche. Certaines légères divergences peuvent donc apparaître.

¹³ <http://www.entreprises.gouv.fr/secteurs-professionnels/imprimerie/reseau-filiere-graphique>

Sur les 3789 entreprises réparties sur tout le territoire en 2011, les plus importants bassins sont l'Île-de-France (901), le Rhône-Alpes (407), la région PACA (262), les Pays de Loire (223) et l'Aquitaine (207) [IDEP, 2012].

Pour 2014, l'AGEFOS-PME a recensé les établissements présents en centre-ville pour les plus grandes villes de France et relevant du code NAF 1812Z (cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Nombre d'imprimeries de labeur en centre ville pour les principales villes de France - 2014

Ville	Nombre d'établissements
Lyon	19
Marseille	22
Paris	101
Toulouse	25
Bordeaux	11
Lille	6

Une extrapolation de ces chiffres sur 442 villes de France de plus de 20 000 habitants, permet d'estimer entre 700 et 1300 le nombre d'imprimeries de labeur en centre ville.

Pour 2011, les imprimeries de labeur de moins de 10 salariés (i.e. les plus présentes en centre ville) comptent environ 2700 établissements en France pour 3789 imprimeries de labeur au total et environ 6000 entreprises dans le domaine des industries graphiques.

Un recensement de ce type d'établissement par l'AGEFOS-PME permet d'estimer à quelques centaines le nombre présent en centre ville pour les principales villes de France et entre 700 et 1300 pour l'ensemble de la France.

3. LES PROCEDES D'IMPRESSION

Le secteur de l'imprimerie de labeur utilise principalement les procédés **offset feuilles, offset rotative et héliogravure**, détaillés ci-après.

Les autres procédés d'impression restent à la marge de la production totale de l'imprimerie de labeur. La **typographie** (dépôt d'encre sur forme en relief en plomb, transférée par pression sur le papier) représente 1,3 % du tonnage imprimé et ne concerne que les petits tirages et les travaux de ville. Cette technique d'impression tend à être abandonnée ; la mise en œuvre du procédé et de sa forme imprimante n'étant plus adaptée aux besoins actuels.

La **sérigraphie** (pochoirs interposés entre l'encre et le support), la **flexographie** (plaques de polymères en relief permettant un transfert direct sur le support) et le **numérique** représentent seulement 1,6 % du tonnage. L'impression numérique, i.e. à partir de données numérisées, peut se faire par projection d'encre, xérophographie (éclairage au laser d'un cylindre d'impression, qui attire les particules contenues dans un toner) ou impression thermique (chauffage d'un ruban contenant de l'encre). La flexographie ne représente que 0,5 % du tonnage en imprimerie de labeur mais est une technique très utilisée en emballage.

3.1 L'IMPRESSION OFFSET

L'offset est le procédé le plus utilisé à l'heure actuelle dans l'imprimerie de labeur (environ 80 % du marché) mais également pour d'autres activités (publicité, emballage, presse, livre,...).

C'est un procédé que l'on classe parmi les procédés d'impression indirects. Les parties à imprimer sont reportées par procédé photomécanique sur une forme d'impression polymétallique de façon à ce qu'elles apparaissent sur du cuivre (lipophile) ou une émulsion polymère alors que les parties qui ne sont pas à imprimer restent sur de l'aluminium (hydrophile). La plaque est successivement mouillée, puis encrée : l'aluminium accepte l'eau et repousse l'encre, le cuivre ou la couche de polymères accepte l'encre et repousse l'eau (cf. Figure 4, Figure 5 et Figure 7). Le transfert de l'encre s'effectue par un double report : de la plaque sur le blanchet¹⁴ en caoutchouc d'abord, puis du blanchet sur le papier ensuite [CRAM, 2007a].

¹⁴ Feuille de caoutchouc assurant l'encrage du rouleau en imprimerie offset, disposée entre la plaque et la feuille sur le cylindre de transfert

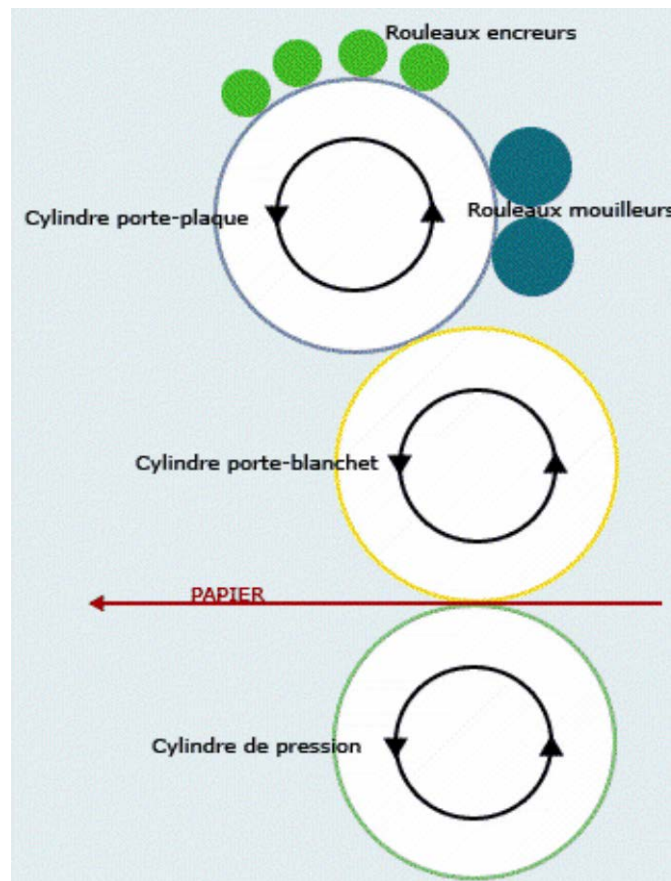


Figure 4 : Principe de la technique de l'offset [CRAM, 2007a].



Figure 5 : Impression offset [<http://www.com-unic.fr>]

L'impression offset comprend six opérations : préparation du modèle à imprimer sur ordinateur, photocomposition, montage du film, fabrication de la plaque, impression offset, façonnage des documents [INRS, 2003].

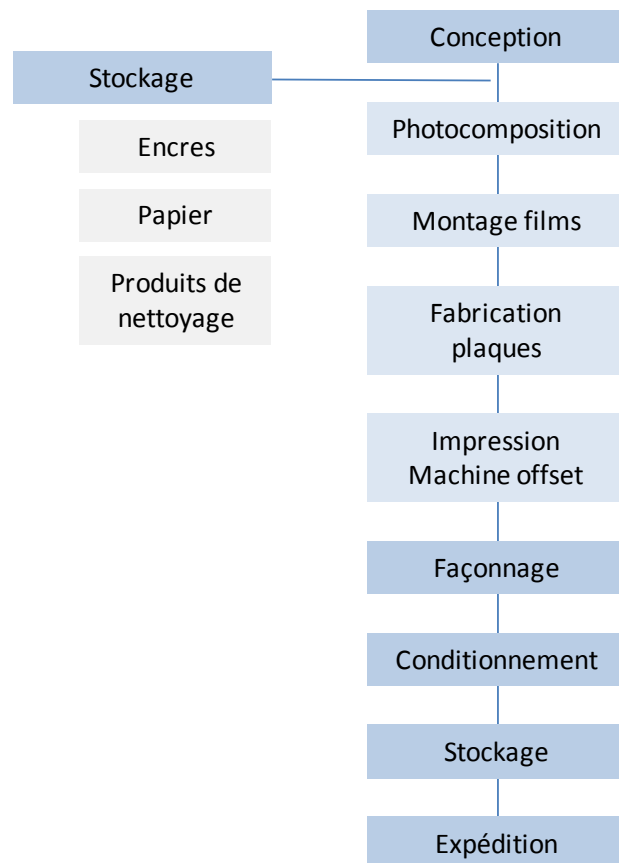


Figure 6 : Schéma de principe du procédé

L'impression peut se faire feuille à feuille (offset feuille) ou à partir de bobines de papier (offset rotative).

L'offset feuille ou offset plat : cette technique réunit la très grande majorité des entreprises. La quasi-totalité des artisans (entreprises de moins de 10 salariés) est intégrée dans cette strate.

L'offset feuilles, ou offset plat, réalise 27,4 % du tonnage.

La gamme de tirage s'étend de quelques milliers à quelques dizaines de milliers. Elle concerne l'édition de qualité courante, en polychromie.

L'offset rotative : cette technique réunit une centaine de sites qui comptent tous un minimum de 50 salariés. Ces sites ont la particularité d'être soumis à autorisation dans le cadre de la législation ICPE, rubrique 2450 - 1 (Cf. §4).

La rotative offset réalise 52 % du tonnage imprimé, les tirages allant jusqu'à des centaines de milliers.

Si le marché de l'offset feuille est essentiellement local (régional ou national), le marché de la rotative offset et de l'héliogravure édition est européen.

3.2 L'HELIOGRAVURE

C'est un procédé d'impression par cylindres de cuivre chromés et gravés, avec des textes et des images tramés en creux, tournant dans un encrier (cf. Figure 7). L'encre retenue dans les creux est ensuite déposée sur le papier. La racle élimine l'excédent de couleurs avant l'impression du papier [CRAM, 2007b].

Cette technique réunit une petite dizaine de sites.

Ce mode d'impression a la particularité d'utiliser exclusivement des encres diluées au toluène. L'héliogravure édition réalise 18 % du tonnage imprimé. Elle est utilisée en particulier pour l'impression grandes séries, notamment de catalogues et magazines. Les entreprises qui la mettent en œuvre sont, de par leur taille conséquente, peu représentées en centres-villes.

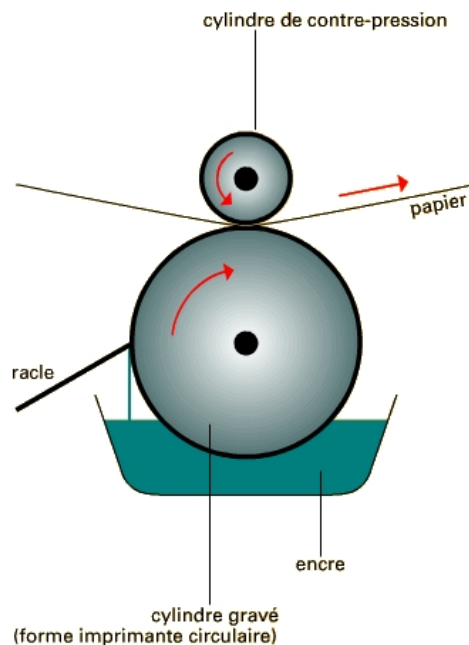


Figure 7 : Schéma de principe de l'héliogravure (cette image est extraite de la page web : <http://aleph2at.free.fr/index.php?art=309>).

3.3 CONCLUSION

De façon très schématique, un imprimé tiré de une unité à un millier d'exemplaires sera désormais souvent réalisé en numérique, de un millier à quelques dizaines de milliers d'exemplaires en offset feuilles, de quelques dizaines de milliers à une centaine de milliers en offset rotative, à partir de plusieurs centaines de milliers d'exemplaires en héliogravure d'édition.

Compte-tenu des tonnages réalisés, du nombre d'entreprises concernées et de la taille des entreprises, <u>l'impression offset dans les imprimeries de <u>labeur</u></u>, est l'activité d'impression principale en centres-villes.
--

4. REGLEMENTATION APPLICABLE

L'activité d'impression est soumise à la réglementation des installations classées, au titre de la rubrique 2450, rappelée au *Tableau 3*.

Tableau 3 : Rubrique 2450 des Installations Classées.

2450 Imprimeries ou ateliers de reproduction graphique sur tout support tel que métal, papier, carton, matières plastiques, textiles, etc. utilisant une forme imprimante :	Régime
1. Offset utilisant des rotatives à séchage thermique	Autorisation
2. Héliogravure, flexographie et opérations connexes aux procédés d'impression quels qu'ils soient comme la fabrication de complexes par contrecollage ou le vernissage si la quantité totale de produits consommés pour revêtir le support est : a) SUPERIEURE A 200 KG/J b) SUPERIEURE A 50 KG/J, MAIS INFERIEURE OU EGALE A 200 KG/J	Autorisation Déclaration
3. Autres procédés, y compris les techniques offset visées en 1, si la quantité d'encres consommées est : a. SUPERIEURE A 400 KG/J 1. b) SUPERIEURE A 100 KG/J, MAIS INFERIEURE OU EGALE A 400 KG/J	Autorisation Déclaration

Nota : pour les produits qui contiennent moins de 10 % de solvants organiques au moment de leur emploi, la quantité à retenir pour établir le classement sous les paragraphes 2 et 3 du tableau correspond à la quantité consommée dans l'installation, divisée par deux.

Concernant l'imprimerie de labeur, il ressort que :

- les sites mettant en œuvre la technique offset rotative sont soumis à autorisation au titre de la rubrique 2450-1, sans notion de seuil. Ces sites, de l'ordre d'une centaine en France, sont de taille relativement importante pour le secteur et ne sont pas de ce fait, en général, situés en centre-ville.
- les sites mettant en œuvre l'héliogravure sont soumis à déclaration au titre de la rubrique 2450-2, au-delà d'une consommation totale de produits de revêtement de 50 kg par jour. Ces établissements sont peu représentés en centre-ville.
- les sites mettant en œuvre la technique offset feuille sont soumis à déclaration au titre de la rubrique 2450-3, au-delà d'une consommation d'encre de 100 kg par jour. A titre indicatif, l'imprimerie ayant fait l'objet de mesures dans le cadre de la présente étude présente une consommation d'encres de l'ordre de 100 kg par an.

L'activité est réglementée, pour les installations soumises à déclaration, par l'arrêté ministériel de prescriptions générales du 16 juillet 2003¹⁵. Ce dernier dispose que :

- « l'installation ne doit pas être surmontée de locaux occupés ou habités par des tiers », pour les installations déclarées postérieurement au 6 janvier 2004 ;
- les rejets gazeux doivent être canalisés, épurés « en tant que de besoin » et rejetés le plus loin possible des habitations et des bouches d'aspiration d'air frais pour les installations déclarées postérieurement au 6 janvier 2004.

L'arrêté établit des valeurs limites d'émission et les conditions de rejet à respecter pour l'ensemble des installations, quelle que soit leur date de déclaration, pour les COV¹⁶ dans le cas des activités d'héliogravure, flexographie, impression sérigraphique en rotative (sauf textiles/cartons), contrecollage ou vernissage. Le débit de polluant rejeté et les concentrations doivent être surveillés selon le programme de surveillance établi par l'exploitant et a minima tous les trois ans. Un schéma de maîtrise des émissions de COV peut également être mise en œuvre. Lorsque la consommation de solvant de l'installation est supérieure à une tonne/an, l'exploitant met en place un plan de gestion de solvants.

Dans le cas d'utilisation des substances de la Liste 1 ci-après, la valeur limite d'émission pour les COV est abaissée.

Liste 1 : Substances dont l'utilisation en imprimerie implique un abaissement de la valeur limite d'émission en COV – Annexe II de l'AM du 16/07/2003

- Acide acrylique,
- Acide chloracétique,
- Acroléine, Anhydride maléique,
- Biphényles,
- Crésol,
- 1,2- Dichlorobenzène (O-dichlorobenzène),
- 2,4- Dichlorophénol, Diéthylamine,
- Diméthylamine,
- Ethylamine,
- Méthacrylates,
- Nitrocrésol,
- Nitrophénol,
- Nitrotoluène,
- Phénol, Pyridine,
- 1,1,2,2- Tétrachloroéthane,
- Thioéthers,
- Thiols,
- 1,1,2- Trichloroéthane,

[15 ARRETE DU 16/07/03 RELATIF AUX PRESCRIPTIONS GENERALES APPLICABLES AUX INSTALLATIONS CLASSEES SOUMISES A DECLARATION SOUS LA RUBRIQUE N° 2450 RELATIVE AUX IMPRIMERIES OU ATELIERS DE REPRODUCTION GRAPHIQUE SUR TOUT SUPPORT TEL QUE METAL, PAPIER, CARTON, MATIERES PLASTIQUES, TEXTILES, ETC., UTILISANT UNE FORME IMPRIMANTE \(JO N° 205 DU 5 SEPTEMBRE 2003 ET BOMEDD N° 2003-19 DU 15 OCTOBRE 2003\)](#)

¹⁶ COV : Composés Organiques Volatiles

- 2,4,5- Trichlorophénol,
- Triéthylamine,
- Xylénol (sauf 2,4-xylénol).

4.1 LES SOURCES D'EMISSION DE L'IMPRIMERIE OFFSET FEUILLES

L'INRS a réalisé de nombreux travaux relatifs à l'exposition des travailleurs au sein des imprimeries.

En particulier, le dossier médico-technique réalisé en 2003 par l'INRS sur l'évaluation des risques dans les petites imprimeries offset, a identifié les sources potentielles d'exposition des travailleurs aux agents chimiques, et de fait les sources d'émissions de produits [INRS, 2003]. Les éléments étudiés sont de type qualitatif et non quantitatif. Il s'agit :

- des **colles** lors du montage des films ;
- pour l'étape de fabrication des plaques :
 - o des **solvants** divers utilisés pour le nettoyage ;
 - o des **révélateurs, développeurs et fixateurs** de films ;
 - o des **régénérateurs** pour plaques ;
- des **encres, liquides de mouillages et poudres antimaculage** mis en œuvre à l'impression, ainsi que des produits de nettoyage sur cette même étape.

4.2 LES COLLES

Le montage des films peut amener à mettre en œuvre des bombes aérosols pulvérisant des mélanges polymères adhésifs de type acrylique et solvant. L'exposition des travailleurs en résultant est estimée faible par l'INRS.

4.3 LES ENCRES ET VERNIS

Une encre peut être décrite comme une dispersion d'une substance colorante (le pigment) dans un « vernis constitutif ». Il n'existe pas d'encre universelle et la nature du solvant va dépendre du type de procédé utilisé, du type de séchage, du support d'impression ou du rendu souhaité. Il faut distinguer de part leur fonction et leur composition, les encres et les vernis de surimpression. Les encres permettent par l'application d'un film fin de transférer une information sur un support. Les vernis de surimpression quant à eux, généralement incolores, permettent de renforcer ou de modifier les propriétés de surface du support imprimé [INRS, 2010].

Trois types d'encres peuvent être utilisés dans l'impression offset :

- les encres offset : ce sont des encres dites « encres grasses », plus épaisses, qui contiennent moins de solvant. Elles contiennent des résines et des huiles végétales ou des distillats pétroliers peu volatils ;
- les encres UV (ultra-violet) ou encres EB (electron beam) : ce sont des encres photopolymérisables au séchage plus rapide ;

- les encres hybrides : encres offset contenant des photopolymérisants. Elles permettent d'appliquer directement le vernis de surface après l'impression. Il s'agit d'encres formulées sur le modèle des encres offset, mais où une partie des huiles et des solvants est remplacée par des composés UV. Elles n'impliquent donc pas de substances supplémentaires.

4.3.1 LES ENCREs OFFSET

Elles comportent des pigments, des résines, des huiles et des adjuvants. Le comité technique européen "Encres d'imprimerie" d'EuPIA (European Printing Ink Association) a établi, pour l'industrie européenne des encres d'imprimerie, une liste commune d'exclusion de pigments et d'adjuvants utilisés dans la fabrication des encres et des produits connexes.

Les **pigments** (cf. *Tableau 4*) constituent de l'ordre de 10 à 25 % de la formulation des encres. Les noirs de carbone représentent environ 80% de la consommation en pigments de l'imprimerie, le reste étant majoritairement constitué de pigments organiques. Parmi ces derniers, les dérivés azoïques représentent 70 % des pigments organiques consommés [INRS, 2010].

Tableau 4 : Pigments intervenant dans la formulation des encres offset [INRS, 2010]

Pigments minéraux	Pigments organiques
- Noir de carbone - Dioxyde de titane - Carbonate de calcium - Oxyde et sulfure de zinc - Silicates - Oxydes de fer - Oxydes de chrome III	- Dérives azoïques - Dérivés polycycliques : phtalocyanines, quinacridones, dérivés d'anthraquinone - Dérivés de dioxazine - Hydroquinone ou 1,4-dihydroxybenzène, , [FAR 9, 2012]

Les **résines** ou corps gras sont des composés polymères ayant une fonction de liants au sein de l'encre, et permettant de développer certaines propriétés utiles. Elles constituent entre 0 et 50 % de la formulation de l'encre offset.

Les **huiles** (cf. *Tableau 5*) permettent d'ajuster les propriétés rhéologiques des encres et représentent de 30 à 70 % de la formulation de l'encre. Les huiles d'origine végétale tendent à remplacer les huiles minérales issues de la pétrochimie.

Tableau 5 : Huiles intervenant dans la formulation des encres offset [INRS, 2010]

Huiles minérales	Huiles végétales
distillats pétroliers : hydrocarbures paraffiniques, naphéniques et aromatiques (toluène, xylène, éthylbenzène, triméthylbenzènes...)	esters d'acides gras : acides stéariques, oléiques, linoléiques, linoléniques et oléostéariques (huiles de lin, de tung, de soja, de tournesol...)

Divers **adjuvants** viennent compléter la formulation des encres afin de leur conférer les caractéristiques recherchées en termes de compacité, rapidité de séchage, etc. Ils représentent entre 0,5 et 10 % de l'encre.

En particulier, on peut trouver certains anti-oxydants de type phénols substitués (**butylhydroxytoluène**), **amines aromatiques**, quinones (**hydroquinone**) [INRS, 2010].

4.3.2 LES ENCRES UV

Au-delà des pigments, le vernis constitutif de ces encres est composé de monomères, de prépolymères, de photoamorceurs et d'additifs.

Les photoamorceurs sont destinés à déclencher la réaction de polymérisation sous l'effet des radiations UV. Ils constituent entre 5 et 10 % de la formulation d'une encre UV. Il s'agit généralement de **cétones aromatiques**, **d'oxydes de phosphore** ou de **sels d'ionium** [INRS, 2010].

Les monomères servent au mouillage du pigment, à la solubilisation des prépolymères, à l'ajustement des propriétés rhéologiques et ils participent à la réaction de polymérisation. Ils constituent entre 10 et 25 % de la formulation d'une encre UV.

Les prépolymères sont les équivalents des résines utilisées dans les encres conventionnelles. Ce sont des molécules de haut poids moléculaire (≥ 700 g/mol) contenant des groupes fonctionnels susceptibles de subir une réaction de copolymérisation. Ils interviennent à hauteur de 20 à 35 % dans la formulation des encres UV.

Outre les additifs usuels rencontrés pour les encres offset, les encres UV contiennent des inhibiteurs d'oxydation de type quinone (la méquinol ou éther monométhyle de l'hydroquinone [MEHQ], ou l'**hydroquinone**).

4.3.3 LE VERNIS DE SURIMPRESSION

Les vernis de surimpression appliqués en phase finale permettent de modifier les qualités d'apparence ou de résistance du papier imprimé :

- le vernis gras, dans sa composition, correspond environ aux encres offset ;
- le vernis acrylique : polymère acrylique en émulsion ou en solution dans des solvants alcool/eau ;
- le vernis UV, dans sa composition, correspond approximativement aux encres UV.

4.4 LES SOLUTIONS DE MOUILLAGE

Les plaques d'impression sont recouvertes d'une solution de mouillage destinée à demeurer sur les zones non imprimantes et à former une émulsion avec l'encre.

Les solutions de mouillage sont constituées d'un mélange eau / **alcool isopropylique**. De l'**éthanol** peut également être présent, ainsi que des additifs à hauteur de 2-3 %, de type **formaldéhyde**, **pentachlorophénol**, produits de type ammonium quaternaire.

4.5 LES POUDRES ANTIMACULAGE

Il s'agit de poudres à base d'amidon, de sucre glace, de sels de calcium ou de fécule de pomme de terre.

4.6 LES PRODUITS DE PREPARATION DES PLAQUES

La fabrication des plaques consiste à reporter le film sur une plaque photosensible en l'exposant à une source UV, puis à la développer pour obtenir une plaque offset avec des zones imprimantes qui vont retenir l'encre, et des zones non imprimantes qui vont retenir la solution de mouillage.

- **Les révélateurs et développeurs pour film :**

Le révélateur est en général un mélange **d'hydroquinone** en proportion faible [AST67, 2009] et **d'hydroxyde de sodium**. Certains procédés de développement peuvent utiliser une **solution d'ammoniaque** [INRS, 2003].

- **Les fixateurs pour films :**

Ce sont classiquement du **thiosulfate d'ammonium**, du **sulfure de disodium**, de l'**acétate de sodium** et de l'**acide borique**.

- **Les régénérateurs pour plaques :**

Ce sont des préparations (aqueuses) **alcalines de métasilicate de disodium**.

4.7 LES PRODUITS DE NETTOYAGE

Le nettoyage intervient sur les étapes de fabrication des plaques et d'impression.

Dans le premier cas, le nettoyage de ces plaques se fait manuellement au chiffon.

Dans le second, le nettoyage permet d'éliminer les restes d'encre à imprimer sur les blanchets, cylindres, rouleaux, ... Il peut s'effectuer au cours des cycles, lors de changement de couleur d'encre ou à la fin d'un cycle d'impression. La majeure partie du travail se fait automatiquement, mais par soucis de gain de temps l'opérateur intervient parfois manuellement en cours de cycle. Lors des nettoyages automatiques des machines, les émissions de COV sont souvent importantes, les concentrations en solvant étant souvent élevées et les temps de nettoyage plus longs que nécessaire.

Les produits de nettoyage sont des solvants très divers : ils dépendent de la substance à ôter et du support à nettoyer. On retrouve principalement [INRS, 2003] des **alcools** (éthanol, isopropanol...), de **l'acétone**, des **essences spéciales** de type essence F, du white spirit, des **solvants aromatiques** (toluène, xylène...), des **solvants aliphatiques** (n-hexane, R62-R3) [AST67, 2009], **cycloparaffiniques**, des **glycols**, des **esters**, du **dichlorométhane** [AST67, 2009] et du **trichloréthylène** [FAR9, 2012] dans certains cas.

5. LE LABEL IMPRIM'VERT®

Imprim'Vert® est une marque collective créée en 1998. L'obtention de la marque, requiert le respect des exigences des critères du cahier des charges Imprim'Vert®. Depuis le 1^{er} novembre 2009, les critères sont au nombre de 4 :

- Critère n°1 : la bonne gestion des déchets dangereux ;
- Critère n°2 : la sécurisation des stockages de liquides dangereux ;
- Critère n°3 : la non-utilisation de produit toxique ;
- Critère n°4 : la sensibilisation environnementale de la clientèle ;
- Critère n°5 : le suivi des consommations énergétiques du site de production.

À l'heure actuelle, Imprim'Vert® est considérée comme la première marque mondiale de reconnaissance environnementale des industries graphiques. En effet, il n'y a pas d'équivalent en France, ni même en Europe. Il existe un label équivalent au Japon mais avec seulement une soixantaine d'imprimeries. De même, les États-Unis ont un label mais qui n'est aujourd'hui attribué qu'à 200 imprimeries (sur l'ensemble des États-Unis).

Le nombre d'imprimeries de labeur ayant obtenu le label est estimé à 2241 pour 2013, sur un total de 3627 soit 62 %.

Le Pôle national d'Innovation de l'Imprimerie a mené en 2013 une étude¹⁷ destinée à évaluer la nécessité de faire évoluer le critère 3 du cahier des charges Imprim'Vert®, dans le cadre des évolutions induites en terme de classification et d'étiquetage des produits chimiques par le règlement Européen CLP¹⁸.

Dans le cadre de cette étude, une liste de produits utilisés en imprimerie (cf. Annexe 1) a été élaborée d'une part à partir des éléments fournis par le centre de formation AMIGRAF, spécialiste de la chaîne graphique, et d'autre part par une imprimerie de type offset.

Cette étude a conclu à l'utilisation, sur le panel analysé, de produits classés **Toxiques par aspiration** (phrase de risque H304 – Catégorie 1, réglementation CLP) et **cancérogènes et mutagènes Catégorie 1B** (« *potentiel cancérogène* » et « *capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales* » chez l'être humain « *est supposé* », réglementation CLP).

Les produits visés sont, pour la plupart, des solvants utilisés pour le nettoyage des machines ou des plaques et certaines **encres**. La dangerosité est dans tous les cas associée à la présence de dérivés pétroliers.

L'étude propose de mener une réflexion concernant le remplacement des produits de nettoyage à base de solvants par les produits lessiviels en cohérence avec les encres mises en œuvre, sur lesquelles doit également porter l'analyse.

6. CONCLUSION

Les entreprises les plus présentes en centres-villes sont généralement celles de type TPE et entreprises artisanales.

Compte-tenu des tonnages réalisés, du nombre d'entreprises concernées et de la taille de celles-ci, l'impression **offset feuille** dans les imprimeries de labeur (code NAF 1812Z) est l'activité d'impression principale en centres-villes.

Pour 2011, les **imprimeries de labeur de moins de 10 salariés** (i.e. les plus présentes en centre ville) comptent environ **2700 établissements** en France pour environ **3800 imprimeries de labeur** au total et de l'ordre de **6000** entreprises dans le domaine des **industries graphiques**. Un recensement de ce type d'établissements par l'AGEFOS-PME estime à environ **200** le nombre présent en **centres-villes** pour 6 grandes villes de France. Une extrapolation de ce comptage permet d'évaluer à entre 700 et 1300 le nombre d'imprimeries de labeur en centre ville.

Contrairement à l'offset rotative, pour l'offset feuilles, seuls certains établissements entrent dans le champ de la réglementation des Installations Classées. Il faut noter que les quantités d'encres mises en œuvre dans les petits établissements, les positionnent très en dessous des seuils de déclaration (de l'ordre de 100 kg d'encres utilisés par an pour l'imprimerie étudiée ci-après, pour un seuil de déclaration de 100 kg par jour).

¹⁷ Etude sur l'Evolution de la réglementation CLP en lien avec le critère 3 d'Imprim'vert® - Août 2013

¹⁸ Règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n°1907/2006

Les produits usuellement utilisés sont nombreux et de natures diverses. Les encres, vernis, solutions de mouillage, de préparation des plaques et de nettoyages peuvent comporter des substances volatiles et présentant des caractères de dangers pour la santé.

Une estimation des quantités mises en jeu est compliquée du fait de la disparité des entreprises et du nombre de produits potentiels. Différentes sources permettent cependant d'identifier les **substances les plus préoccupantes** mises en œuvre en imprimeries offset feuilles :

- ensemble des produits listés au paragraphe 4.1 sur la base des travaux de l'INRS ;
- liste des produits utilisés en imprimerie, constituée dans le cadre de l'étude sur l'Evolution de la réglementation CLP en lien avec le critère 3 d'Imprim'Vert® (cf. Annexe 1) ;
- liste fournie en Annexe II de l'arrêté ministériel du 16/07/2003¹⁹ : substances dont l'utilisation en imprimerie implique un abaissement de la valeur limite d'émission en COV (cf. Liste 14).

Environ **62%** des imprimeries ont obtenu le **label Imprim'Vert**, qui implique le respect de dispositions environnementales, notamment en termes d'utilisation de produits chimiques.

L'extrapolation à partir du comptage effectué par AGEFOS-PME indique que les imprimeries Imprim'Vert en centre ville pourraient être de l'ordre de 400 à 800 pour 300 à 500 non labellisées.

Imprim'Vert envisage de faire évoluer à l'horizon novembre 2016 son critère portant sur la non utilisation de certains produits dans le cadre de la mise en œuvre du règlement CLP. Dans ce cadre, une réflexion est menée sur la substitution de certaines encres et produits de nettoyage à base de dérivés pétroliers.

¹⁹ [Arrêté du 16/07/03 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 2450 relative aux imprimeries ou ateliers de reproduction graphique sur tout support tel que métal, papier, carton, matières plastiques, textiles, etc., utilisant une forme imprimante \(JO n° 205 du 5 septembre 2003 et BOMEDD n° 2003-19 du 15 octobre 2003\)](#)

PARTIE 2 : CAMPAGNE DE MESURE

En 2011, l'étude bibliographique autour de l'activité Imprimerie²⁰, suite à l'identification des imprimeries de labeur avec la technologie offset feuilles comme majoritaires dans les centres urbains, a été orientée sur la recherche de données disponibles dans la littérature scientifique en termes d'émissions de composés volatils et de transfert dans des logements. Il convient de noter que les études réalisées dans les pays en voie de développement ont été exclues de part les différences importantes avec les conditions de travail européennes (aménagement des locaux, gestion des substances émissives, aération...). De plus, la plupart des études recensées étaient relativement anciennes (années 90) au regard des évolutions récentes qui ont eu lieu du point de vue technologique ou de la composition des produits chimiques utilisés.

De ce fait, très peu d'études ont été recensées et les données disponibles ont été jugées insuffisantes pour la mise en œuvre de la démarche d'ERS, sur cette seule base, pour des riverains limitrophes aux imprimeries.

Suite à ce constat, l'INERIS a proposé de mettre en place une campagne de mesure exploratoire dans une imprimerie de centre-ville utilisant la technologie de l'offset et présentant des locaux attenants à l'atelier. L'objectif de cette campagne exploratoire a été de recueillir les données adéquates afin d'une part, de pouvoir statuer sur l'impact potentiel de l'activité des imprimeries sur la qualité de l'air dans les logements attenants (en termes de substances et de niveaux de concentration) et d'autre part, déterminer si l'activité imprimerie mérite une attention toute particulière vis-à-vis d'un potentiel risque sanitaire mis en exergue pour les riverains.

Cette partie présente donc la campagne de mesure exploratoire réalisée par l'INERIS : choix du site d'étude, liste des substances recherchées, stratégies de mesure mises en œuvre, résultats des mesures. L'ensemble de l'exploitation des résultats de cette campagne a débouché sur la proposition d'une liste de substances considérées comme de potentiels traceurs de l'impact de l'activité Imprimerie sur les logements limitrophes.

1. CHOIX DU SITE D'ETUDE

1.1 CAHIER DES CHARGES POUR LE CHOIX DE L'IMPRIMERIE

Suite à l'étude du secteur de l'imprimerie réalisée par l'INERIS²¹ en 2011 et afin de répondre aux objectifs de l'étude, les critères de sélection du site ont été les suivants :

- dans une **imprimerie Offset** (technique la plus répandue actuellement) ;

²⁰ INERIS (2011) – Evaluation des risques sanitaires liée à l'activité des imprimeries installées dans les centres urbains [INERIS-DRC-11-109458-01874A]

²¹ INERIS (2011) – Evaluation des risques sanitaires liés à l'activité des imprimeries installées dans les centres urbains [INERIS-DRC-11-109458-01874A]

- en **centre urbain**, en Ile-de-France de préférence ;
- avec des **logements attenants ou au-dessus de l'imprimerie**.

L'imprimerie devait avoir des volumes de production, sur la période envisagée pour la campagne de mesure, représentatifs de son volume annuel. Elle devait également accepter les contraintes relatives aux mesures et notamment le fait que les systèmes de prélèvement restent en place sur le site (d'une journée à une semaine selon les techniques mises en œuvre).

1.2 PRISE DE CONTACT AVEC L'IMPRIMERIE ET LES RIVERAINS

L'INERIS a rencontré l'UNIC en mai 2011 afin de lui présenter les objectifs de l'étude et la démarche envisagée. La participation de l'UNIC, à cette étude, a permis de trouver une imprimerie respectant l'ensemble des critères ci-dessus et ayant de surcroît des contacts déjà établis avec les occupants des logements de l'immeuble.

L'UNIC a organisé la visite de l'imprimerie identifiée en août 2011.

1.3 GESTION DES DONNEES PERSONNELLES

Les mesures ont été réalisées en conformité avec le « Protocole interne d'intervention de l'INERIS pour la réalisation de mesures auprès de personnes physiques »²².

Un courrier à l'intention des particuliers a été rédigé en amont de la campagne de mesure afin de donner quelques éléments d'information sur le déroulement de cette dernière sur leur lieu de domicile.

Une déclaration normale auprès de la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés) a été effectuée préalablement à la campagne de mesures, les informations collectées comportant des données personnelles.

Chaque participant volontaire a été identifié par un numéro de dossier. La correspondance entre le numéro et le logement étudié est uniquement connue par l'occupant et l'INERIS. Ce numéro reste le seul identifiant pour l'exploitation des résultats et leur communication.

²² INERIS (2009) – Protocole interne de l'INERIS pour la réalisation de mesures auprès de personnes physiques [INERIS-DIR-09-15028-12305A]

2. DESCRIPTION DU SITE (IMPRIMERIE ET LOGEMENTS)

L'imprimerie retenue est située à Paris dans le 11^{ème} arrondissement au rez-de-chaussée d'un immeuble de plusieurs étages. Elle a obtenu le label Imprim'Vert®.

Plusieurs logements ainsi qu'une cour sont situés au-dessus de l'imprimerie.

2.1 DESCRIPTION DE L'IMPRIMERIE

2.1.1 CLASSEMENT ICPE

L'établissement entre dans la rubrique 2450-3 (« autres procédés, y compris les techniques offset non visées en 1/ ») décrites dans l'arrêté du 16/07/03 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 2450 relative aux imprimeries ou ateliers de reproduction graphique sur tout support tel que métal, papier, carton, matières plastiques, textiles, etc., utilisant une forme imprimante. Cependant, compte tenu des consommations de solvants (environ 300 à 500 kg/an contre 100 kg/jour pour le seuil de déclaration), l'établissement n'est pas classé pour cette rubrique, ni pour aucune autre rubrique au regard des constats réalisés lors de la visite.

2.1.2 CONFIGURATION DE L'IMPRIMERIE

L'imprimerie est constituée d'un grand atelier généralement ouvert, composé :

- de zones de stockage de papier, de cartons et de produits ;
- d'une zone de création de plaques d'impression ;
- d'une zone d'impression ;
- d'une zone de nettoyage ;
- d'un local pour stocker les déchets liquides ;
- de zones de découpe ;
- d'une zone pour plier et paqueter le papier ;
- d'un vestiaire.

Un plan de l'imprimerie et de l'agencement des différentes zones est disponible en Annexe 2.

2.1.2.1 MACHINES

L'imprimerie dispose de deux machines « offset feuille » qui fonctionnent essentiellement en alternance (cf. Figure 8) :

- l'une pour le tirage de feuilles « grand format » (environ A0) pouvant traiter de l'ordre de 20 000 tirages/jour d'après l'exploitant ;
- l'autre pour le tirage de feuilles « petit format » (environ A3) pouvant traiter de l'ordre de 20 000 tirages/jour d'après l'exploitant.



Figure 8 : Machine offset pour le tirage de feuilles grand format.

L'imprimerie dispose également d'un local dédié au développement des plaques d'impression, avec une machine récente pour leur gravure et une autre pour leur révélation.

Deux autres machines de typographie servent également à faire de la découpe ou du marquage.

2.1.2.2 PRODUITS

L'imprimerie utilise comme produits des encres, des vernis, des agents de mouillage et des produits d'entretien et de nettoyage des machines. Ces produits sont stockés dans l'atelier (cf. Figure 9) et dispose également d'un local de stockage en sous-sol, en bas de la cage d'escalier.



Figure 9 : Stockage des produits dans l'atelier.

2.1.2.3 DECHETS

Les déchets liquides (pas d'indications sur leurs compositions) sont stockés dans un local au sous-sol. Les trappes d'accès, situées dans la cave, donnent dans l'atelier et dans le sas, entre l'atelier et la cage d'escalier.

2.1.2.4 VENTILATION

L'atelier est équipé d'une gaine d'évacuation parcourant tout l'atelier, depuis la zone de découpe jusqu'à la zone d'impression où se situe le moteur de la ventilation forcée dotée d'un clapet coupe-feu (cf. Figure 10). Les consignes automatiques de ventilation (débits) n'ont pu être renseignées par l'imprimeur.



Figure 10 : Système de ventilation forcée de l'imprimerie

La puissance du moteur n'est pas connue, mais ce dernier a normalement été dimensionné pour pouvoir être associé à un conduit dont l'émissaire est situé au-dessus des immeubles. En l'occurrence, le rejet s'effectue actuellement au-dessus de l'imprimerie, au niveau de la verrière (cf. Figure 11).

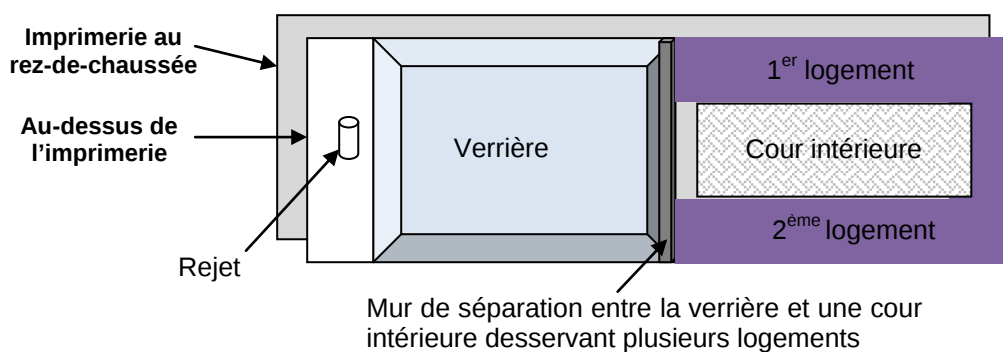


Figure 11 : Configuration des locaux - logements, imprimerie et son point de rejet (vue de dessus)

En journée, la porte d'entrée est ouverte, permettant une ventilation naturelle de l'imprimerie (cf. Figure 12).



Figure 12 : Porte d'entrée de l'imprimerie

2.1.2.5 ACTIVITE

L'imprimerie est ouverte 4 jours par semaine, du lundi au vendredi sauf le mercredi. Les horaires d'ouverture sont compris entre 8h et 18h.

2.2 DESCRIPTION DES LOGEMENTS

Les occupants de deux appartements situés au-dessus de l'imprimerie ont accepté de participer à la campagne de mesures. Les deux logements sont situés au 1^{er} étage de l'immeuble et donnent sur la cour intérieure, comme représentés sur la *Figure 11* précédente.

Le 1^{er} logement (référéncé « **POINT 3** » ultérieurement dans le document) est un studio d'environ 20 m², situé à la verticale de la machine d'impression offset de l'imprimerie (cf. Annexe 2). Ce logement n'a aucun système d'aération particulier. Le revêtement du sol est en parquet, et le plafond est peint. Les murs sont en partie peints ou bien en lambris en bois. La cuisine est ouverte sur la pièce principale. La majorité du mobilier dans cet appartement est en bois massif (bureau, lit, étagères et armoires). Une bibliothèque est disposée sur les étagères de la pièce principale. Les deux fenêtres en simple vitrage et en bois donnent sur la cour intérieure.

Le 2nd logement (référéncé « **POINT 4** » ultérieurement dans le document) est un appartement d'environ 50 m², situé juste au-dessus des vestiaires de l'imprimerie (cf. Annexe 2). Ce logement ne dispose d'aucun système d'aération spécifique. Le revêtement du sol est un parquet, et le plafond est peint. Tous les murs sont peints. La cuisine est ouverte sur la pièce principale. La majorité du mobilier dans cet appartement est en aggloméré – contreplaqué (d'après le locataire, 90% de mobilier en aggloméré – contreplaqué et 10% en bois massif). Dans le salon, le canapé est en alcantara. Une bibliothèque est disposée sur des étagères dans le salon. Les deux fenêtres en simple vitrage et en bois donnent sur la cour intérieure.

3. DESCRIPTION DE LA CAMPAGNE DE MESURE

3.1 LISTE DES SUBSTANCES RECHERCHEES

La liste des substances à rechercher lors de la campagne a été établie suite à des recherches bibliographiques.

L'état des lieux de la pollution dans les ateliers d'imprimerie, réalisée dans une étude bibliographique antérieure²³, a révélé que très peu de résultats de campagnes de mesure étaient disponibles dans la littérature. Les données collectées permettent toutefois de cibler les composés volatils à rechercher prioritairement : isopropanol, hydrocarbures aliphatiques (n-hexane), hydrocarbures aromatiques et notamment le toluène.

Dans un article²⁴, l'INRS présente les données issues de la base COLCHIC. Cette base compile les niveaux d'exposition professionnelle aux Composés Organiques Volatils (COV) les plus fréquemment mesurés, entre 2003 et 2010, et disposant d'une Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP). Concernant le secteur d'activité « Imprimerie », 17 agents chimiques ont été identifiés, dont 13 COV: n-

²³ INERIS (2011) – Evaluation des risques sanitaires liés à l'activité des imprimeries installées dans les centres urbains [INERIS-DRC-11-109458-01874A]

²⁴ INRS (2011) – Panorama des expositions professionnelles à des composés organiques volatils entre 2003 et 2010.

hexane, benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, acétate d'éthyle, acétate d'isopropyle, éthanol, isopropanol, 1-méthoxypropane-2-ol, dichlorométhane, tétrachloroéthylène, trichloroéthylène ; et 4 composés carbonylés : formaldéhyde, acétone, butanone, cyclohexanone.

En conclusion, la bibliographie effectuée n'a pas permis d'identifier de substances qui s'avèrent être des traceurs spécifiques de l'activité Imprimerie, comme à l'instar du perchloroéthylène pour la problématique des pressings (utilisant ce type de solvant). En effet, les substances liées à l'activité de l'imprimerie, identifiées dans la bibliographie, correspondent à des substances souvent déjà présentes dans les logements. Par rapport aux objectifs visés, il s'agira, suite à la campagne de mesure et le large panel de substances potentiellement présentes, d'identifier des traceurs spécifiques potentiels de l'activité Imprimerie afin d'évaluer l'impact de cette dernière sur la qualité de l'air intérieur des logements attenants.

A partir de ces données, il a été décidé d'effectuer un screening large des composés potentiellement présents ainsi que de rechercher les familles de substances et substances identifiées ci-dessus, soient :

COV (Composés Organiques Volatils) dont :

- **n-hexane** ;
- **benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes** ;
- **acétate d'éthyle, acétate d'isopropyle** ;
- **éthanol, isopropanol, 1-méthoxypropane-2-ol** ;
- **dichlorométhane, tétrachloroéthylène, trichloroéthylène.**

Composés carbonylés dont :

- **formaldéhyde** ;
- **acétone, butanone, cyclohexanone.**

Ozone ;

HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) ;

Particules : **PM₁, PM_{2.5} et PM₁₀** ;

Métaux ;

Paramètres de confort (CO₂, T, HR).

3.2 STRATEGIE DE MESURE MISE EN ŒUVRE

Pour rappel, dans le cadre de cette campagne de mesure, l'objectif était double : identifier les substances se transférant potentiellement de l'imprimerie vers les logements, et évaluer si les niveaux de concentrations associés mettaient en évidence une situation particulière, du fait de la proximité de l'activité imprimerie, par rapport aux données de concentrations moyennes dans les logements français (données de l'Observatoire de Qualité de l'Air Intérieur, entre autres).

Idéalement, il aurait fallu conduire un screening quantitatif de toutes les substances présentes, en simultané dans l'imprimerie et dans les logements attenants. Cela aurait nécessité un système de mesure permettant :

- un enregistrement des données sur un pas de temps fin, pour accéder aux variations de concentrations simultanées dans les deux types d'environnement (imprimerie versus logements) afin d'identifier les activités de l'imprimerie potentiellement impactantes ;
- un enregistrement sur une période d'activité de plusieurs jours de l'imprimerie, pour avoir une représentativité des données dans le temps, notamment par rapport à une exposition chronique.

Ce type de matériel n'étant pas disponible sur le marché pour des mesures sur site en air intérieur, différentes techniques complémentaires ont été mises en œuvre.

3.2.1 PERIODE DE MESURE

Conventionnellement, en vue d'évaluer la qualité de l'air dans un logement, par rapport à une exposition long-terme, une mesure sur 7 jours est réalisée. Cependant, dans le cadre de cette étude, le but est principalement d'étudier la qualité de l'air lors d'une période d'activité représentative de l'activité usuelle de l'imprimerie.

De ce fait, la campagne de mesure s'est déroulée sur une semaine de travail (soit 5 journées consécutives), du lundi 26 au vendredi 30 septembre 2011.

3.2.2 SYSTEMES DE MESURE UTILISES

Plusieurs systèmes de mesure ont été mis en œuvre, combinant des méthodes dites « intégratives » (prélèvement sur support et analyse en différé) et d'autres dites « automatiques » (appelée aussi « en temps réel »). Le Tableau 6 ci-après détaille les méthodes mises en place au regard des familles de composés à mesurer.

Les **mesures par méthodes intégratives** ont permis d'obtenir des concentrations moyennées sur 5 jours consécutifs (prélèvements **passifs** par diffusion), mais également sur une journée (prélèvements **actifs**) d'activité de l'imprimerie. Deux types de mesures intégrées ont été mis en œuvre car ils permettent d'accéder à des informations complémentaires :

- les mesures par **prélèvement passif** permettent une mesure sur une durée plus importante (5 jours dans cette étude), moyennant ainsi les variations de concentrations potentielles entre les différentes journées d'une même semaine. Cela permet d'accéder à une concentration mesurée plus représentative d'une exposition sur le long-terme. De plus, les prélèvements passifs, de part leur facilité de mise en œuvre (peu encombrant, sans nuisance sonore), permettent de multiplier les points de mesure, afin de disposer d'une représentation spatiale des niveaux de concentration. Cependant, le spectre des substances quantifiables est plus restreint que par prélèvement actif car le débit de diffusion des systèmes passifs n'est pas connu pour toutes les substances.
- Les mesures par **prélèvement actif** permettent quant à elles de quantifier un spectre de substances beaucoup plus large avec et de réaliser des mesures

sur un pas de temps plus court. Elles ont ainsi pu être réalisées sur 1 journée d'activité de l'imprimerie. L'objectif est alors de pouvoir comparer les concentrations mesurées à la fois dans les logements et dans l'imprimerie, en cherchant ainsi à favoriser une plage de mesure propice aux transferts potentiels de substances de l'imprimerie vers les logements. Malheureusement, les mesures réalisées ainsi sont moins représentatives de l'exposition chronique des occupants des logements, celles-ci pouvant varier d'un jour à l'autre.

Des **méthodes « automatiques » ou « en temps réel »** ont également été mises en œuvre en complément. Elles permettent d'identifier des pics de concentration, liés à des tâches réalisées dans l'imprimerie et/ou les logements, et d'accéder ainsi à un suivi temporel des concentrations en simultané dans ces deux environnements (permettant un suivi dynamique). Le but est ainsi de mettre en évidence ou non l'existence de transferts possibles de substances de l'imprimerie vers les logements lors de tâches spécifiques (par exemple, lors des phases de nettoyage). Il convient de rappeler que ces systèmes de mesure ne sont malheureusement disponibles que pour un nombre restreint de substances.

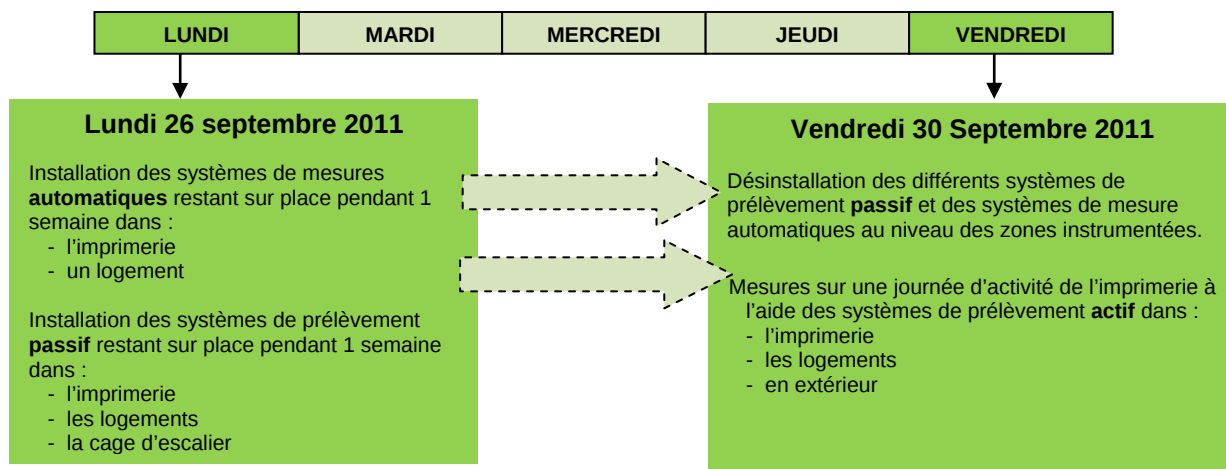
Tableau 6 : Types de systèmes de mesure mis en œuvre par composés et paramètres étudiés

	Intégratif actif	Intégratif passif	Automatique (en temps réel)
COV	• Canister • Pompe & Carbotrap	Radiello® code 145	Détecteur PID * (MiniRae®)
Aldéhydes	-	Radiello® code 165	
Ozone	-	Radiello® code 172	-
CO ₂	-	-	Analyseur (Q-TRAK®)
HAP	Pompe & cartouche ORBO®	-	-
Particules :			
PM ₁ , PM _{2.5} et PM ₁₀	-	-	Indicateur optique (GRIMM 1.108®)
Métaux	Microvol® ou Mini-Partisol® & Filtre Quartz	-	-
T et HR	-	-	Enregistreur (Ebro-20TH®)

* Le détecteur PID permet d'accéder uniquement à une concentration globale en Composés Organiques Volatils (COV totaux)

3.2.3 DEROULEMENT CHRONOLOGIQUE DE LA CAMPAGNE

La campagne de mesure dans l'imprimerie et dans les logements situés au-dessus de celle-ci s'est déroulée de la façon suivante :



D'après l'imprimeur, l'activité de l'imprimerie est uniforme et homogène durant les 4 jours travaillés (fermeture les mercredis). Les mesures actives ont été réalisées le vendredi pour des raisons pratiques relatives à l'intervention, afin de minimiser la sollicitation des occupants de l'imprimerie et des logements (sur seulement 2 journées, soit à l'installation et à la désinstallation).

Concernant les systèmes de mesure « automatiques », pour des raisons de parc de matériel, seuls deux systèmes ont été déployés (le premier dans l'imprimerie et le second dans l'un des logements).

3.2.4 STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE SPATIAL

Afin d'évaluer l'impact de l'activité de l'imprimerie sur la qualité de l'air des logements situés au-dessus de celle-ci, plusieurs points de mesure ont été définis. Ils sont représentés sur la figure en Annexe 2 :

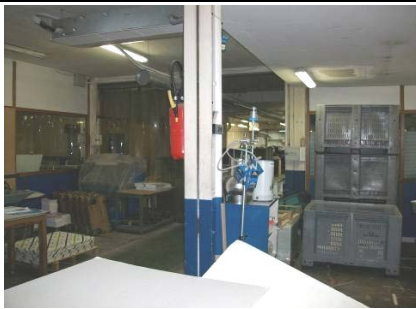
- **Deux points de mesure dans l'imprimerie :**
 - ✓ **POINT 1** : l'un positionné dans une zone de découpe et de stockage de papier ;
 - ✓ **POINT 2** : l'autre positionné au plus près des machines d'impression offset ;
- **Un point de mesure dans le logement** situé au **1^{er} étage (POINT 3)**, au droit des machines d'impression offset de l'imprimerie ;
- **Un point de mesure dans un autre logement** situé également au **1^{er} étage (POINT 4)** au-dessus de l'imprimerie, au droit des vestiaires de l'imprimerie ;
- **Un point de mesure dans la cage d'escalier (POINT 5)** afin d'identifier de potentielles voies de transfert au sein de l'immeuble ;
- **Deux points de mesure en extérieur :**
 - ✓ **POINT 6** : l'un au-dessus de l'imprimerie dans la cour intérieure du 1^{er} étage entre les deux logements ;
 - ✓ **POINT 7** : l'autre situé dans la rue, au rez-de-chaussée, permettant d'avoir un point de référence non impacté par l'activité de l'imprimerie.

Pour rappel, le rejet de l'imprimerie et le point extérieur au-dessus de l'imprimerie dans la cour intérieure entre les deux logements sont séparés physiquement par un mur (cf. Figure 11).

Des blancs de site²⁵ ont également été réalisés pour chaque échantillonnage passif ou actif.

²⁵ Support de prélèvement témoin, identique à ceux utilisés pour le prélèvement, soumis aux mêmes manipulations que ces derniers, à l'exception du prélèvement proprement dit, afin d'identifier une potentielle contamination des supports non liée au prélèvement.

3.2.5 SYNTHÈSE DES MESURES RÉALISÉES PAR POINT DE MESURE

IMPRIMERIE		
POINT 1 Zone « Découpe et stock cartons »	COV – Méthode intégrative active COV - Méthode intégrative passive Composés carbonylés - Méthode intégrative passive Ozone - Méthode intégrative passive HAP - Méthode intégrative active Métaux - Méthode intégrative active	
POINT 2 Zone « Machines offset »	COV – Méthode intégrative active COV - Méthode intégrative passive COVt - Méthode automatique Composés carbonylés - Méthode intégrative passive Ozone - Méthode intégrative passive HAP - Méthode intégrative active Métaux - Méthode intégrative active Particules - Méthode automatique CO ₂ - Méthode automatique	
LOGEMENTS		
POINT 3 1 ^{er} logement « au-dessus de la zone des machines »	COV – Méthode intégrative active COV - Méthode intégrative passive COVt - Méthode automatique Composés carbonylés - Méthode intégrative passive Ozone - Méthode intégrative passive HAP - Méthode intégrative active Métaux - Méthode intégrative active Particules - Méthode automatique CO ₂ - Méthode automatique	
POINT 4 2 ^{ème} logement « au-dessus des vestiaires »	COV – Méthode intégrative active COV - Méthode intégrative passive COVt - Méthode automatique Composés carbonylés - Méthode intégrative passive Ozone - Méthode intégrative passive HAP - Méthode intégrative active Métaux - Méthode intégrative active	

CAGE D'ESCALIER	
POINT 5	COV - Méthode intégrative passive Composés carbonylés - Méthode intégrative passive Ozone - Méthode intégrative passive

EXTERIEUR	
POINT 6 Cour intérieure 1 ^{er} étage	COV – Méthode intégrative active COV - Méthode intégrative passive Composés carbonylés - Méthode intégrative passive Ozone - Méthode intégrative passive HAP - Méthode intégrative active Métaux - Méthode intégrative active
POINT 7 Rue	COV – Méthode intégrative active COV - Méthode intégrative passive Composés carbonylés - Méthode intégrative passive Ozone - Méthode intégrative passive HAP - Méthode intégrative active Métaux - Méthode intégrative active

3.3 QUESTIONNAIRES D'ACCOMPAGNEMENT DE LA MESURE

Des questionnaires d'accompagnement de la mesure ont été distribués aux occupants des deux logements investigués pour décrire les activités domestiques durant la campagne de prélèvement (travaux, ménages, fumeur,...). La trame de ces questionnaires est disponible en Annexe 3.

Cette collecte d'informations a notamment permis d'identifier des activités ayant eu lieu dans le logement et pouvant constituer des « interférents » dans l'étude des transferts potentiels de substances liées à l'activité de l'imprimerie vers les logements attenants.

4. RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURE

Ce chapitre est dédié à la présentation des données qualitatives recueillies, ainsi que des concentrations mesurées (par méthodes « intégratives » et « automatiques ») pour les différentes familles de substances étudiées. Le positionnement des résultats obtenus par rapport aux valeurs de références disponibles est réalisé au chapitre 5.

4.1 DONNEES QUALITATIVES DES LOGEMENTS : ACTIVITE DES OCCUPANTS

Les informations collectées *via* les questionnaires ont permis d'identifier les éléments utiles suivants :

- **Communs aux deux logements :**

- ✓ L'aération quotidienne de 1 à 2 heures ;
- ✓ L'absence travaux au cours des 12 derniers mois ;
- ✓ L'absence d'activité artistique (exemple : peintures...) durant la semaine de mesure ;

- **Pour le logement « POINT 3 » :**

- ✓ Le gaz de ville comme mode de cuisson ;
- ✓ L'utilisation d'huiles essentielles dans un brumisateur ;
- ✓ Un temps de présence supposé important au domicile (personne retraitée) ;

- **Pour le logement « POINT 4 » :**

- ✓ L'électricité comme mode de cuisson ;
- ✓ L'utilisation d'un spray pour cheveux et d'un diffuseur de parfum ;
- ✓ La présence d'un fumeur au domicile fumant dans le logement ;
- ✓ Un temps de présence au domicile supposé moins important qu'au logement « point 3 » (logement occupé par une personne étudiante).

L'information sur la présence d'un fumeur dans le logement « **POINT 4** » n'a été connue qu'à la fin de la campagne de mesure. Cela a remis en cause la pertinence d'effectuer des mesures dans le logement, vis-à-vis de la question du transfert potentiel de substances liées à l'activité de l'imprimerie. Toutefois, les données ont été conservées pour l'exploitation des résultats.

4.2 CONCENTRATIONS MESUREES « EN TEMPS REEL »

Des mesures par méthodes automatiques de **particules**, de COV totaux (**COVT**) et de **paramètres de confort** ont été réalisées dans l'imprimerie au « **POINT 2** » ainsi que dans le logement « **POINT 3** ». Pour les COVT et les particules, ces mesures ont comme principal objectif de mettre en perspective les suivis temporels obtenus simultanément entre les deux environnements. Concernant les paramètres de confort, l'objectif est d'évaluer le niveau de confort moyen pour les occupants de l'imprimerie et des logements.

Suite à un incident technique, les données pour la journée du 30 septembre 2011 ne sont malheureusement pas disponibles, ne permettant ainsi pas de statuer sur l'activité du vendredi dans l'imprimerie (journée où les prélèvements actifs ont été réalisés) en termes de représentativité par rapport aux autres jours de la semaine.

Afin de faciliter le commentaire des résultats, chaque journée a été découpée en une période « jour » (de 7h à 18h) et une période « nuit » (de 18h à 7h), basées sur les horaires d'ouverture et de fermeture de l'imprimerie.

4.2.1 PARAMETRES DE CONFORT

4.2.1.1 CO₂

Les concentrations moyennes en CO₂ mesurées dans le logement « **POINT 3** » et l'imprimerie « **POINT 2** », du lundi au jeudi, sont présentées au Tableau 7.

Tableau 7 : Synthèse des concentrations en CO₂ mesurées sur 4 jours dans le logement et l'imprimerie

ppm*	Imprimerie - POINT 2	Logement - POINT 3
CO₂		
Moyenne	489	606
Max	599	1 122
Min	445	462
Nb Mesures	1 028	1 023

* 1 ppm de CO₂ = 1,80 mg/m³ à 25°C, 1 atm

A titre informatif, les détails des suivis temporels dynamiques et les distributions statistiques des concentrations journalières en CO₂ mesurées dans l'imprimerie « **POINT 2** » et le logement « **POINT 3** » sont présentés en Annexe 4 et Annexe 5.

Les teneurs en CO₂ mesurées dans l'imprimerie « **POINT 2** » restent stables quels que soient les heures ou les jours de la semaine investigués, et demeurent en moyenne inférieures à 500 ppm. La bonne aération de l'imprimerie pendant la journée de travail, constatée lors de la semaine d'intervention (portes ouvertes en permanence et système de ventilation mécanique), est probablement à l'origine des concentrations relativement basses en CO₂ observées en présence du personnel.

En ce qui concerne le logement « **POINT 3** », une importante variabilité des concentrations en CO₂ a pu être observée entre les différentes périodes « jour » et « nuit » (détail dans l'Annexe 5). Il est observé une augmentation statistiquement significative (Test de Wilcoxon bivarié, p-value < 2.10⁻¹⁶) des teneurs en CO₂ durant la nuit, qui peut s'expliquer par l'absence d'aération du logement combinée à la présence de l'occupante dans le logement de faible superficie.

4.2.1.2 TEMPERATURE ET HUMIDITE RELATIVE

Un suivi continu de la température et de l'humidité relative a été réalisé pour l'ensemble des points de mesures définis au paragraphe 3.2.4 (détail en Annexe 4). Les valeurs moyennes calculées ont été consignées dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Synthèse du suivi temporel de la température et de l'humidité relative aux différents points de mesures (Points 1 à 7)

	Imprimerie		Logements		Cage d'escalier	Extérieur	
	POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 5	POINT 6	POINT 7
TEMPERATURE (°C)							
Moyenne	23,6	24,4	24,3	23,5	22,0	22,8	22,4
Max	25,9	27,7	25,7	25,7	23,5	27,2	28,0
Min	18,5	18,8	19,1	19,0	18,9	18,2	17,0
Nb Mesures	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043
HUMIDITE RELATIVE (%)							
Moyenne	56,9	54,8	57,9	60,8	62,5	58,8	60,5
Max	74	73,1	71,8	73,7	73,2	81,8	83,8
Min	49	41,9	50,9	51,1	50,8	36,5	36,1
Nb Mesures	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043

La température et l'humidité relative semblent en moyenne assez similaires pour les différents points de mesures.

4.2.2 PARTICULES

Les concentrations moyennes en particules (PM₁₀, PM_{2,5} et PM₁) mesurées dans le logement « **POINT 3** » et l'imprimerie « **POINT 2** », du lundi au jeudi, sont présentées dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Synthèse des concentrations (µg/m³) en particules mesurées²⁶ sur 4 jours dans le logement et l'imprimerie

µg/m ³	Imprimerie POINT 2	Logement POINT 3
PM₁₀		
Moyenne	37	36
Max	483	374
Min	4	8
Nb Mesures	1 153	1 142
PM_{2,5}		
Moyenne	15	19
Max	92	181
Min	4	7
Nb Mesures	1 153	1 142
PM₁		
Moyenne	10	13
Max	32	147
Min	4	5
Nb Mesures	1 153	1 142

A titre informatif, le détail des suivis temporels dynamiques et les distributions statistiques des concentrations journalières en particules (PM₁₀, PM_{2,5} et PM₁) mesurées dans l'imprimerie « **POINT 2** » et le logement « **POINT 3** » sont présentés en Annexe 4 et en Annexe 5.

²⁶ Pour rappel, la méthode de mesure des particules est basée sur un comptage optique (méthode de référence par gravimétrie).

Afin de faciliter la lecture et l'appréciation des variations des concentrations moyennes en particules selon les périodes de la journée, des roses horaires de pollution calculées pour les PM_{10} ont été réalisées. La Figure 13 présente les résultats obtenus pour l'imprimerie « **POINT 2** », et la Figure 14 ceux pour le logement « **POINT 3** ». Les variations des concentrations $PM_{2,5}$ et des PM_1 étant sensiblement similaires à celles des concentrations PM_{10} , leurs roses horaires de pollution n'ont pas été détaillées dans le présent rapport.

Evolution des concentrations dans l'imprimerie « POINT 2 » :

Les concentrations médianes en particules (PM_{10} , $PM_{2,5}$ et PM_1) mesurées dans l'imprimerie les 26, 27 et 29 septembre 2011 pour la période « jour » (imprimerie en activité) ont respectivement variées entre 50 et 80 $\mu g/m^3$, 15 et 25 $\mu g/m^3$, et 7 et 16 $\mu g/m^3$ (cf. Annexe 5).

Des pics de concentrations ont pu être observés au moment des nettoyages des machines offset lors des journées du 26, 27 et 29 septembre 2011, en particulier pour les PM_{10} et les $PM_{2,5}$ (cf. Annexe 4). Par ailleurs, les concentrations moyennes horaires présentent des profils similaires pour les différentes journées (cf. Figure 13a). Les concentrations moyennes maximales ont été obtenues pendant la phase d'activité de l'imprimerie, entre 9h et 17h (cf. Figure 13b). Les concentrations journalières les plus faibles en particules ont été obtenues quant à elles pendant la journée du mercredi 28 septembre 2011, journée de fermeture de l'imprimerie.

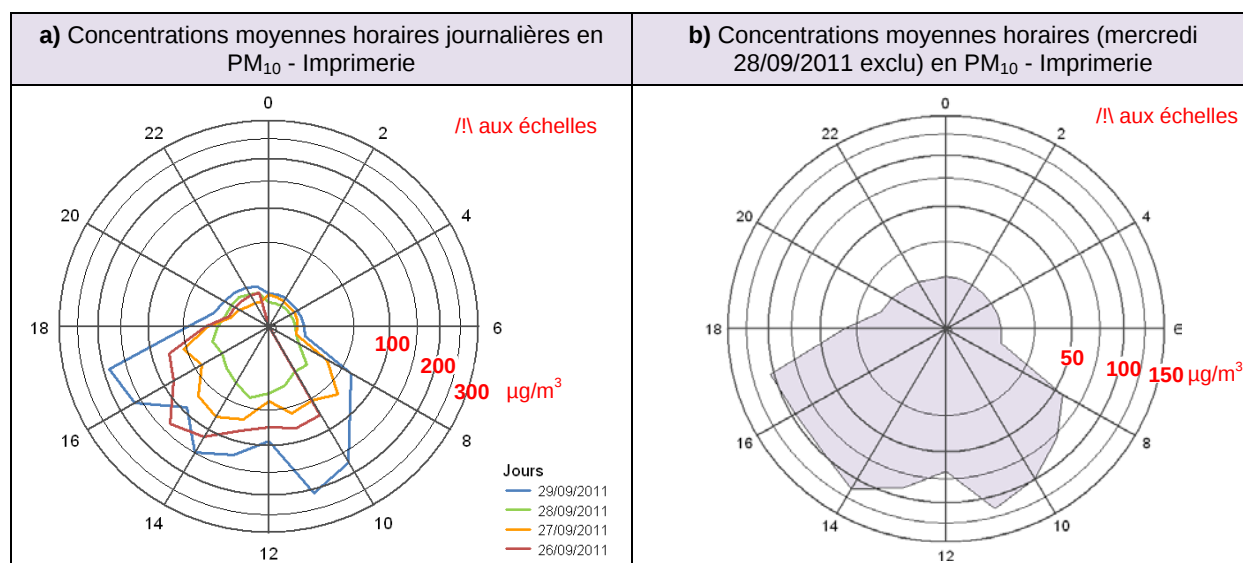


Figure 13 : Roses horaires des concentrations en PM_{10} pour l'imprimerie « POINT 2 »

(/!\ : les échelles de la figure a et b ne sont pas les mêmes)

Durant la période « nuit », les niveaux de concentrations en particules dans l'imprimerie « **POINT 2** » diminuent de façon significative²⁷. La concentration médiane en PM₁₀ mesurée sur les journées du 26, 27 et 29 septembre 2011 pour la période « nuit » est de 13 µg/m³. Cette chute des niveaux de concentration pourrait s'expliquer par la sédimentation des particules les plus grossières (diamètre aérodynamique > 1 µm) dès la fin des activités dans l'imprimerie, avec une remise en suspension dès la reprise du travail. Ainsi, les concentrations en particules mesurées dans l'imprimerie « **POINT 2** » sont complètement liées à l'activité de l'imprimerie.

Evolution des concentrations dans le logement « POINT 3 » :

Les niveaux de concentrations en particules mesurées dans le logement « **POINT 3** » varient peu entre les périodes « jour » et « nuit », ainsi qu'entre les différents jours de la semaine. Les concentrations médianes en PM₁₀, PM_{2,5} et PM₁ mesurées dans le logement les 26, 27 et 29 septembre 2011 pour la période « jour » sont respectivement comprises entre 14 et 35 µg/m³, 11 et 18 µg/m³, et 7 et 13 µg/m³ (cf. Annexe 5).

Des pics de concentrations ont pu être observés lors des journées du 26, 27, et 28 septembre 2011 aux mêmes moments que ceux observés pour le CO₂. Le 29 septembre 2011, des pics de concentrations plus importantes ont pu être observés au moment des nettoyages des machines offset (Annexe 3). Les concentrations horaires en PM₁₀ varient selon les journées mais présentent en moyenne un profil bimodal similaire (cf. Figure 14a). Les concentrations maximales sont mesurées entre 6h et 12h et entre 18h et 23h, bien que les maxima ne soient pas enregistrés à la même heure selon la journée.

Contrairement à ce qui a été observé pour l'imprimerie, la journée de fermeture de l'imprimerie ne correspond pas aux concentrations les plus faibles mesurées dans le logement « **POINT 3** » (cf. Figure 14b). Le profil du 29 septembre 2011 est très différent de ceux des 26, 27, et 28 septembre 2011. Les concentrations moyennes maximales sont mesurées pour la matinée et la fin d'après midi du 29 septembre 2011 (concentration maximale en PM₁₀ proche de 400 µg/m³).

²⁷ $p < 2.10^{-16}$, tests de Wilcoxon bivariés effectués pour les PM₁₀, PM_{2,5} et PM₁ sur les journées du 26, 27 et 29 septembre.

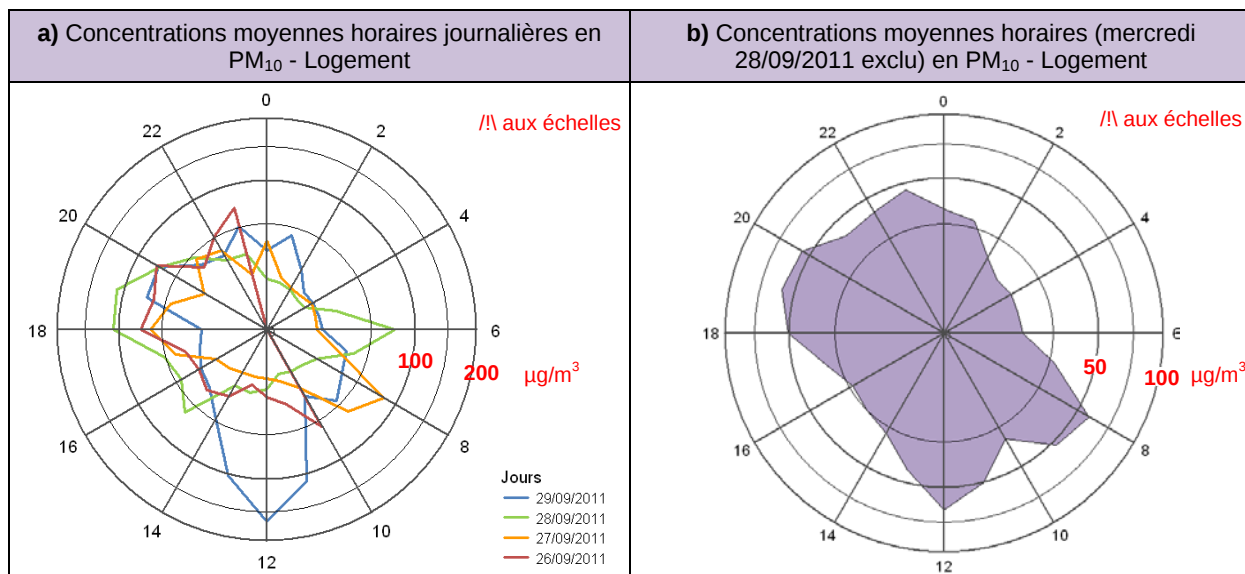


Figure 14 : Roses horaires des concentrations en PM₁₀ pour le logement « **POINT 3** »

(!! : les échelles de la figure a et b ne sont pas les même)

Comparaison CO₂ et PM₁₀ :

La mise en parallèle des concentrations en CO₂ et en PM₁₀ mesurées dans le logement et l'imprimerie est présentée en Annexe 7. Les concentrations journalières les plus faibles en particules ont été mesurées lorsque les niveaux de concentrations en CO₂ étaient les plus faibles. Les pics de concentrations en CO₂ et en particules sont généralement corrélés. Des pics de concentrations en particules non corrélés avec le CO₂ ont tout de même été constatés, notamment le mercredi en fin d'après-midi.

Comparaison imprimerie/logement :

Aucune corrélation n'a été identifiée entre les concentrations en particules mesurées dans le logement « **POINT 3** » et celles mesurées dans l'imprimerie « **POINT 2** ». En effet, les roses horaires obtenues pour les concentrations en particules mesurées dans l'imprimerie et le logement présentent des profils très différents. Aux vues des observations ci-dessus, les concentrations en particules dans le logement « **POINT 3** » ne semblent pas liées à l'activité de l'imprimerie. Les teneurs en particules augmentent dans le logement après la fermeture de l'imprimerie, certainement dues aux mouvements dans le logement favorisant la remise en suspension des particules.

Cartographie supplémentaire :

Une cartographie sur 1 heure environ a également été réalisée aux autres points de mesure. Une synthèse des concentrations en particules mesurées sur 1 heure aux différents points est présentée au Tableau 10.

Tableau 10 : Synthèse des concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en particules mesurées sur 1 heure dans l'imprimerie, le logement, la cage d'escalier et l'extérieur

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Imprimerie POINT 1	Logement POINT 4	Cage d'escalier POINT 5	Extérieur POINT 6 POINT 7	
PM ₁₀					
Moyenne	76	36	866	123	225
Max	93	53	3 287	135	1 379
Min	69	28	74	106	75
Nb Mesures	12	17	13	13	18
PM _{2,5}					
Moyenne	46	30	108	60	52
Max	50	37	284	66	175
Min	42	25	26	54	33
Nb Mesures	12	17	13	13	18
PM ₁					
Moyenne	35	25	25	45	29
Max	39	30	32	51	46
Min	32	22	17	42	22
Nb Mesures	12	17	13	13	18

Cette rapide cartographie permet de mettre en évidence des niveaux de concentration en PM₁₀ et PM_{2,5} dans la cage d'escalier supérieurs aux autres points de mesure.

4.2.3 COVT

Les concentrations moyennes en COVT mesurées dans le logement « **POINT 3** » et l'imprimerie « **POINT 2** » du lundi au jeudi sont présentées au Tableau 11.

Tableau 11 : Synthèse des concentrations (ppb) en COVT mesurées sur 4 jours dans le logement et l'imprimerie

ppb	Imprimerie POINT 2	Logement POINT 3
COV Totaux		
Moyenne	14 749	2 750
Max	46 033	8 250
Min	2 770	424
Nb Mesures	1 153	779

A titre informatif, le détail des suivis temporels dynamiques et les distributions statistiques des concentrations journalières en COVT mesurées dans l'imprimerie « **POINT 2** » et le logement « **POINT 3** » sont présentés en Annexe 4 et Annexe 5. En raison du bruit occasionné par le détecteur, le détecteur de COVT a été arrêté dans le logement « **POINT 3** » pendant la nuit, ce qui explique les interruptions de données sur le graphique. Les concentrations sont exprimées en ppb équivalent isobutylène.

Afin de faciliter la lecture et l'appréciation des variations des concentrations moyennes en COVT selon les périodes de la journée, des roses horaires de pollution sont présentées en Figure 15 pour l'imprimerie « **POINT 2** » et en Figure 16 pour le logement « **POINT 3** ».

Evolution des concentrations dans l'imprimerie « **POINT 2** » :

La rose horaire moyennée sur les 3 jours d'activité de l'imprimerie (cf. Figure 15b), donc hors mercredi, montre des niveaux de concentration moyens plus élevés sur la plage horaire 14h – 7h (> 15 000 ppb), avec une diminution légère et progressive des concentrations à partir de 23h. Les niveaux observés durant la phase nocturne semblent liés à l'accumulation des concentrations émises par les activités de l'imprimerie dans la journée, et au confinement plus important de l'imprimerie durant cette phase de fermeture²⁸, couplée à une consigne de ventilation vraisemblablement plus modérée. La Figure 15a met en évidence des pics de concentrations en COVT mesurés dans l'imprimerie « **POINT 2** » pendant les phases de nettoyages des machines offset. Les teneurs en COVT lors des phases de nettoyage peuvent ainsi dépasser ponctuellement sur de très courtes durées les 40 000 ppb, particulièrement les 26 et 27 septembre 2011.

²⁸ En journée, la porte d'entrée est ouverte permettant une ventilation naturelle de l'imprimerie.

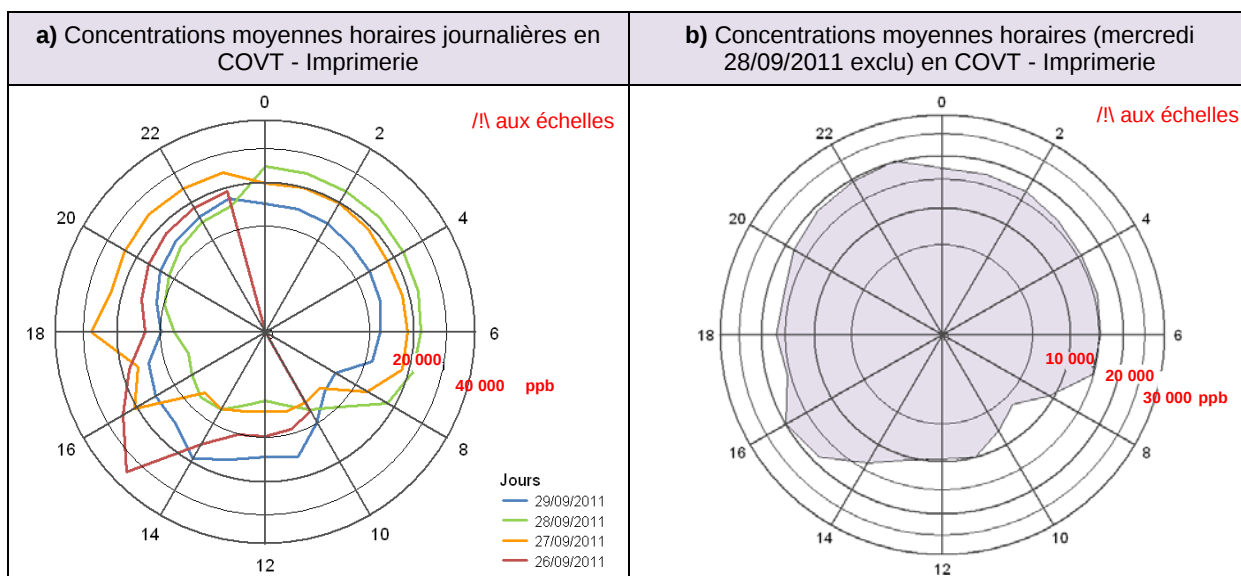


Figure 15 : Roses horaires des concentrations en COVT dans l'imprimerie « POINT 2 »

(!! : les échelles de la figure a et b ne sont pas les même)

La diminution marquée des teneurs en COVT observée les 27 et 28 septembre à partir de 7h pourrait correspondre au retour de la consigne de ventilation à un taux de fonctionnement maximal, ou à l'ouverture de la porte d'entrée de l'imprimerie avant la reprise des activités de travail de l'imprimerie.

Evolution des concentrations dans le logement « POINT 3 » :

Etant donné que le détecteur a été débranché la nuit, il demeure difficile d'apprécier les variations des concentrations selon les moments de la journée. Pour les heures disponibles, les concentrations moyennes (cf. Figure 16b) les plus importantes semblent néanmoins être mesurées entre 9h et 14h. La distribution des concentrations en COVT mesurées dans le logement varie selon les journées, les concentrations journalières médianes étant comprises entre 1 700 et 4 400 ppb. Les concentrations maximales en COVT ont été observées pendant la journée du 28 septembre 2011, jour de fermeture de l'imprimerie (cf. Figure 16a).

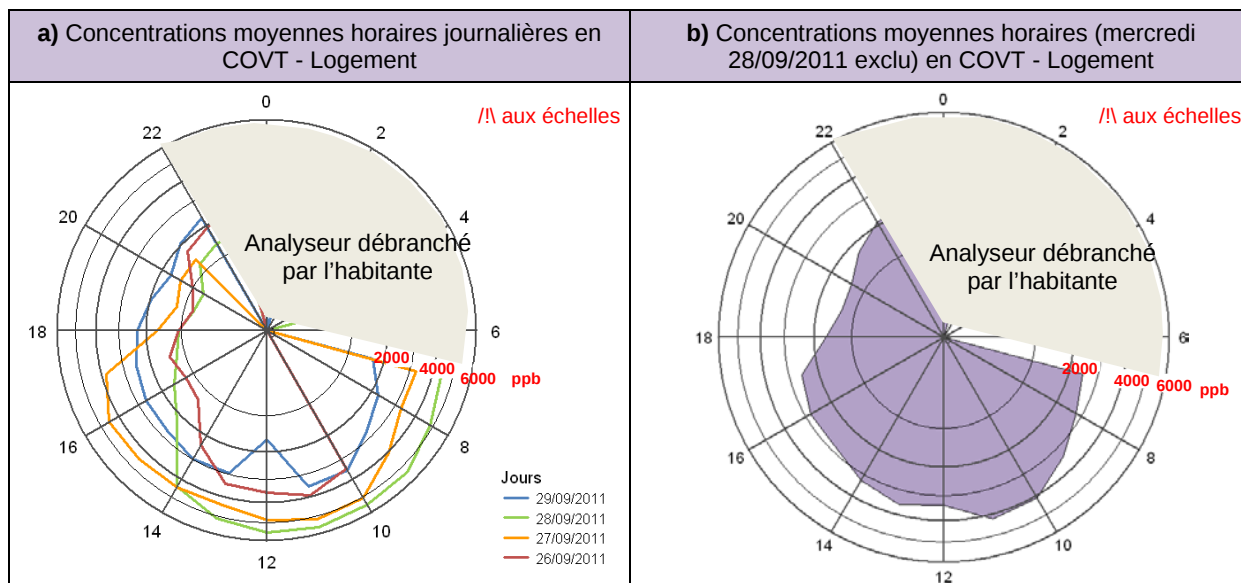


Figure 16 : Roses horaires des concentrations en COVT dans le logement « POINT 3 »

Comparaison CO₂, PM₁₀ et COVT

La mise en parallèle des concentrations en CO₂, en PM₁₀ et en COVT mesurées dans le logement et l'imprimerie est présentée en Annexe 7. Les concentrations les plus fortes en COVT ont été mesurées lorsque les niveaux de concentrations en CO₂ et PM₁₀ étaient les plus forts.

Comparaison imprimerie/logement

Les différentes variations des niveaux de concentrations observés pendant la journée et la soirée dans l'imprimerie « POINT 2 » ne semblent pas avoir d'impact sur les teneurs en COVT mesurées en parallèle dans le logement « POINT 3 » pour la période de mesures disponible. En effet, les concentrations dans le logement sont nettement moins importantes que celles mesurées dans l'imprimerie. De plus, aucune corrélation n'a pu être établie entre les concentrations mesurées dans le logement et celles mesurées dans l'imprimerie, de façon simultanée ou en différé. Au contraire, les roses horaires obtenues pour les concentrations en COVT mesurées dans l'imprimerie et le logement semblent présenter des profils différents. Cette mesure indicative globale des COVT ne semble donc pas montrer un impact direct de l'activité de l'imprimerie sur les concentrations mesurées dans le logement « POINT 3 ».

Cartographie supplémentaire

Une cartographie sur 1 heure environ a également été réalisée aux autres points de mesure. Une synthèse des concentrations en particules mesurées sur 1 heure aux différents points est présentée au Tableau 12.

Tableau 12 : Synthèse de concentrations (ppb) en COVT mesurées sur 1 heure dans l'imprimerie, le logement, la cage d'escalier et l'extérieur

ppb	Imprimerie	Logement	Cage d'escalier	Extérieur	
	POINT 1	POINT 4	POINT 5	POINT 6	POINT 7
COV Totaux					
Moyenne	1 151	4 826	910	303	352
Max	1 568	5 169	1 972	383	564
Min	834	4 520	406	193	225
Nb Mesures	13	17	12	13	17

Cette rapide cartographie permet de mettre en évidence des niveaux de concentrations en COVT dans le logement « POINT 4 » supérieurs aux autres points de mesure.

4.3 CONCENTRATIONS MESUREES PAR FAMILLE DE SUBSTANCES

Des mesures par méthodes intégratives passives et/ou actives ont été réalisées pour l'ensemble des 7 points de mesure. Cette partie décrit les concentrations mesurées pour les différentes substances étudiées dans les différents environnements. L'objectif est d'identifier les molécules à la fois présentes dans l'imprimerie et dans au moins un des logements, ou présentes dans la cage d'escalier et dans au moins un des logements (stockage des produits dans un local au sous-sol, avec des trappes donnant dans l'atelier et dans le sas entre l'atelier et la cage d'escalier).

L'étude du transfert de l'imprimerie vers le logement ou d'autres sources vers le logement, et l'interprétation des concentrations mesurées dans les logements par rapport aux valeurs de référence disponibles sont traitées au paragraphe 5.

4.3.1 OZONE

L'ozone a été mesuré par méthode intégrative passive sur un prélèvement de 5 jours. Des prélèvements aux 7 points de mesure identifiés au paragraphe 3.2.4 ont été faits, c'est-à-dire dans l'imprimerie, dans les logements, dans la cage d'escalier et à l'extérieur.

Le Tableau 13 présente la moyenne des duplicats réalisés à chaque point de prélèvement, excepté pour la cage d'escalier « POINT 5 » pour lequel un seul support de prélèvement a été installé. La limite de quantification pour l'ozone est de 10 µg/m³.

Tableau 13 : Concentrations en ozone par méthode intégrative passive (en µg/m³)

µg/m ³	Imprimerie		Logements		Cage d'escalier	Extérieur	
	POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 5	POINT 6	POINT 7
Ozone	29,9	22,6	20,6	20,6	58,1	241,7	225,8

L'ozone est présent dans les deux logements ainsi que dans l'imprimerie à des concentrations similaires.

Les **concentrations extérieures** sont environ **10 fois supérieures** à celles mesurées **en intérieur**, dans l'imprimerie et les logements.

La **concentration dans la cage d'escalier** est environ **2 à 2,5 fois supérieure** à celles mesurées **en intérieur**, dans l'imprimerie et les logements.

4.3.2 MÉTAUX

Les métaux ont été mesurés par méthode intégrative active le vendredi 30 septembre. Des prélèvements aux 6 points de mesures identifiés au paragraphe 3.2.4 ont été faits, c'est-à-dire dans l'imprimerie, dans les logements et à l'extérieur. La configuration de la cage d'escalier ne permettait pas de réaliser des mesures actives, notamment à cause de l'encombrement du matériel de prélèvement. Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un Microvol® (3L/min) avec une tête de coupure PM₁₀ sur des durées d'environ 6h en intérieur et de 4,5h en extérieur.

Les résultats relatifs à l'ensemble des métaux recherchés sont consignés dans le Tableau 14. Les concentrations ayant des valeurs inférieures à la limite de quantification (LQ), sur fond gris dans le tableau, ont été remplacées par la LQ divisée par deux.

Tableau 14 : Concentrations en métaux par méthode intégrative active (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Imprimerie		Logements		Extérieur	
	POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 6	POINT 7
Arsenic	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Chrome	1	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
Fer	9,4	7,1	6,0	9,9	5,3	10,5
Nickel	0,3	0,3	0,3	0,2	0,25	0,25
Cuivre	0,3	0,15	0,15	0,1	0,15	0,15
Cadmium	0,3	0,3	0,3	0,2	0,25	0,25
Plomb	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1
Zinc	15,7	0,7	0,7	0,8	1,7	2,4

Au regard du Tableau 14, l'arsenic, le nickel et le cadmium n'ont été quantifiables pour aucun point de prélèvement.

Le cuivre a été quantifié uniquement dans l'imprimerie au « POINT 1 », à une concentration de $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pour le plomb, les concentrations sont de $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'ensemble des points de mesure, excepté pour le logement « POINT 3 » ($< \text{LQ}$).

Le chrome, le fer et le zinc ont été quantifiés sur l'ensemble des points de prélèvement, avec des concentrations respectivement comprises entre :

- $0,3$ et $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le maximum étant retrouvé dans l'imprimerie au « POINT 1 » ;
- $5,3$ et $10,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le maximum étant trouvé à l'extérieur au « POINT 7 » ;
- $0,7$ et $15,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le maximum étant obtenu dans l'imprimerie au « POINT 1 » (supérieur d'un facteur 20 à celui mesuré dans l'imprimerie au « POINT 2 » et supérieur d'un facteur 7 à ceux mesurés en extérieur).

In fine, les substances dont les concentrations sont supérieures à la LQ dans un ou les deux logements ainsi que dans l'imprimerie sont le chrome, le fer, le plomb et le zinc.

Concernant cette famille de substances, **l'ensemble des métaux quantifiables est présent à la fois dans l'imprimerie et dans au moins un logement**, dans des proportions **équivalentes** excepté pour la concentration en zinc au « POINT 1 ». Néanmoins, les niveaux de concentrations en métaux **en extérieur** sont **équivalents ou supérieurs** à ceux mesurés **dans l'imprimerie et les logements**, exceptés pour le zinc.

4.3.3 HAP

Les HAP ont été mesurés par méthode intégrative active le vendredi 30 septembre. Des prélèvements aux 6 points de mesures identifiés au paragraphe 3.2.4 ont été faits, c'est-à-dire dans l'imprimerie, dans les logements et à l'extérieur. La configuration de la cage d'escalier ne permettait pas de réaliser des mesures actives, notamment à cause de l'encombrement du matériel de prélèvement. Les prélèvements ont été réalisés à un débit de $2 \text{ L}/\text{min}$ sur des durées d'environ 6h.

Les résultats relatifs à l'ensemble des HAP recherchés sont consignés dans le Tableau 15. Les concentrations ayant des valeurs inférieures à la LQ, sur fond gris dans le tableau, ont été remplacées par la LQ divisée par deux.

Tableau 15 : Concentrations en HAP par méthode intégrative active (en ng/m³)

ng/m ³	Imprimerie		Logements		Extérieur	
	POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 6	POINT 7
Naphtalène	1 411,2	2 702,6	899,6	1 426,5	165,8	156,5
Acénaphthène	72,4	167,4	15,1	37,1	10,7	5,2
Fluorène	3	3	3	3	3	3
Phénanthrène	84,1	192,4	38,3	50,9	14,7	15,5
Anthracène	3	6,6	3	3	3	3
Fluoranthène	3	5,3	3	3	3	3
Pyrène	3	3	3	3	3	3
Benzo(a)anthracène (B(a)A)	3	3	3	3	3	3
Chrysène	3	3	3	3	3	3
Benzo(b)fluoranthène (B(b)F)	3	3	3	3	3	3
Benzo(k)fluoranthène (B(k)F)	3	3	3	3	3	3
Benzo(a)pyrène (B(a)P)	3	3	3	3	3	3
Dibenzo(A,h)anthracène (D(ah)A)	3	3	3	3	3	3
Benzo(g,h,i)pérylène (B(ghi)P)	3	3	3	3	3	3
Indeno(1,2,3,c,d)pyrène (I(1,2,3c,d)P)	3	3	3	3	3	3

Le fluorène, le pyrène, le B(a)A, le chrysène, le B(b)F, le B(k)F, le B(a)P, le D(a,h)A, le B(g,h,i)P et l'In(1,2,3,c,d)P n'ont été quantifiés à aucun point de prélèvement.

L'anthracène et le fluoranthène ont été quantifiés uniquement dans l'imprimerie au « POINT 2 », à des concentrations respectives de 6,6 et 5,3 ng/m³.

Le naphtalène, l'acénaphthène et le phénanthrène ont été quantifiés pour l'ensemble des points de prélèvement.

Les concentrations en naphtalène sont comprises entre 1 411 et 2 703 ng/m³ dans l'imprimerie, et 899,6 et 1 427 ng/m³ dans les logements. Les niveaux de concentrations en naphtalène rencontrés dans l'imprimerie sont supérieurs à ceux mesurés dans les logements d'un facteur compris entre 1 et 3.

Les concentrations en acénaphthène sont comprises entre 72,4 et 167,4 ng/m³ dans l'imprimerie et 15,1 et 37,1 ng/m³ dans les logements. Les niveaux de concentrations en acénaphthène rencontrés dans l'imprimerie sont supérieurs à ceux mesurés dans les logements d'un facteur 2 à 11.

Les concentrations en phénanthrène sont comprises entre 84,1 et 192,4 ng/m³ dans l'imprimerie et entre 38,3 et 50,9 ng/m³ dans les logements. Les niveaux de concentrations en phénanthrène rencontrés dans l'imprimerie sont supérieurs à ceux mesurés dans les logements d'un facteur 2 à 5.

Il convient de noter que, d'après le rapport de l'ANSES sur la VGAI du naphtalène²⁹, les sources des HAP en milieu intérieur sont multiples. En effet, les processus de combustion, notamment le chauffage domestique au bois et le tabagisme, sont d'importants émetteurs d'HAP, donc de naphtalène, d'acénaphthène et de phénanthrène.

²⁹ Valeurs Guide Air intérieur : naphtalène, ANSES, 2009

L'ensemble des concentrations obtenues en extérieur sont inférieures aux niveaux de concentrations rencontrés dans les logements.

Concernant cette famille de substances, **l'ensemble des HAP quantifiables est présent à la fois dans l'imprimerie et les deux logements**, dans des proportions différentes :

- Concentrations environ **3 fois plus importantes dans l'imprimerie** que dans le logement non fumeur pour le **naphtalène** ;
- Concentrations environ **11 fois plus importantes dans l'imprimerie** que dans le logement non fumeur (POINT 3) pour l'**acénaphène** ;
- Concentrations environ **5 fois plus importantes dans l'imprimerie** que dans le logement non fumeur (POINT 3) pour le **phénanthrène**.

L'ensemble des HAP quantifiables est présent également **à l'extérieur** mais à des concentrations environ **3 à 5 fois inférieures** à celles mesurées **dans le logement non fumeur** (POINT 3).

4.3.4 ALDÉHYDES

Les aldéhydes ont été mesurés par méthode intégrée passive sur un prélèvement de 5 jours. Des prélèvements aux 7 points de mesures identifiés au paragraphe 3.2.4 ont été faits, c'est-à-dire dans l'imprimerie, dans les logements, dans la cage d'escalier et à l'extérieur.

Le Tableau 16 présente la moyenne des duplicats réalisés à chaque point de prélèvement, excepté pour la cage d'escalier « **POINT 5** », pour lequel un seul support de prélèvement a été installé. Les concentrations ayant des valeurs inférieures à la LQ, sur fond gris dans le tableau, ont été remplacées par la LQ divisée par deux pour l'exploitation des données. Seules les substances pour lesquelles un débit de diffusion est donné par le fournisseur des tubes passifs (Radiello®), indispensable au calcul de la concentration, y sont listées.

Tableau 16 : Concentrations en aldéhydes par méthode intégrative passive (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Imprimerie		Logements		Cage d'escalier	Extérieur	
	POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 5	POINT 6	POINT 7
Formaldéhyde	21,4	22,4	15,0	47,9	10,9	5,0	3,8
Acétaldéhyde	21,6	24,3	24,9	20,7	11,5	5,1	4,3
Butanal	25,3	30,4	17,1	15,7	9,1	3,0	3,0
Pentanal	18,5	23,0	12,1	10,6	5,6	3,0	3,0
Hexanal	82,3	102,0	52,8	46,1	23,2	3,7	3,7

N'ayant pas de débit de diffusion connu, le propionaldéhyde, l'heptanal et l'octanal n'ont pas pu être quantifiés. Néanmoins, ces composés étaient présents sur les supports.

Les niveaux de concentrations en formaldéhyde dans l'imprimerie sont semblables, compris entre 21,4 et 22,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En revanche, les concentrations en formaldéhyde dans les logements sont comprises entre 15,0 et 47,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les niveaux de concentrations en acétaldéhyde dans l'imprimerie et les logements sont du même ordre de grandeur, compris entre 20,7 et 24,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le logement « **POINT 4** » présente un niveau de concentration élevé en formaldéhyde qui aurait pu s'expliquer, en première intention, par la présence d'un fumeur, fumant au domicile. Cependant, l'acétaldéhyde³⁰ dont les concentrations auraient du également être influencées, présente une concentration équivalente dans les deux logements. Etant donné l'aspect ubiquitaire du formaldéhyde, la concentration plus importante en formaldéhyde au « **POINT 4** » semble liée à la présence de plusieurs autres sources.

Les concentrations en butanal, en pentanal et en hexanal sont respectivement comprises entre 25,3 et 30,4 µg/m³, 18,5 et 23,0 µg/m³, et 82,3 et 102,0 µg/m³ dans l'imprimerie et entre 15,7 et 17,1 µg/m³, 10,6 et 12,1 µg/m³, et 46,1 et 52,8 µg/m³ dans les logements.

Les niveaux de concentrations en butanal, en pentanal et en hexanal rencontrés dans l'imprimerie sont supérieurs à ceux mesurés dans les logements d'un facteur 2 environ.

L'ensemble des concentrations obtenues dans la cage d'escalier et en extérieur est inférieur aux niveaux de concentrations rencontrés dans les logements.

Concernant cette famille de substances, **l'ensemble des aldéhydes quantifiables est présent à la fois dans l'imprimerie et les deux logements**, dans des proportions différentes :

- Concentrations environ **2 fois plus importantes dans l'imprimerie** que dans les logements pour le **butanal**, le **pentanal** et l'**hexanal** ;
- Concentration environ **1,5 fois supérieure dans l'imprimerie** que dans le logement non fumeur pour le **formaldéhyde** ;
- Concentrations **équivalentes** en **acétaldéhyde** dans l'imprimerie et les logements.

L'ensemble des aldéhydes quantifiables est présent à la fois dans la cage d'escalier et les deux logements, dans des proportions différentes :

- Concentrations environ **2 fois plus importantes dans les logements** que dans la cage d'escalier pour l'**acétaldéhyde**, le **butanal**, le **pentanal** et l'**hexanal** ;
- Concentration environ **1,5 fois supérieure dans le logement non fumeur** que dans la cage d'escalier pour le **formaldéhyde**.

L'ensemble des aldéhydes quantifiables est présent également à l'**extérieur** mais à des concentrations environ **3 à 14 fois inférieures** à celles mesurées dans le **logement non fumeur** (POINT 3).

4.3.5 COV

Pour étudier la famille des COV, différentes techniques complémentaires, passives et actives, ont été mises en œuvre.

³⁰ Marchand et al. (2006) - Atmos Environ - Aldehyde measurements in indoor environments in Strasbourg (France). Vol 40. p1336–1345.

4.3.5.1 COV – METHODES INTEGRATIVES PASSIVES

Les COV ont été mesurés par méthode intégrative passive sur un prélèvement de 5 jours. Des prélèvements aux 7 points de mesures, identifiés au paragraphe 3.2.4, ont été faits, c'est-à-dire dans l'imprimerie, dans les logements, dans la cage d'escalier et à l'extérieur.

Deux supports de prélèvements ont été placés à chaque point de mesure. L'ensemble des résultats est consigné dans le Tableau 17, chaque concentration résultant de la moyenne des duplicats. Les concentrations ayant des valeurs inférieures à la LQ, sur fond gris dans le tableau, ont été remplacées par la LQ divisée par deux, soit $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour chaque COV.

321 COV ont été détectés mais seules les substances pour lesquelles un débit de diffusion est donné par le fournisseur des tubes passifs (Radiello®), indispensable au calcul de la concentration, sont listées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17 : Concentrations en COV par méthode intégrative passive (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Imprimerie		Logements		Cage d'escalier	Extérieur	
	POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 5	POINT 6	POINT 7
<i>n</i> -Hexane*	2,2	2,7	2,2	1,8	2,4	1,0	0,8
<i>n</i> -Heptane*	18,9	21,1	8,6	12,6	5,6	1,0	0,4
<i>n</i> -Octane*	26,8	27,4	6,4	12,8	4,9	0,6	0,1
<i>n</i> -Décane	0,1	0,1	0,1	0,1	195,2	35,2	2,8
<i>n</i> -Undécane	137,4	154,3	34,4	56,5	77,8	6,8	2,6
Cyclohexane*	0,1	0,1	0,1	0,1	3,1	0,9	0,1
Benzène	4,3	0,1	0,1	0,1	0,8	0,9	1,6
Toluène	64,3	50,4	76,9	33,5	43,5	22,0	34,3
Ethylbenzène	29,2	22,3	8,7	0,1	0,1	0,1	0,1
M+p xylènes	147,7	131,9	50,4	70,9	38,0	12,7	12,0
O- xylène	34,9	53,3	24,0	31,7	19,5	4,4	3,1
Styrène	36,2	292,3	0,1	0,1	108,5	0,1	0,1
124-Triméthylbenzène	0,1	0,1	445,8	0,1	381,5	78,1	5,7
2-Butoxyéthanol*	152,4	0,1	176,7	188,0	59,9	0,1	0,1
Tétrachloroéthylène*	0,1	0,1	16,0	0,1	6,1	2,6	1,6
Trichloroéthylène	24,9	15,7	40,5	11,4	68,7	11,4	0,7
Acétate de butyle*	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	5,1	3,3

* Composés quantifiés par rapport à une autre molécule de la même famille ou par rapport au toluène par défaut.

Les substances dont les concentrations sont supérieures à la LQ dans un ou deux logements ainsi que dans l'imprimerie sont : *n*-Hexane, *n*-Heptane, *n*-Octane, *n*-Undécane, Toluène, Ethylbenzène, M+p-xylènes, O-xylène, 2-Butoxyéthanol et Trichloroéthylène.

Le 124-Triméthylbenzène n'a pas été quantifié dans l'imprimerie mais l'a été dans le logement non fumeur et dans la cage d'escalier dont les concentrations étaient respectivement de 445,8 et de 381,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Concernant cette famille de substances, **l'ensemble des COV par prélèvement passif quantifiables ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) est présent à la fois dans l'imprimerie et les deux logements**, dans des proportions différentes :

- Concentrations **équivalentes** dans l'imprimerie et les deux logements pour l'**hexane** et le **2-butoxyéthanol** ;
- Concentrations **plus importantes** dans l'imprimerie que dans les deux ou l'un des deux logements d'un **facteur 2** pour l'**heptane**, le **o-xylène** et le **trichloroéthylène**, d'un **facteur 3** pour les **m+p-xylènes**, d'un **facteur 4** pour l'**éthylbenzène**, l'**octane** et le **undécane** ;
- Concentrations **plus importantes** dans au moins un des deux logements que dans l'imprimerie d'un **facteur 1,5** pour le **toluène** et d'un **facteur 2** pour le **trichloroéthylène**.

L'ensemble des COV par prélèvement passif quantifiables est présent à la fois dans la cage d'escalier et dans au moins un des deux logements, dans des proportions différentes :

- Concentrations équivalentes dans le logement non fumeur (POINT 3) et dans la cage d'escalier pour le **1,2,4-triméthylbenzène** ;
- Concentrations **1,5 à 6 fois plus importantes dans la cage d'escalier** que dans les logements pour le **trichloroéthylène** ;
- Concentrations environ **2,5 fois plus importantes dans un logement** (POINT 3) que dans la cage d'escalier pour le **tétrachloroéthylène**.

Le **décane** est présent dans la cage d'escalier mais est non quantifiable dans l'imprimerie et dans les logements. Le **benzène**, une des substances cibles de l'étude, n'a pas été quantifié dans les logements.

L'ensemble des COV par prélèvement passif quantifiables est présent également à **l'extérieur** mais à des concentrations environ **3 à 5 fois inférieures** à celles mesurées dans le **logement non fumeur** (POINT 3).

4.3.5.2 COV – METHODE INTEGRATIVE ACTIVE

Les prélèvements actifs des COV ont été réalisés sur une journée, le vendredi, aux 6 points de mesures identifiés au paragraphe 3.2.4, c'est-à-dire dans l'imprimerie, dans les logements, et à l'extérieur. La configuration de la cage d'escalier ne permettait pas de réaliser des mesures actives, notamment à cause de l'encombrement du matériel de prélèvement. Deux techniques de prélèvements complémentaires ont été utilisées : le canister et le carbotrap. Ces supports permettent de piéger respectivement la gamme des composés volatils légers et lourds. Les prélèvements ont été réalisés à un débit de 0,05 L/min pour les carbotrap et de 0,016 L/min pour les canisters sur des durées d'environ 6h.

Etant donné le nombre important de substances quantifiées, le Tableau 18 est une extraction de la liste exhaustive des composés organiques volatils détectés, basée sur la présence d'une substance à la fois dans l'imprimerie et dans au moins un des logements. Les concentrations ayant des valeurs inférieures à la LQ, sur fond gris dans le tableau, ont été remplacées par la LQ divisée par deux.

Afin de simplifier le rendu des résultats, différentes familles de substances ont été calculées et sont reportées dans le Tableau 18, c'est de cas de : la somme des paraffines, des paraffines substituées, des cycloparaffines, des benzènes substitués en C₄, des benzènes substitués en C₅ et des terpènes. Ces familles ont été quantifiées par rapport au toluène.

Tableau 18 : Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en COV par méthode intégrative active

Technique de prélèvement	Substance	Imprimerie		Logements		Extérieur	
		POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 6	POINT 7
COVs actif canister	n-Pentane	nd	30	30	20	nd	30
	n-Hexane	30	120	30	70	10	20
	n-Heptane	60	270	70	160	10	nd
	n-Nonane	130	1 060	160	340	30	2,5
	n-Décane	450	3 900	480	1 700	70	nd
	3 Méthylpentane	77	350	85	220	5	5
	2 Méthylhexane	120	560	140	350	5	5
	2,4 Diméthylpentane	20	100	20	60	5	5
	2,2 Diméthylbutane	30	150	40	100	5	5
	Ethylpentane*	2	40	2	30	2	2
	Méthylcyclopentane	5	40	5	20	5	5
	Méthylcyclohexane	5	40	5	20	5	5
	Diméthylcyclopentane*	nd	30	2	20	2	2
	Méthyléthylcyclohexane*	30	150	30	50	2	2
	2,3 Diméthylpentane + cyclohexane	60	600	150	370	5	5
	Diméthylbutane 2,3 + 2 Méthylpentane	210	1 040	250	630	40	nd
	n-Octane + silicone	60	130	40	60	60	40
	Somme des paraffines*	130	870	150	370	nd	nd
	Somme des paraffines substituées*	270	1 930	320	670	nd	nd
	Somme des cycloparaffines*	90	940	690	640	20	60
	Toluène	10	20	30	20	10	20
	Ethylbenzène	10	40	8	15	5	10
	M + p - xylène	20	160	40	80	10	30
	o - xylène	60	310	130	100	10	15
	1,3 Diéthylbenzène	220	790	200	300	30	nd
	1,4 Diéthylbenzène	60	190	90	90	nd	nd
	1,2,3 Triméthylbenzène	320	2 200	440	850	40	nd
	1,2,4 Triméthylbenzène	1 400	10 300	1 900	4 100	130	140
	1,3,5 Triméthylbenzène	40	160	360	800	nd	nd
	Méthyl 2 éthyl 1 benzène	360	2 300	nd	100	30	nd
	Méthyl 3 éthyl 1 benzène	690	4 600	100	1 800	40	10
	Méthyl 4 éthyl 1 benzène	510	2 800	440	100	40	30
	n-Propylbenzène	140	1 000	100	360	20	nd
	Cumène	40	250	30	50	10	10
	Somme des benzènes substitués en C ₄ *	440	4 890	910	800	nd	660
	Somme des benzènes substitués en C ₅ *	nd	70	nd	20	nd	nd
	Indane + benzène substitué en C ₄ *	50	480	20	180	2	2
	Chlorobenzène + paraffine*	20	60	20	40	nd	nd
	Trichloroéthylène*	50	120	60	100	nd	nd
	Dichlorométhane	75 000	68 000	16 000	14 000	1 500	nd

Tableau 18 (suite)

Technique de prélèvement	Substance	Imprimerie		Logements		Extérieur	
		POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 6	POINT 7
COVs actif Carbotrap	Dichlorométhane	18	692	87	34	0,5	0,3
	2 Méthylpentane*	23	0,5	2	36	0,5	0,5
	Isooctane	4	10	10	7	nd	nd
	Propane, 2-éthoxy-2-méthyl-*	2	0,5	0,5	3	0,5	0,5
	Octahydro-indène*	35	0,5	0,5	73	0,5	0,5
	Octahydro-Pentalène*	4	0,5	0,5	5	0,5	0,5
	Somme des terpènes*	124	nd	5	68	nd	nd
	Isopropanol*	24	62	22	12	0,5	0,5

nd : non détecté

* : Composés quantifiés par rapport à une autre molécule de la même famille ou par rapport au toluène par défaut.

Substances co-élues et indiquées : « substance A + substance B », comme par exemple « Chlorobenzène + paraffine ».

Remarque : Dans le cas où une substance est quantifiée par les deux méthodes, la mesure par prélèvement sur canister est priorisée, les concentrations obtenues étant du même ordre de grandeur (hors dichlorométhane).

Cas particulier du dichlorométhane : Etant donné l'écart d'ordre de grandeur entre les concentrations obtenues par les deux techniques de prélèvement, les résultats ont été conservés pour chacune. Les résultats obtenus sur Canister montrent des concentrations excessivement élevées (même en extérieur), montrant une incohérence de la mesure. De ce fait, pour la suite de l'étude, seules les mesures sur Carbotrap seront retenues (résultats plus cohérents, avec des concentrations extérieures faibles).

Remarque sur le « n-octane + silicone » : Il est à noter que le silicone est issu de la colonne du chromatographe (substance issue du procédé analytique)

Concernant cette famille de substances, les **COV quantifiés par méthode intégrative active, à la fois dans l'imprimerie et dans au moins un logement**, sont présents dans des proportions différentes :

- Concentrations **équivalentes** dans l'imprimerie et les deux logements pour le **toluène, le n-pentane et l'isooctane** ;
- Concentrations **plus importantes dans l'imprimerie** (au moins un point de mesure sur les deux) que dans les deux logements d'un **facteur supérieur à 5 ou équivalent pour le dichlorométhane et les benzènes substitués en C4**, d'environ un **facteur 3 pour les hydrocarbures aromatiques, l'isopropanol, le méthyl 3 éthyl 1 benzène et le 1,2,4-triméthylbenzène**, d'environ un **facteur 2 pour le n-décane** ;
- Concentrations **plus importantes dans au moins un des deux logements** que dans l'imprimerie d'un **facteur 2 à 20 pour le 1,3,5-triméthylbenzène**.

Certains COV quantifiables sont présents également à l'**extérieur** mais à des **concentrations inférieures** à celles mesurées dans les logements.

Les concentrations en **n-Octane + silicone** en **extérieur** sont **équivalentes ou supérieures** à celles mesurées dans les logements.

4.3.6 RECAPITULATIF DES SUBSTANCES QUANTIFIEES A LA FOIS DANS AU MOINS UN LOGEMENT ET DANS L'IMPRIMERIE / LA CAGE D'ESCALIER

Sur la base de l'ensemble des substances quantifiées selon les différentes techniques et des résultats obtenus aux différents points de prélèvement, le logigramme présenté à la *Figure 17* détaille les critères de sélection des substances à discuter (cf. paragraphe 5) dans le cadre de la problématique de cette étude.

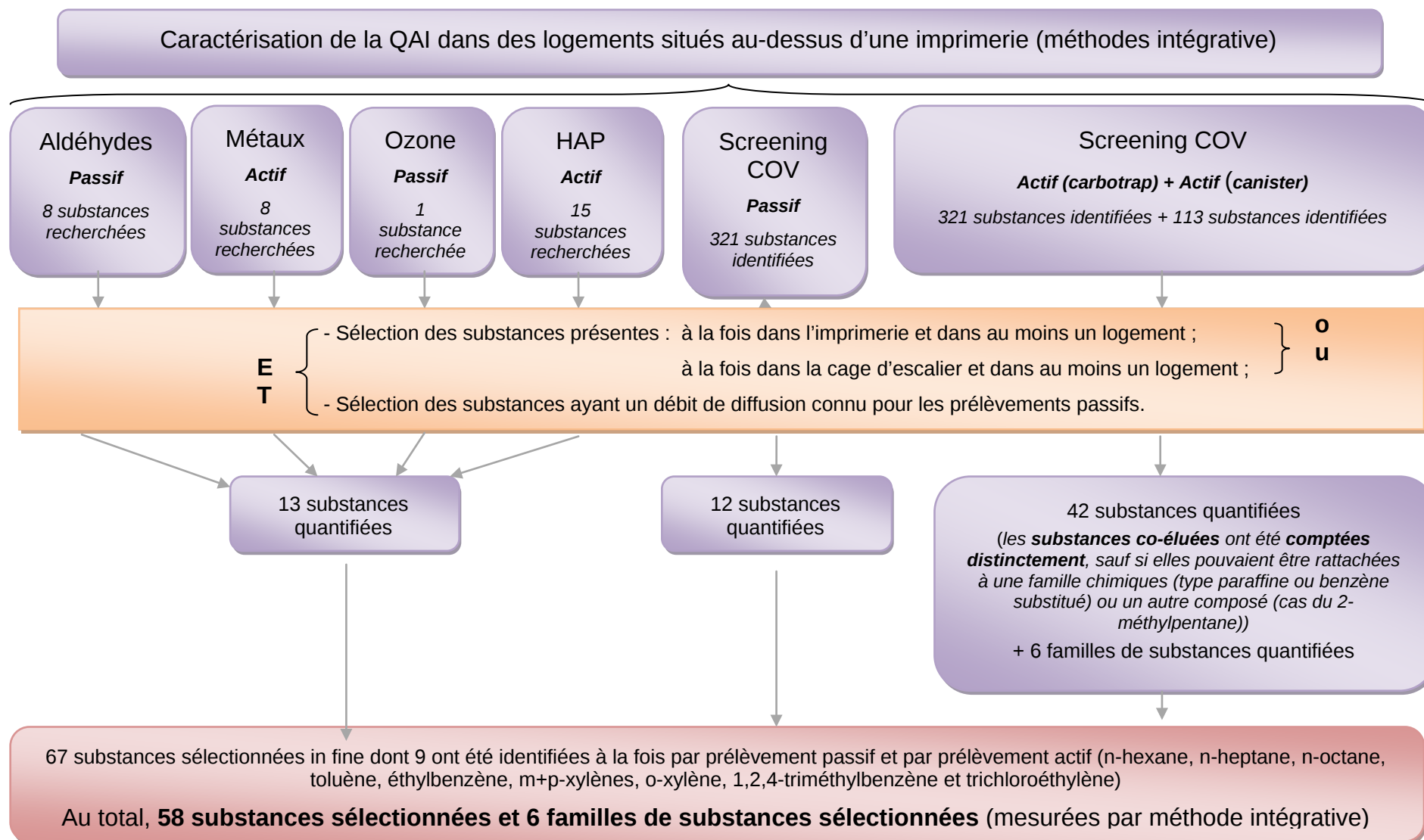


Figure 17 : Logigramme de sélection des substances et des familles de substances quantifiées par méthode intégrative

Les substances quantifiées à la fois dans l'imprimerie et dans au moins un des logements, ou dans la cage d'escalier et dans au moins un des logements (stockage des produits dans un local au sous-sol, avec des trappes donnant dans l'atelier et dans le sas entre l'atelier et la cage d'escalier) par méthode intégrative ont été sélectionnées. Le Tableau 19 liste l'ensemble de ces substances. Il est à noter que les PM ont été rajoutés à cette liste de 58 substances et 6 familles de substances.

Tableau 19 : Liste des substances quantifiées à la fois dans l'imprimerie et dans au moins un logement, ou à la fois dans la cage d'escalier et dans au moins un logement

Famille de substances	Substance	Technique de prélèvement
Particules	PM ₁₀	Automatique / Dynamique
	PM _{2,5}	
Aldéhydes	Formaldéhyde	Passif
	Acétaldéhyde	
	Butanal	
	Pentanal	
	Hexanal	
Métaux	Chrome	Actif
	Fer	
	Plomb	
	Zinc	
Ozone	Ozone	Passif
HAP	Naphtalène	Actif
	Acénaphène	
	Phénanthrène	
COV	n-Pentane	Passif et/ou Actif
	n-Hexane	
	n-Heptane	
	n-Octane	
	n-Nonane	
	n-Décane	
	n-Undécane	
	2 Méthylpentane	
	3 Méthylpentane	
	2 Méthylhexane	
	2,4 Diméthylpentane	
	2,2 Diméthylbutane	
	Isooctane	
	Ethylpentane	
	Méthylcyclopentane	
	Méthylcyclohexane	
	Diméthylcyclopentane	
	Méthyléthylcyclohexane	
	Propane, 2-éthoxy-2-méthyl-	
	2,3 Diméthylpentane + cyclohexane	
	Diméthylbutane 2,3 + 2 Méthylpentane	
	Somme des paraffines	
	Somme des paraffines substituées	
	Somme des cycloparaffines	
	Octahydro-indène	
	Octahydro-Pentalène	
	Somme des terpènes	
	Toluène	
	Ethylbenzène	
	M + p – xylènes	
	o – xylène	
	1,3 Diéthylbenzène	

Famille de substances	Substance	Technique de prélèvement
	1,4 Diéthylbenzène	
	1,2,3 Triméthylbenzène	
	1,2,4 Triméthylbenzène	
	1,3,5 Triméthylbenzène	
	Méthyl 2 éthyl 1 benzène	
	Méthyl 3 éthyl 1 benzène	
	Méthyl 4 éthyl 1 benzène	
	n-Propylbenzène	
	Cumène	
	Somme des benzènes substitués en C4	
	Somme des benzènes substitués en C5	
	Indane + benzène substitué en C ₄	
	Chlorobenzène + paraffine	
	Dichlorométhane	
	Trichloroéthylène	
	Tétrachloroéthylène	
	2-Butoxyéthanol	
	Isopropanol	

Substances co-éluées et indiquées : « substance A + substance B », comme par exemple « Chlorobenzène + paraffine »

Substances sélectionnées et communes à deux techniques (en l'occurrence passive et active). Sur les 14 substances sélectionnées, 9 substances remplissaient les critères de sélection sur les deux méthodes (passive et active) et 5 substances ne remplissaient les critères de sélection que sur une méthode (passive ou active).

Remarque sur le cas du « n-Octane » : Dans le cas du n-Octane, la substance a été quantifiée en co-élution par la méthode intégrative active (co-éluee avec le silicone qui se trouve être une substance issue du procédé analytique). Dans la suite de l'étude, seule la mesure par méthode intégrative passif sera retenue.

Au total, 60 substances (les 58 substances identifiées précédemment ainsi que les PM₁₀ et les PM_{2,5}) et 6 familles de substances ont été sélectionnées. Ces substances ont été choisies en raison de leur quantification à la fois dans l'imprimerie et dans au moins un logement, ou à la fois dans la cage d'escalier et dans au moins un logement. Parmi ces 60 substances, 14 sont quantifiées à la fois par méthode intégrative passive et par méthode intégrative active.

Pour la suite de l'étude, l'ensemble des résultats des 60 substances et des 6 familles est analysé en détail, afin d'identifier l'impact de l'activité de l'imprimerie sur la concentration en polluants dans les logements.

5. DISCUSSION

Ce chapitre a pour but :

- d'étudier la possibilité d'extrapoler les résultats de mesures actives pour caractériser une exposition long-terme (cf. § 5.1) ;
- d'identifier les substances permettant de tracer un transfert **potentiel** de l'imprimerie vers le logement sur la base celles sélectionnées au Tableau 19 :
 - o d'une part, en comparant les concentrations mesurées dans les logements et l'imprimerie pour identifier des **substances éligibles comme traceur potentiel** (cf. § 5.2) ;
 - o d'autre part, de comparer les concentrations mesurées dans les 2 logements investigués aux concentrations habituellement rencontrées dans les logements français pour identifier une **particularité potentiellement liée à la présence de l'imprimerie** (cf. § 5.3).

5.1 IMPACT DE L'ECHANTILLONNAGE TEMPOREL : COMPARATIF DES MESURES INTEGREES ACTIVES ET PASSIVES

Le Tableau 19 a montré que certains COV ont été quantifiés à la fois par méthode intégrative passive (prélèvement passif de 5 jours) et par méthode intégrative active (prélèvement actif de 6h, le vendredi). Alors que pour d'autres, elles n'étaient quantifiées que par l'une des techniques (au-delà de la condition nécessaire de disposer du débit d'échantillonnage pour les prélèvements passifs).

Pour rappel, les prélèvements actifs, réalisés en journée, permettent d'évaluer les niveaux de concentrations lors de l'activité de l'imprimerie. Les prélèvements passifs, réalisés sur 5 jours, intègrent l'activité de l'imprimerie en journée mais aussi la nuit. Le prélèvement passif permet donc de se rapprocher d'un niveau d'exposition global dans les locaux investigués.

L'objectif ici est de voir quelles sont les variabilités observées sur les concentrations mesurées selon la stratégie d'échantillonnage temporel, et de voir si une tendance homogène existe entre les deux jeux de données (actifs et passifs).

Pour cela, pour l'ensemble des substances listées dans le Tableau 19, si un débit de diffusion existe, le ratio [concentration mesurées par prélèvement passif/concentration mesurée par prélèvement actif] a été calculé. Les ratios obtenus sont présentés dans le Tableau 20.

Tableau 20 : Ratios des concentrations mesurées par prélèvements passif et actif

	Teneur passive / Teneur active					
	POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 6	POINT 7
n-Hexane (*passif)	0,07	0,02	0,07	0,03	0,10	0,04
n-Heptane (*passif)	0,32	0,08	0,12	0,08	0,10	
n-Nonane	/	/	/	/	/	/
n-Décane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	
n-Undécane			0,07	0,05	0,10	
Toluène	6,4	2,5	2,6	1,7	2,2	1,7
Ethylbenzène	2,9	0,56	1,1	0,01	0,02	0,01
m+p-Xylènes	7,4	0,82	1,3	0,89	1,3	0,40
o-Xylène	0,58	0,17	0,18	0,32	0,44	0,21
124 Triméthylbenzène	0,00	0,00	0,23	0,00	0,60	0,04
2-Butoxyéthanol (*actif et passif)						
Tétrachloroéthylène (*actif et passif)		0,01	1,6			
Trichloroéthylène (*actif)	0,50	0,13	0,68	0,11		

* : Substances semi-quantifiées (la technique (passive, active) est précisée) ;

En gras : ratio supérieur à 1

/ : ratio non calculé car substance non détectée dans le prélèvement passif (donnée prise en compte dans la comparaison passif/actif)

□ : ratio non calculé car substance non détectée dans le prélèvement actif (donnée prise en compte dans la comparaison passif/actif)

L'ensemble des ratios calculés permet de constater que les niveaux de concentrations par prélèvement actif sont généralement (65-70% des points de mesure) plus élevés que ceux par prélèvement passif, pour les mêmes composés, avec des écarts pouvant atteindre plusieurs ordres de grandeur. A contrario, les concentrations mesurées par prélèvement passif peuvent également être plus importantes que celles mesurées par prélèvement actif. C'est le cas du toluène et du 2-Butoxyéthanol pour tous les points de mesure, du tétrachloroéthylène (5 points de mesure sur 6), des m+p-xylènes et du n-Undécane (3 points sur 6), de l'éthylbenzène et du trichloroéthylène (2 points sur 6), du n-Heptane et du n-Décane (1 point sur 6).

Il n'existe pas de règle applicable à l'ensemble des concentrations mesurées pour établir une relation entre mesures passives et actives. Les mesures actives étant ciblées sur une période d'activité de l'imprimerie, on aurait pu s'attendre à des teneurs systématiquement plus élevées dans l'imprimerie par prélèvement actif, que par prélèvement passif, mais cela n'a pas été le cas.

Ainsi, **les deux jeux de données (actif et passif) seront conservés pour la suite de l'exploitation des données.**

5.2 IDENTIFICATION DES SUBSTANCES ELIGIBLES COMME « TRACEUR POTENTIEL D'UN TRANSFERT IMPRIMERIE-LOGEMENT »

Sur la base des molécules sélectionnées au Tableau 19, l'objectif de ce paragraphe est de mettre en perspective les concentrations mesurées aux différents points de mesure, afin d'identifier les substances éligibles comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logements » (présélection des substances à retenir).

A cette fin, des ratios entre les concentrations des différents points de mesure ont été calculés. Au total, dix ratios sont établis par substance : 4 ratios Imprimerie/Logements (Point 1/Point 3 ; Point 1/Point 4 ; Point 2/Point 3 ; Point 2/Point 4), 2 ratios Cage d'escalier/Logements (Point 5/Point 3 ; Point 5/Point 4) et 4 ratios Extérieur/Logements (Point 6/Point 3 ; Point 6/Point 4 ; Point 7/Point 3 ; Point 7/Point 4). A travers ces ratios, il est considéré que les niveaux de concentrations à un point de mesure sont :

- considérés supérieurs à un autre point de mesure lorsque les ratios calculés sont supérieurs d'au moins un facteur 2 ;
- équivalents à un autre point de mesure lorsque les ratios calculés sont compris entre un facteur allant de 0,5 à 2 ;
- considérés inférieurs à un autre point de mesure lorsque les ratios calculés sont inférieurs à 0,5.

Selon les résultats obtenus pour ces différents ratios, les différentes substances sont hiérarchisées et classées en 6 différentes catégories, afin d'identifier les substances pouvant intervenir dans le transfert imprimerie-logement :

- **Catégorie A++** : L'ensemble des ratios Imprimerie/Logements est supérieur à 2 et l'ensemble des ratios Extérieur/Logements est inférieur à 2 ;
- **Catégorie A+** : Au moins 50% des ratios Imprimerie/Logements sont supérieurs à 2 et l'ensemble des ratios Extérieur/Logements est inférieur à 2 ;
- **Catégorie A** : Au moins l'un des ratios Imprimerie/Logements est supérieur à 2 et l'ensemble des ratios Extérieur/Logements est inférieur à 2 ;
- **Catégorie B** : Au moins 50% des ratios Imprimerie/Logements et Cage d'escalier/Logements sont compris entre 0,5 et 2, et l'ensemble des ratios Extérieur/Logements est inférieur à 2 ;
- **Catégorie B'** : Au moins 50% des ratios Imprimerie/Logements et Cage d'escalier/Logements sont compris entre 0,5 et 2, et l'ensemble des ratios Extérieur/Logements est supérieur à 0,5 ;
- **Catégorie C** : L'ensemble des ratios Imprimerie/Logements est inférieur à 0,5 et l'ensemble des ratios Extérieur/Logements est inférieur à 0,5.

L'ensemble des molécules sélectionnées (cf. Tableau 19) a été repris dans le Tableau 21. Les concentrations obtenues pour celles-ci sont indiquées pour l'ensemble des points de mesure. Sur cette base, les ratios entre les concentrations des différents points de mesure ont été calculés, en prenant en compte uniquement les concentrations supérieures à la LQ. Les points dont la

concentration mesurée est inférieure à la LQ, sont considérés comme non impactés pour l'activité de l'imprimerie. Au vu des résultats obtenus pour les différents ratios, les différentes substances ont été hiérarchisées et classées dans les six catégories citées précédemment. Pour les cas où, pour une même substance, des résultats de mesures sont disponibles pour les deux méthodes de mesure utilisées (méthodes intégratives passive et active), le classement de la substance a été faite en priorisant la méthode qui la classe dans la catégorie la plus haute (catégorie **A++** > **A+** > **A** > **B** > **B'** > **C**).

Tableau 21 : Classification des différentes substances sélectionnées, au vu de leurs niveaux de concentrations dans les différents points de mesure

Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Imprimerie		Logements		Cage d'escalier	Extérieur		Catégorie
		POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 5	POINT 6	POINT 7	
n-Octane	Passif*	26,8	27,4	6,4	12,8	4,9	0,6	< LQ	A++
n-Undécane	Passif	137,4	154,3	34,4	56,5	77,8	6,8	2,6	
	Actif	< LQ	< LQ	490	1 100	-	70	< LQ	
Ethylbenzène	Passif	29,2	22,3	8,7	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	
	Actif	< LQ	40	8	15	-	5	10	
Méthyl-2-éthyl-1-benzène	Actif	360	2300	nd	100	-	30	nd	A+
Chrome	Actif	1,0	0,4	0,4	0,3	-	0,4	0,4	
Acénaphène	Actif	0,072	0,167	0,015	0,037	-	0,011	0,005	
Phénanthrène	Actif	0,084	0,192	0,038	0,051	-	0,015	0,016	
n-Heptane	Passif*	18,9	21,1	8,6	12,6	5,6	1	0,4	
	Actif	60	270	70	160	-	10	nd	
n-Nonane	Passif	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
	Actif	130	1 060	160	340	-	30	< LQ	
n-Décane	Passif	0	0	0	0	195	35,2	2,8	
	Actif	450	3 900	480	1 700	-	70	nd	
Méthyléthylcyclohexane	Actif*	30	150	30	50	-	< LQ	< LQ	
Somme des paraffines	Actif*	130	870	150	370	-	nd	nd	
Somme des paraffines substituées	Actif*	270	1 930	320	670	-	nd	nd	
m+p-Xylènes	Passif	148	132	50,4	70,9	38	12,7	12	
	Actif	< LQ	160	40	80	-	10	30	
o-Xylène	Passif	34,9	53,3	24	31,7	19,5	4,4	3,1	
	Actif	60	310	130	100	-	10	15	
1,3-Diéthylbenzène	Actif	220	790	200	300	-	30	nd	
1,4-Diéthylbenzène	Actif	60	190	90	90	-	nd	nd	
1,2,3-Triméthylbenzène	Actif	320	2 200	440	850	-	40	nd	
1,2,4-Triméthylbenzène	Passif	< LQ	< LQ	446	< LQ	382	78,1	5,7	
	Actif	1 400	10 300	1 900	4 100	-	130	140	
Méthyl-3-éthyl-1-benzène	Actif	690	4 600	100	1800	-	40	10	
Méthyl-4-éthyl-1-benzène	Actif	510	2 800	440	100	-	40	30	
n-Propylbenzène	Actif	140	1 000	100	360	-	20	nd	
Cumène	Actif	40	250	30	50	-	< LQ	< LQ	
Somme des benzènes substitués en C4	Actif*	440	4 890	910	800	-	nd	660	
Somme des benzènes substitués en C5	Actif*	nd	70	nd	20	-	nd	nd	
Indane + Benzène substitué en C4	Actif*	50	480	20	180	-	< LQ	< LQ	

Concentrations en µg/m ³		Imprimerie		Logements		Cage d'escalier	Extérieur		Catégorie
		POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 5	POINT 6	POINT 7	
Dichlorométhane	Actif	18	692	87	34	-	< LQ	0,3	
Isopropanol	Actif*	24	62	22	12	-	< LQ	< LQ	
Pentanal	Passif	18,5	23	12,1	10,6	5,6	< LQ	< LQ	A
Hexanal	Passif	82,3	102	52,8	46,1	23,2	< LQ	< LQ	
Naphtalène	Actif	1,411	2,703	0,99	1,427	-	0,166	0,156	
n-Hexane	Passif*	2,2	2,7	2,2	1,8	2,4	1	0,8	
	Actif	30	120	30	70	-	10	20	
2-Méthylpentane	Actif*	23	< LQ	2	36	-	< LQ	< LQ	
3-Méthylpentane	Actif	77	350	85	220	-	< LQ	< LQ	
2-Méthylhexane	Actif	120	560	140	350	-	< LQ	< LQ	
2,4 Diméthylpentane	Actif	20	100	20	60	-	< LQ	< LQ	
2,2-Diméthylbutane	Actif	30	150	40	100	-	< LQ	< LQ	
2,3-Diméthylpentane + Cyclohexane	Actif	60	600	150	370	-	< LQ	< LQ	
Diméthylbutane 2.3 + 2-Méthylpentane	Actif	210	1 040	250	630	-	40	nd	
Somme des terpènes	Actif*	124	nd	5	68	-	nd	nd	
Chlorobenzène + Paraffine	Actif*	20	60	20	40	-	nd	nd	
Trichloroéthylène	Passif	24,9	15,7	40,5	11,4	68,7	11,4	0,7	
	Actif*	50	120	60	100	-	nd	nd	
Formaldéhyde	Passif	21,4	22,4	15	47,9	10,9	5	3,8	B
Acétyldéhyde	Passif	21,6	24,3	24,9	20,7	11,5	5,1	4,3	
Butanal	Actif	25,3	30,4	17,1	15,7	9,1	< LQ	< LQ	
Fer	Actif	9,4	7,1	6	9,9	-	5,3	10,5	
n-Pentane	Actif	nd	30	30	20	-	nd	30	
Isooctane	Actif	4	10	10	7	-	nd	nd	
Ethylpentane	Actif*	< LQ	40	< LQ	30	-	< LQ	< LQ	
Méthylcyclopentane	Actif	< LQ	40	< LQ	20	-	< LQ	< LQ	
Méthylcyclohexane	Actif	< LQ	40	< LQ	20	-	< LQ	< LQ	
Diméthylcyclopentane	Actif*	nd	30	< LQ	20	-	< LQ	< LQ	
2-éthoxy-2-méthyl-Propane	Actif*	2	< LQ	< LQ	3	-	< LQ	< LQ	
Somme des cycloparaffines	Actif*	90	940	690	640	-	20	60	
Octahydro-indène	Actif*	35	< LQ	< LQ	73	-	< LQ	< LQ	
Octahydro-pentalène	Actif*	4	< LQ	< LQ	5	-	< LQ	< LQ	
Toluène	Passif	64,3	50,4	76,9	33,5	43,5	22	34,3	
	Actif	< LQ	20	30	20	-	10	20	
2-Butoxyéthanol	Passif*	152	< LQ	177	188	59,9	< LQ	< LQ	
	Actif*	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	-	< LQ	< LQ	
PM ₁₀	Suivi dynamique	76	37	36	36	866	123	225	B'
PM _{2,5}	Suivi dynamique	46	15	19	30	108	60	52	

Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Imprimerie		Logements		Cage d'escalier	Extérieur		Catégorie
		POINT 1	POINT 2	POINT 3	POINT 4	POINT 5	POINT 6	POINT 7	
Plomb	Actif	0,1	0,1	< LQ	0,1	-	0,1	0,1	
Zinc	Actif	15,7	0,7	0,7	0,8	-	1,7	2,4	
Ozone	Passif	29,9	22,6	20,6	20,6	58,1	242	226	
1,3,5 Triméthylbenzène	Actif	40	160	360	800	-	< LQ	< LQ	C
Tétrachloroéthylène	Passif*	< LQ	< LQ	16	< LQ	6,1	2,6	1,6	
	Actif*	< LQ	< LQ	10	< LQ	-	< LQ	< LQ	

Substances sélectionnées et communes à deux techniques de prélèvements

En gras : méthode de mesure priorisée pour le classement de la substance

nd : non détectée

<LQ : inférieure à la limite de quantification

* Ces composés ont été quantifiés par rapport au toluène.

Certaines substances sont co-éluées et sont indiquées dans le tableau de la façon suivante : « substance A + substance B », comme par exemple « Chlorobenzène + paraffine ».

La **Catégorie A++** est composée de 4 substances. Pour ces substances, les niveaux de concentrations dans l'imprimerie sont nettement supérieurs à ceux mesurés dans les logements. Il est observé également des concentrations en extérieur inférieures ou équivalentes à celles mesurées dans les logements. Parmi ces 4 substances, certaines n'ont pas été détectées ou quantifiées à un point de mesure dans un logement : l'éthylbenzène n'a pas été quantifié dans le logement « **POINT 4** » et le méthyl-2-éthyl-1-benzène n'a pas été détecté dans le logement « **POINT 3** ». Notons également que dans le cas du n-Undécane, il est observé une concentration dans la cage d'escalier supérieure à celle des logements. Au vu de ces résultats, il est très probable que la source de ces substances soit l'imprimerie.

La **Catégorie A+** est composée de 20 substances et de 4 familles de substances. Pour ces substances, les niveaux de concentrations dans l'imprimerie sont, pour la majorité, supérieurs à ceux mesurés dans les logements. Les concentrations en extérieur sont également inférieures ou équivalentes à celles mesurées dans les logements. Parmi ces substances, la famille de substances « somme des benzènes substitués en C5 » n'a pas été détectée dans le logement « **POINT 3** ». Au vu de ces résultats, il est probable que la source de ces substances soit l'imprimerie.

La **Catégorie A** est composée de 14 substances et de 1 famille de substances. Pour ces substances, les niveaux de concentrations dans l'imprimerie sont supérieurs à ceux d'un des logements. Les concentrations en extérieur sont également inférieures ou équivalentes à celles mesurées dans les logements. Parmi ces substances, certaines n'ont pas été détectées ou quantifiées à un point de mesure dans l'imprimerie : le 2-méthylpentane n'a pas été quantifié et la somme des terpènes n'a pas été détectée dans l'imprimerie au « **POINT 2** ». Notons également que dans le cas du trichloroéthylène, il est observé une concentration dans la cage d'escalier supérieure à celle des logements. Au vu de ces résultats, il semble que la source de ces substances soit l'imprimerie.

La **Catégorie B** est composée de 15 substances et de 1 famille de substances. Pour ces substances, les niveaux de concentrations dans l'imprimerie sont, pour la majorité, équivalents à ceux mesurés dans les logements. Les concentrations en extérieur sont également inférieures ou équivalentes à celles mesurées dans les logements. Parmi ces substances, certaines n'ont pas été détectées ou quantifiées à un point de mesure dans l'imprimerie et dans les logements :

- le n-pentane n'a pas été détecté dans l'imprimerie au « **POINT 1** » ;
- le 2-butoxyéthanol n'a pas été quantifié dans l'imprimerie au « **POINT 2** » ;
- l'éthylpentane, le diméthylcyclopentane, le méthylcyclohexane, le méthylcyclopentane n'ont pas été détectées ou quantifiées dans l'imprimerie au « **POINT 1** » et dans le logement « **POINT 3** » ;
- l'octahydroindène, l'octohydropentalène, le propane et 2-éthoxy-2-méthylpropane n'ont pas été détectées ou quantifiées dans l'imprimerie au « **POINT 2** » et dans le logement « **POINT 3** ».

Au vu de ces résultats, il est difficile de définir avec exactitude la source de ces substances. Il peut exister une contribution de l'imprimerie, mais aussi des logements.

La **Catégorie B'** est composée de 5 substances. Pour ces substances, les niveaux de concentrations dans l'imprimerie sont, pour la majorité, équivalents à ceux mesurés dans les logements. Les concentrations en extérieur sont supérieures ou équivalentes à celles mesurées dans les logements. Parmi ces 5 substances, le plomb n'a pas été quantifié à un point de mesure dans le logement « **POINT 3** ». Au vu de ces résultats, il est difficile de définir avec exactitude la source de ces substances. En plus d'une contribution potentielle de l'imprimerie mais aussi des logements, il semble exister une contribution extérieure.

La **Catégorie C** est composée de 2 substances. Pour ces substances, les niveaux de concentrations dans l'imprimerie sont inférieurs à ceux mesurés dans les logements. Les concentrations en extérieur sont également inférieures à celles mesurées dans les logements. Parmi ces 2 substances, le tétrachloroéthylène n'a été quantifié ni dans l'imprimerie « **POINT 1** » et « **POINT 2** », ni dans un des logements, le logement « **POINT 4** ». Au vu de ces résultats, ces deux substances ne semblent pas être liées à l'activité de l'imprimerie.

Sur la base de l'ensemble des résultats, il est possible d'identifier les substances éligibles comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logement ». Parmi les substances sélectionnées (cf. Tableau 19), 7 substances peuvent être éliminées de la liste :

- les 5 substances de la **Catégorie B'**, c'est-à-dire les PM₁₀, les PM_{2,5}, le plomb, le zinc et l'ozone. Pour ces substances, il a été identifié la présence d'une source extérieure, rendant la contribution potentielle de l'imprimerie moins perceptible ;
- les 2 substances de la **Catégorie C**, c'est-à-dire le 1,3,5 triméthylbenzène et le tétrachloroéthylène. Pour ces substances, il n'a pas été identifié de lien avec l'activité de l'imprimerie.

Ainsi, 53 substances et 6 familles de substances (les substances de catégories **A++**, **A+**, **A** et **B**) sont éligibles comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logement » (cf. Tableau 22).

Tableau 22 : Substances éligibles pour l'étude de transferts potentiels de l'imprimerie vers le logement

Substances éligibles comme "traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logement"	
Formaldéhyde	2,3 Diméthylpentane + cyclohexane
Acétaldéhyde	Diméthylbutane 2,3 + 2 Méthylpentane
Butanal	Somme des paraffines
Pentanal	Somme des paraffines substituées
Hexanal	Somme des cycloparaffines
Chrome	Octahydro-indène
Fer	Octahydro-Pentalène
Naphtalène	Somme des terpènes
Acénaphène	Toluène
Phénanthrène	Ethylbenzène
n-Pentane	M + p - xylènes
n-Hexane	o - xylène
n-Heptane	1,3 Diéthylbenzène
n-Octane	1,4 Diéthylbenzène
n-Nonane	1,2,3 Triméthylbenzène
n-Décane	1,2,4 Triméthylbenzène
n-Undécane	Méthyl 2 éthyl 1 benzène
2 Méthylpentane	Méthyl 3 éthyl 1 benzène
3 Méthylpentane	Méthyl 4 éthyl 1 benzène
2 Méthylhexane	n-Propylbenzène
2,4 Diméthylpentane	Cumène
2,2 Diméthylbutane	Somme des benzènes substitués en C4
Isooctane	Somme des benzènes substitués en C5
Ethylpentane	Indane + benzène substitué en C ₄
Méthylcyclopentane	Chlorobenzène + paraffine
Méthylcyclohexane	Dichlorométhane
Diméthylcyclopentane	Trichloroéthylène
Méthyléthylcyclohexane	2-Butoxyéthanol
Propane, 2-éthoxy-2-méthyl-	Isopropanol

Au total, **53 substances et 6 familles de substances sont éligibles comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logement »**, avec un niveau de confiance plus ou moins fort (respectivement, de la catégorie A++ à B).

5.3 COMPARAISON AUX VALEURS DE REFERENCE « CNL OQAI » ET MISE EN PERSPECTIVE AVEC LA LITTERATURE

L'objectif de ce paragraphe est, sur la base des molécules quantifiées au Tableau 19, de comparer les concentrations mesurées dans les logements, aux « **POINT 3** » et « **POINT 4** », avec les valeurs rencontrées habituellement dans les logements. Cette comparaison permet d'**évaluer si les niveaux de concentration des substances sélectionnées, dans les logements investigués, montrent une particularité liée à l'activité de l'imprimerie.**

L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) a conduit une campagne nationale³¹ dans 567 résidences principales sur la période 2003-2005. Cette étude constitue la première référence disponible sur la qualité de l'air intérieur représentative du parc de logements en France. Une liste de substances a été sélectionnée par l'OQAI en fonction de leur impact sur la qualité de l'air ou sur le confort, de leur dangerosité et de leur fréquence d'apparition. A partir de cette campagne, des distributions statistiques ont été établies par substances ou paramètre de confort (concentrations médianes, principaux percentiles et concentrations maximales). Cela a permis d'établir des **valeurs de référence (vREF) « CNL OQAI »**. Cependant, seul un nombre limité de paramètres chimiques et physiques possèdent une vREF « CNL OQAI ». Pour les paramètres ne possédant aucune valeur OQAI, une recherche bibliographique a été réalisée pour connaître le **bruit de fond** de ces paramètres dans l'air intérieur des logements (**vREF « BF »**).

Avant de statuer sur les substances sélectionnées, une analyse des paramètres de confort mesurés est réalisée afin de positionner les logements étudiés sur ces derniers, par rapport au parc de logements français.

5.3.1 PARAMETRES DE CONFORT

Les paramètres de confort tels que le CO₂, la température et l'humidité relative possèdent des valeurs de référence « CNL OQAI ». Ces paramètres de confort ne sont pas des paramètres permettant d'étudier le transfert imprimerie – logement. Cependant, la comparaison entre ces valeurs de référence et les valeurs obtenues dans cette campagne permet de situer les logements étudiés en termes de confort par rapport au parc de logements en France.

• Cas du CO₂ :

Les teneurs en CO₂ dans le logement « **POINT 3** » (606 ppm en moyenne, cf. Tableau 7 et Tableau 21) demeurent en moyenne inférieures à la médiane des concentrations mesurées lors de la campagne nationale logement de l'OQAI (756 ppm).

Par ailleurs, le taux de renouvellement d'air Q du logement a été calculé d'après l'équation suivante et est reporté au *Tableau 23* :

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{10^6 \times P}{C_{\text{int}}^{\text{max}} - C_{\text{ext}}}$$

Où P représente le volume de CO₂ rejeté par heure par l'homme et estimé à 0,0162 m³/h/personne ; C_{ext} la concentration en CO₂ mesurée à l'extérieur et estimée ici à 370 ppm ; et C_{int}^{max} la concentration maximale en CO₂ mesurée dans le logement et ici égale à 1 122 ppm. Le taux de renouvellement d'air du logement en volume d'air/h peut simplement être déduit en divisant Q par le volume de la pièce (ici estimé à 50 m³).

³¹ OQAI (2007) – Campagne Nationale Logements – Etat de la qualité dans les logements français. (www.oqai.fr/)

Tableau 23 : Estimation du taux de renouvellement d'air pour le logement

« Point 3 »

Logement - POINT 3	
Taux de renouvellement d'air Q (m ³ /h)	22
Taux de renouvellement d'air volume/h	0,44

Le taux de renouvellement d'air de 0,44 volume/h, estimé pour le logement investigué, se situe dans l'intervalle des taux de renouvellement d'air hygiéniques prévu par l'arrêté du 28 octobre 1983 (0,3 – 0,6 volume/h). Ce taux demeure, au regard des valeurs de référence en CO₂ en air intérieur définies précédemment, du même ordre de grandeur que les taux habituellement observés dans les logements.

• Température et humidité relative

Par rapport à la médiane des humidités relatives et des températures mesurées lors de la campagne nationale logement (respectivement de 49% et de 21°C), l'humidité relative et la température moyenne des logements « POINT 3 » (57,9% et 24,3°C) et « POINT 4 » (60,8% et 23,5°C) sont plus élevées. Néanmoins, elles restent dans la gamme des humidités relatives et des températures rencontrées dans la campagne nationale logement (percentile 95 : 64% et 25°C)

Les résultats moyens d'humidité relative et de température, pour l'imprimerie « POINT 1 » (56,9% et 23,6°C) et « POINT 2 » (54,8 % et 24,4°C), et pour les logements « POINT 3 » et « POINT 4 », sont comparés au diagramme de confort présenté à la Figure 18. Les zones de confort en termes de température et d'humidité relative sont définies par les polygones vert (zone de grand confort) et orange (zone de confort admissible).

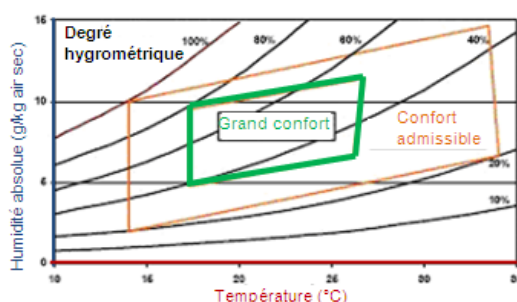


Figure 18 : Diagramme de confort pour le couple température / humidité³²

Au regard de ce diagramme, l'imprimerie et un des logements (« POINT 3 ») sont situés dans le polygone de grand confort, le logement « POINT 4 » étant dans le polygone de confort d'admissible.

5.3.2 SUBSTANCES AYANT UNE VREF « CNL OQAI »

Parmi les substances quantifiées lors de la campagne de mesure dans une imprimerie (cf. Tableau 19), 15 d'entre elles disposent d'une valeur de référence « CNL OQAI »³³, listées ci-dessous au Tableau 24.

³² « Etude des paramètres influant sur les consommations de climatisation dans les immeubles de bureaux », ENERTECH, Document ARENE-ADEME-Région PACA, mars 2002.

Tableau 24 : Substances disposant d'une valeur de référence « CNL OQAI »

Substances	Valeur de référence CNL OQAI (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
PM ₁₀	31,3	(médiane)
PM _{2,5}	19,1	(médiane)
Formaldéhyde	19,6	(médiane)
Acétaldéhyde	11,6	(médiane)
Hexanal	13,6	(médiane)
n-Décane	5,3	(médiane)
n-Undécane	6,2	(médiane)
Toluène	12,2	(médiane)
Ethylbenzène	2,3	(médiane)
M+p-xylènes	5,6	(médiane)
O-xylène	2,3	(médiane)
1,2,4 Triméthylbenzène	4,1	(médiane)
Trichloroéthylène	1	(médiane)
Tétrachloroéthylène	1,4	(médiane)
2-butoxyéthanol	1,6	(médiane)

Les médianes des concentrations reportées dans le Tableau 24 sont celles obtenues par méthodes intégratives passives, exceptées pour les PM₁₀ et les PM_{2,5}, pour lesquelles ces valeurs sont obtenues par méthodes intégratives actives. Pour l'ensemble des substances, un prélèvement sur une semaine a été réalisé, reflétant ainsi une exposition à long terme.

Sur cette base, des ratios entre les concentrations mesurées dans les logements et les vREF « CNL OQAI » ont été calculés. Lorsque plusieurs concentrations étaient disponibles pour une même substance, les mesures « en absolu » ont été priorisées sur celles en semi-quantifié, de même que les mesures en méthode intégrative passive sur celles en active (méthode passive en absolu > méthode active en absolu > méthode passive en semi-quantifié > méthode active en semi-quantifié). Le passif a été privilégié à l'actif, le premier se reprochant plus d'une exposition long terme de par sa durée d'échantillonnage.

Pour les particules, lors de la campagne nationale logements menée par l'OQAI, ces dernières ont été prélevées de manière active sur filtre, c'est-à-dire par une méthode intégrative active. Dans le cadre de l'étude de transfert potentiel « imprimerie – logement », un suivi dynamique des particules, à l'aide d'un indicateur optique, a été réalisé sur l'ensemble de la campagne de prélèvement. Ces deux méthodes actives de prélèvements des particules ne sont pas similaires. Cependant, lors d'une étude réalisée en 2008³⁴, l'INERIS avait testé les

³³ OQAI (2007) – Campagne Nationale Logements – Etat de la qualité dans les logements français. (www.oqai.fr/)

³⁴ LCSQA (2008) – Air intérieur – Indicateurs optiques pour la mesure massique des particules dans les environnements intérieurs [DRC-08-94302-15168]

performances métrologiques de 5 indicateurs optiques parmi lesquels le Grimm 1.108 avec le TEOM/FDMS, méthode équivalente à la méthode de référence par gravimétrie, dans différents environnements (chambre d'exposition au laboratoire, bureau et cuisine d'habitation). Cette comparaison avait montré que le Grimm 1.108 offrait une bonne adéquation avec le TEOM/FDMS, dans les conditions de tests de l'étude. C'est pourquoi les niveaux de concentrations dans les logements en PM₁₀ et en PM_{2.5} obtenus au cours de notre étude ont tout de même été comparés aux valeurs OQAI.

Les ratios des concentrations mesurées dans les logements sur les valeurs de référence « CNL OQAI » sont reportés dans le Tableau 25. A travers ces ratios, il est considéré que :

- lorsque les niveaux de concentration dans les logements sont inférieurs ou équivalents, d'un facteur inférieur à 2, à la valeur OQAI (ratios en vert dans le tableau), il est considéré que la source de cette substance semble être propre au logement (pas de contribution majeure de l'imprimerie) ;
- lorsque les niveaux de concentration dans les logements sont supérieurs, d'un facteur compris entre 2 et 10, à la valeur OQAI (ratios en orange dans le tableau), il est considéré qu'il existe une source inhabituelle de cette substance dont l'origine est probablement liée à l'implantation du site et la présence de l'imprimerie ;
- lorsque les niveaux de concentration dans les logements sont supérieurs, d'un facteur supérieur à 10, à la valeur OQAI (ratios en rouge dans le tableau), il est considéré qu'il existe une source inhabituelle de cette substance, dont l'origine est fort probablement liée à l'implantation du site et la présence de l'imprimerie.

Tableau 25 : Ratios des concentrations mesurées dans les logements sur les médianes issues de la CNL OQAI

<i>En µg/m³</i>	Catégorie	Logements		Valeur OQAI	RATIO 1 POINT 3 / CNL OQAI	RATIO 2 POINT 4 / CNL OQAI
		POINT 3	POINT 4			
PM ₁₀ (temps réel)	B'	36	36	31,3	1,2	1,2
PM _{2,5} (temps réel)	B'	19	30	19,1	1,0	1,6
Formaldéhyde	B	15,0	47,9	19,6	0,8	2,4
Acétaldéhyde	B	24,9	20,7	11,6	2,1	1,8
Hexanal	A	52,8	46,1	13,6	3,9	3,4
n-Décane	A+	<LQ	<LQ	5,3	non quantifiée	non quantifiée
n-Undécane	A++	34,4	56,5	6,2	5,5	9,1
Toluène	B	76,9	33,5	12,2	6,3	2,7
Ethylbenzène	A++	8,7	<LQ	2,3	3,8	non quantifiée
m+p – Xylènes	A+	50,4	70,9	5,6	9,0	13
O – Xylène	A+	24,0	31,7	2,3	10	14
1,2,4 Triméthylbenzène	A+	446	<LQ	4,1	110	non quantifiée
Trichloroéthylène	A	40,5	11,4	1,0	41	11
Tétrachloroéthylène*	C	16,0	<LQ	1,4	11	non quantifiée
2-Butoxyéthanol*	B	177	188	1,6	110	120

* substances semi-quantifiées

L'ensemble des substances a été mesuré par prélèvement passif sur 5 jours sauf précision : actif ou temps réel

NB : Dans le cas des PM₁₀ et PM_{2,5}, la mesure au Point 3 est faite sur 4 jours consécutifs, tandis qu'au Point 4 la mesure est faite sur 1h.

Parmi les 15 substances :

- 3 substances ont des concentrations mesurées dans les 2 logements inférieures ou similaires (ratios en vert) aux médianes de la CNL de l'OQAI (PM_{2,5}, PM₁₀ et n-décane) ;
- 7 substances ont des concentrations mesurées dans les 2 logements strictement supérieures (ratios en orange ou rouge) aux médianes de la CNL de l'OQAI (hexanal, n-undécane, toluène, m+p-xylènes, o-xylène, trichloroéthylène et 2-butoxyéthanol) ;
- pour les 5 autres substances, seule la concentration mesurée dans l'un des logements est strictement supérieure (ratios en orange ou rouge) aux médianes de la CNL de l'OQAI (formaldéhyde, acétaldéhyde, éthylbenzène, 1,2,4 triméthylbenzène et tétrachloroéthylène).

5.3.3 SUBSTANCES N'AYANT AUCUNE VREF « CNL OQAI »

Pour les substances n'ayant pas de valeur de référence « CNL OQAI » (45 substances et 6 familles), une recherche bibliographique a été nécessaire. Cette recherche avait pour but d'établir une valeur de référence de bruit de fond (vREF « BF »), pour ces substances en environnement intérieur, en se basant sur des mesures réalisées dans des logements, voire des Etablissements Recevant du Public (ERP).

La recherche bibliographique a été conduite selon un logigramme, présenté à la Figure 19. Ce dernier priorise les études réalisées dans des logements en France, ou dans des pays où les caractéristiques des bâtiments, les modes de vie ou les comportements à l'intérieur des locaux sont assez proches de ceux observés en France. Le détail des informations collectées lors de cette recherche bibliographique est présenté en Annexe 9.

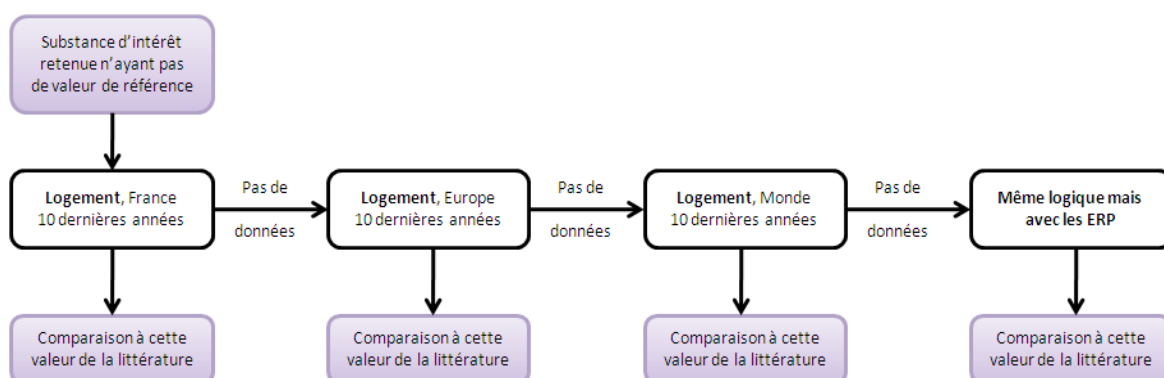


Figure 19 : Logigramme de la démarche de comparaison aux valeurs de la littérature

Afin de définir pour chaque substance une vREF « BF », une hiérarchisation des données trouvées dans la littérature a été nécessaire. Cette hiérarchisation est établie selon trois critères de sélection :

- le premier critère de sélection concerne l'établissement étudié. Les données issues de mesures dans des logements sont privilégiées par rapport à celles des ERP ;
- le deuxième critère de sélection concerne l'origine de l'étude. La priorité est portée aux mesures réalisées en France, puis viennent celles réalisées en Europe (hors France), aux Etats-Unis, en Océanie et en dernier en Asie ;
- le troisième critère de sélection concerne la technique de prélèvement utilisée. Les prélèvements passifs sont privilégiés par rapport aux prélèvements actifs, pour une meilleure représentativité de l'exposition à long terme.

Le Tableau 26 présente les 28 substances et 1 famille de substances pour lesquelles une valeur repère de bruit de fond a pu être définie depuis la littérature.

Tableau 26 : Substances disposant d'une vREF « BF » (en µg/m³) définie depuis la littérature

Substance	vREF « BF » * [min-max]	Critères de sélection			Source
		Etablissement étudié	Origine de l'étude	Technique de prélèvement utilisée	
Butanal	1,4	Logements	Non détaillé	Actif	[OQAI, 2009]
Pentanal	7,9 [0,4-46,6]	Logements	Non détaillé	Passif	[OQAI, 2004]
Chrome	0,1 [0,003-0,04]	ERP	Europe	Actif	[Stranger, 2008]
Fer	0,05 [0,0035-0,1]	Logements	USA	Actif	[Baxter, 2007]
Plomb	0,041 [0,0001-0,44]	ERP	Europe	Actif	[Stranger, 2008]
Zinc	0,01 [0,003-1,05]	Logements	USA	Actif	[Baxter, 2007]
Ozone	2,55 [<0,75-9,9]	ERP	Europe	Actif	[Stranger, 2008]
Naphtalène	1 [<1-4,9]	Logements	Europe	Passif	[GerES, 2008]
Acénaphène	0,039 [inconnu-0,38]	Logements	USA	Passif	[Johnson, 2010]
Phénanthrène	0,046 [inconnu-0,36]	Logements	USA	Passif	[Johnson, 2010]
n-Pentane	1,99, [0,97-3,5]	ERP	Europe	Passif	[Pegas, 2010]
n-Hexane	8,4 [<0,7-270]	Logements	USA	Actif	[OQAI, 2009] [Weisel, 2006]
n-Heptane	4,4 [<0,8-49]	Logements	USA	Actif	[OQAI, 2009] [Weisel, 2006]
n-Octane	1,16 [0,62-3,5]	Logements	Europe	Passif	[Gokhale, 2008] [Schlink, 2010]
n-Nonane	Médiane : 0,94 P95 : 10	Logements	Non détaillé	Non détaillé	[OQAI, 2009]
2 Méthylpentane	7,1 [0,5-109,3]	Logements	USA	Passif	[Johnson, 2010]
3 Méthylpentane	1,9 [inconnu-18]	Logements	Asie	Actif	[Tanaka-Kagawa, 2005]
2 Méthylhexane	2,6 [0,3-17,2]	Logements	USA	Passif	[Johnson, 2010]
2,4 Diméthylpentane	0,18 [inconnu-0,76]	Logements	Asie	Actif	[Tanaka-Kagawa, 2005]
Isooctane	0,6 [0,16-1,19]	ERP	Europe	Passif	[Pegas, 2011]
Méthylcyclopentane	1,76 [inconnu-38]	Logements	Europe	Passif	[Gokhale, 2008] [Schlink, 2010]
Méthylcyclohexane	0,92 [inconnu-6,2]	Logements	Europe	Passif	[Gokhale, 2008] [Geiss, 2011]
somme des Terpènes	7,79 [0,24-40,3]	ERP	Europe	Passif	[Pegas, 2011]
1,2,3 Triméthylbenzène	1,0 [inconnu-64,1]	Logements	USA	Passif	[OQAI, 2009] [Jia, 2008]
1,3,5 Triméthylbenzène	0,93 [inconnu-27,3]	Logements	USA	Passif	[OQAI, 2009] [Jia, 2008]
n-Propylbenzène	1,6 [inconnu-10]	Logements	Asie	Actif	[Tanaka-Kagawa, 2005]
Cumène	0,14 [0,09-0,23]	Logements	USA	Passif	[Jia, 2008]
Dichlorométhane	0,1 [inconnu-17,7]	Logements	USA	Passif	[Johnson, 2010]
Isopropanol	14,3	ERP	France	Passif	[ASPA, 2009]

* Les vREF « BF » correspondent à des concentrations moyennes mesurées, sauf si précisé.

Dans les données sélectionnées, les prélèvements passifs ont été réalisés sur une durée minimale de 3 jours, à l'exception de l'acénaphène et du phénanthrène avec une durée de prélèvement de 24/48h. Quant aux prélèvements actifs, ils ont été réalisés sur une durée 24h, à l'exception du chrome, du fer, du plomb, du zinc et de l'ozone avec une durée de prélèvement allant de 3 à 5 jours.

Pour 9 substances, il a été trouvé, pour un même type d'établissements (logements ou EPR), des données issues à la fois de prélèvements actifs et de prélèvements passifs. Dans l'objectif de voir quelles sont les variabilités observées sur les niveaux mesurés en fonction de la stratégie d'échantillonnage temporel et de voir si une tendance homogène existe entre les deux jeux de données (actifs et passifs), une comparaison des données a été faite :

- des concentrations équivalentes ont été observées pour 2 substances : n-pentane et méthylcyclopentane ;
- des concentrations en passif supérieures à celles en actif ont été observées pour 3 substances : n-octane, 2 méthylpentane et 2 méthylhexane ;
- *a contrario*, des concentrations en actif supérieures à celles en passif ont été observées pour 4 substances : isooctane, méthylcyclohexane, cumène et dichlorométhane.

D'après ces observations, il n'existe donc pas de règle applicable à l'ensemble des concentrations mesurées pour établir une relation entre mesures passives et actives.

Comme pour le comparatif des concentrations mesurées au cours de la campagne dans l'imprimerie avec les vREF « CNL OQAI », des ratios entre les concentrations mesurées dans les logements et les VREF « BF » déterminées au Tableau 26 ont été calculés. Comme précédemment, lorsque plusieurs concentrations étaient disponibles pour une même substance, les mesures « en absolu » ont été priorisées sur celles en semi-quantifié, de même que les mesures en méthode intégrative passive sur celles en active (méthode passive en absolu > méthode active en absolu > méthode passive en semi-quantifié > méthode active en semi-quantifié).

Les ratios ainsi calculés sont reportés dans le Tableau 27. A travers ces ratios, il est considéré que :

- lorsque les niveaux de concentration dans les logements sont inférieurs ou équivalents, d'un facteur inférieur à 2, à la valeur de bruit de fond (ratios en vert dans le tableau), il est considéré que la source de cette substance semble être propre au logement (pas de contribution majeure de l'imprimerie) ;
- lorsque les niveaux de concentration dans les logements sont supérieurs, d'un facteur compris entre 2 et 10, à la valeur de bruit de fond (ratios en orange dans le tableau), il est considéré qu'il existe une source inhabituelle de cette substance dont l'origine est probablement liée à l'implantation du site et la présence de l'imprimerie ;
- lorsque les niveaux de concentration dans les logements sont supérieurs, d'un facteur supérieur à 10, à la valeur de bruit de fond (ratios en rouge dans le tableau), il est considéré qu'il existe une source inhabituelle de cette substance, dont l'origine est fort probablement liée à l'implantation du site et la présence de l'imprimerie.

Tableau 27 : Ratios des concentrations mesurées dans les logements sur les valeurs de bruit de fond issues de la littérature (vREF « BF »)

En µg/m³	Technique de prélèvement utilisée	Catégorie	Logements		vREF « BF »	RATIO 1	RATIO 2
			POINT 3	POINT 4		POINT 3 / Valeur repère	POINT 4 / Valeur repère
Butanal	Passif	B	17,1	15,7	1,4	12	11
Pentanal	Passif	A	12,1	10,6	7,9	1,5	1,3
Chrome	Actif	A+	0,4	0,3	0,1	4	3
Fer	Actif	B	6	9,9	0,05	120	200
Plomb	Actif	B'	0,05	0,1	0,041	1,2	2,4
Zinc	Actif	B'	0,7	0,8	0,01	70	80
Ozone	Passif	B'	20,6	20,6	2,55	8	8
Naphtalène	Actif	A	0,99	1,427	1	1	1,4
Acénaphène	Actif	A+	0,015	0,037	0,039	0,4	0,9
Phénanthrène	Actif	A+	0,038	0,051	0,046	0,8	1,1
n-Pentane	Actif	B	30	20	1,99	15	10
n-Hexane	Actif	A	30	70	8,4	3,6	8,3
n-Heptane	Actif	A+	70	160	4,4	16	36
n-Octane	Passif*	A++	6,4	12,8	1,16	5,6	11
n-Nonane	Passif	A+	nd	nd	0,94	non détectée	non détectée
2 Méthylpentane	Actif*	A	2	36	7,1	0,3	5,1
3 Méthylpentane	Actif	A	85	220	1,9	45	120
2 Méthylhexane	Actif	A	140	350	2,6	54	130
2.4 Diméthylpentane	Actif	A	20	60	0,18	110	330
Isooctane	Actif	B	10	7	0,6	17	12
Méthylcyclopentane	Actif	B	<LQ	20	1,76	non quantifiée	11
Méthylcyclohexane	Actif	B	<LQ	20	0,92	non quantifiée	22
somme des Terpènes	Actif*	A	5	68	7,79	0,6	8,7
1,2,3 Triméthylbenzène	Actif	A+	440	850	1	440	850
1,3,5 Triméthylbenzène	Actif	C	360	800	0,93	390	860
n-Propylbenzène	Actif	A+	100	360	1,6	63	230
Cumène	Actif	A+	30	50	0,14	210	360
Dichlorométhane	Actif	A+	87,11	34,40	0,1	871	344
Isopropanol	Actif*	A+	22	12	14,3	1,5	0,8

* semi-quantifié / En italique : données issues de mesures dans des ERP

Parmi les 29 substances ou familles chimiques :

- 6 substances ont des concentrations mesurées dans les 2 logements inférieures ou similaires (ratio en vert) aux vREF « BF » (pentanal, naphtalène, acénaphène, phénanthrène, n-nonane, isopropanol) ;
- 18 substances ont des concentrations mesurées dans les 2 logements strictement supérieures (ratios en orange ou rouge) aux vREF « BF » ;
- pour les 5 autres substances ou familles chimiques, seule la concentration mesurée dans l'un des logements est supérieure (ratios en orange ou rouge) aux vREF « BF » (plomb, 2-méthylpentane, méthylcyclopentane, méthylcyclohexane et somme des terpènes).

Pour le cas des 9 substances disposant pour un même type d'établissements (logements ou EPR) des données issues à la fois de prélèvements actifs et de prélèvements passifs, la prise en compte des valeurs en actif au lieu de celles en passif n'influence pas ces résultats (même conclusion).

5.4 DEFINITION DE « TRACEURS POTENTIELS D'UN TRANSFERT IMPRIMERIE-LOGEMENT »

Au paragraphe 5.2 ont été définies des substances éligibles comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logements », appartenant aux catégories **A++**, **A+**, **A**, **B**. Pour ces substances, les concentrations mesurées dans l'imprimerie sont majoritairement supérieures ou équivalentes à celles mesurées dans les logements. Il a alors été supposé que la source de ces substances était l'imprimerie, ou au moins en partie. En croisant ces données avec les résultats de la comparaison aux valeurs de référence disponibles (« CNL OQAI » et bruit de fond issu de la littérature) faite au paragraphe 5.3, il est ainsi possible de définir une liste de substances pour lesquelles un transfert imprimerie-logements s'est probablement fait.

Les substances éligibles, dont les niveaux de concentration dans les logements sont supérieurs aux vRef « CNL de l'OQAI » ou « BF » d'un facteur 2, peuvent être considérées comme issues d'un transfert imprimerie-logements. Différents niveaux de confiance peuvent être donnés, « possible » et « possible + », selon le nombre de logements concernés par le dépassement (soit respectivement un seul logement concerné, ou bien les deux logements). Le Tableau 28 ci-après présente ainsi la sélection des substances retenues comme « traceur **potentiel** d'un transfert imprimerie-logements ».

*Tableau 28 : Substances retenues comme « traceur potentiel d'un transfert
imprimerie-logements » suite à comparaison aux valeurs de référence
(CNL OQAI et bruit de fond)*

Catégorie	Substance	Dépassement par rapport à la vREF	Localisation de la concentration maximale	Niveaux de confiance du transfert imprimerie-logements
A++	n-Undécane	2-10	imprimerie	« Possible + »
	Ethylbenzène	1 seul logement (2-10)	imprimerie	« Possible »
	n-Octane	2-10 et > 10	imprimerie	« Possible + »
A+	O – Xylène	>10	imprimerie	« Possible + »
	M+p – Xylènes	2-10 et > 10	imprimerie	« Possible + »
	1,2,4 Triméthylbenzène	1 seul logement (>10)	cage d'escalier~logements	« Possible »
	n-Heptane	>10	imprimerie	« Possible + »
	1,2,3 Triméthylbenzène	>10	imprimerie	« Possible + »
	n-Propylbenzène	>10	imprimerie	« Possible + »
	Cumène	>10	imprimerie	« Possible + »
	Dichlorométhane	>10	imprimerie	« Possible + »
	Chrome	2-10	imprimerie	« Possible + »
A	Trichloroéthylène	>10	cage escalier	« Possible + »
	Hexanal	2-10	imprimerie	« Possible + »
	3 Méthylpentane	>10	imprimerie	« Possible + »
	2 Méthylhexane	>10	imprimerie	« Possible + »
	2.4 Diméthylpentane	>10	imprimerie	« Possible + »
	n-Hexane	2-10	imprimerie	« Possible + »
	2 Méthylpentane	1 seul logement (2-10)	imprimerie	« Possible »
	somme des Terpènes	1 seul logement (2-10)	imprimerie	« Possible »
B	2-Butoxyéthanol	>10	imprimerie~logements	« Possible + »
	Toluène	2-10	imprimerie~logements	« Possible + »
	Formaldéhyde	1 seul logement (2-10)	imprimerie~logements	« Possible»
	Acétaldéhyde	1 seul logement (2-10)	imprimerie~logements	« Possible »
	Butanal	>10	imprimerie~logements	« Possible + »
	Fer	>10	imprimerie~logements	« Possible + »
	n-Pentane	>10	imprimerie~logements	« Possible + »
	Isooctane	> 10	imprimerie~logements	« Possible + »
	Méthylcyclopentane	1 seul logement (>10)	imprimerie~logements	« Possible »
	Méthylcyclohexane	1 seul logement (>10)	imprimerie~logements	« Possible »

Dans le cas du formaldéhyde, les concentrations mesurées dans l'imprimerie et dans les logements sont assez similaires (**Catégorie B**). Les concentrations mesurées dans l'imprimerie (21,4 et 22,4 µg/m³) et dans le logement « point 3 » sont inférieures ou similaires à la médiane de la CNL de l'OQAI. Seule la concentration mesurée dans le logement « **POINT 4** » est supérieure à la médiane de la CNL de l'OQAI. Cette concentration plus importante en formaldéhyde peut venir de la présence de sources propres au logement. Pour rappel, la présence d'un fumeur au domicile dans le logement « **POINT 4** » aurait pu influencer certains résultats (concentrations en certains polluants plus importantes), comme pour le formaldéhyde (la concentration mesurée au « point 4 » est significativement supérieure au « point 3 »). Cependant, d'autres substances susceptibles d'être influencées, comme l'acétaldéhyde³⁵, ne suivent pas cette tendance, ce qui laisse supposer une influence réduite de la présence du fumeur sur les concentrations obtenues dans le logement « **POINT 4** ». La concentration plus importante en formaldéhyde dans le « **POINT 4** » peut venir de la présence de plusieurs autres sources.

Au regard de ces deux faits, **le formaldéhyde ne semble donc pas être, in fine, un « traceur du transfert imprimerie-logements ».**

Ainsi, sur les 53 substances et 6 familles de substances éligibles, **28 substances et 1 famille de substances sont retenues comme « traceur potentiel du transfert imprimerie-logements »** (cf. Tableau 29), avec différents niveaux de confiance.

³⁵ Marchand et al. (2006) - Atmos Environ - Aldehyde measurements in indoor environments in Strasbourg (France). Vol 40. p1336–1345.

Tableau 29 : Liste des substances retenues comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logements »

Substances retenues comme "traceur <u>potentiel</u> d'un transfert imprimerie-logement"			
B	Acétaldéhyde	B	Méthylcyclopentane
B	Butanal	B	Méthylcyclohexane
A	Hexanal	A	Somme des terpènes
A ⁺	Chrome	B	Toluène
B	Fer	A ⁺⁺	Ethylbenzène
B	n-Pentane	A ⁺	M + p - xylènes
A	n-Hexane	A ⁺	o - xylène
A ⁺	n-Heptane	A ⁺	1,2,3 Triméthylbenzène
A ⁺⁺	n-Octane	A ⁺	1,2,4 Triméthylbenzène
A ⁺⁺	n-Undécane	A ⁺	n-Propylbenzène
A	2 Méthylpentane	A ⁺	Cumène
A	3 Méthylpentane	A ⁺	Dichlorométhane
A	2 Méthylhexane	A	Trichloroéthylène
A	2.4 Diméthylpentane		2-Butoxyéthanol
B	Isooctane		

En gras, les substances avec un transfert imprimerie-logements « possible + »

Notons que pour 17 substances et 5 familles de substances éligibles (recensées au Tableau 30), il n'a pas été possible de statuer sur leur rôle dans l'impact de l'imprimerie sur les logements, en raison de l'absence de données dans la littérature (vREF « BF »).

Tableau 30 : Liste des substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond

Substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond			
A	2,2 Diméthyl butane	B	Octahydro-Pentalène
B	Ethylpentane	A ⁺	1,3 Diéthylbenzène
B	Diméthylcyclopentane	A ⁺	1,4 Diéthylbenzène
A ⁺	Méthyléthylcyclohexane	A ⁺⁺	Méthyl 2 éthyl 1 benzène
B	Propane, 2-éthoxy-2-méthyl-	A ⁺	Méthyl 3 éthyl 1 benzène
A	2,3 Diméthylpentane + cyclohexane	A ⁺	Méthyl 4 éthyl 1 benzène
A	Diméthylbutane 2,3 (+ 2 Méthylpentane*)	A ⁺	Somme des benzènes substitués en C4
A ⁺	Somme des paraffines	A ⁺	Somme des benzènes substitués en C5
A ⁺	Somme des paraffines substituées	A ⁺	Indane + benzène substitué en C4
B	Somme des cycloparaffines	A	Chlorobenzène + paraffine
B	Octahydro indène		

* molécule déjà identifiée au niveau des traceurs potentiels

6. CONCLUSION SUR LA CAMPAGNE DE MESURES EXPLORATOIRE

L'objectif de cette campagne de mesure, conduite à la fois dans l'imprimerie même et deux logements attenants était double :

- Identifier des traceurs potentiels d'un transfert imprimerie-logement ;
- Evaluer si les niveaux de concentration associés dans les logements représentent une source d'exposition plus importante que dans la moyenne des logements français.

L'impact de l'activité des imprimeries sur les logements attenants a pu être approché, d'un point de vue des niveaux d'exposition en polluants.

Au regard des mesures réalisées, il a été possible d'identifier 28 substances et 1 famille de substances comme « traceur potentiel du transfert imprimerie-logements ». Pour ces substances, des concentrations ont été mesurées à la fois dans l'imprimerie et dans l'un des logements, en concentrations plus importantes ou équivalentes dans l'imprimerie par rapport aux logements, ces derniers présentant des concentrations expressément supérieures aux valeurs de bruit de fond disponibles dans la littérature. Parmi les substances retenues, une précaution est à prendre sur le dichlorométhane, lié au constat d'un écart de grandeur important sur les résultats obtenus par les deux méthodes de mesure (Canister et Carbotrap).

Pour 17 substances et 5 familles de substances éligibles comme traceur potentiel, aucune donnée de bruit de fond n'a été recensée dans la littérature, ce qui ne permet pas d'évaluer la « normalité » des concentrations mesurées dans les logements.

La mise en œuvre de mesures « en temps réel » a par ailleurs permis d'identifier les phases de nettoyage des machines d'impression comme sources d'émission de composés organiques volatils au sein de l'imprimerie.

Enfin, en termes de retour d'expérience pour ce type d'étude, il conviendrait à l'avenir de déterminer, **en préalable** à une campagne de mesures dite de première approche, une **liste restreinte des substances d'intérêt à mesurer sur le site investigué**. En effet, l'étude des données de la littérature conduite en amont de cette campagne n'ayant pas permis d'identifier une liste consolidée de molécules cibles à mesurer, le choix a été fait, dans un souci d'exhaustivité, de procéder à un screening large des composés potentiellement présents, en combinant différentes techniques de mesures, ce qui a sensiblement alourdi l'exploitation des données.

PARTIE 3 : CORRELATION ENTRE SUBSTANCES MESUREES POTENTIELLEMENT TRACEUSES DE L'ACTIVITE IMPRIMERIE ET PRODUITS CHIMIQUES UTILISES PAR L'IMPRIMERIE

Au regard des résultats de la campagne de mesures, pour 45 substances et 6 familles de substances, la présence d'un transfert de l'imprimerie vers les logements attenants a pu être constatée ou n'a pas pu être écartée.

En préalable à la réalisation de l'étude de l'impact sanitaire de ces composés dans les logements, il convient de s'interroger sur leurs sources possibles au sein de l'imprimerie. Cette 3^e partie s'attache donc à identifier l'origine potentielle des substances.

Les substances sont recherchées en premier lieu au sein des produits utilisés par l'imprimerie, ayant été répertoriés lors des visites et dont les Fiches de Données de Sécurité ont été communiquées par l'exploitant. En second lieu, la recherche est faite au sein de la liste établie en partie 1 paragraphe 4.1 sur la base des travaux de l'INRS, recensant les produits usuellement utilisés dans le secteur de l'imprimerie, et pour lesquels on ne peut donc totalement exclure qu'ils aient été mis en œuvre sur le site.

Les substances non identifiées lors de ces deux recherches sont donc considérées comme ne provenant pas de l'imprimerie. Pour certaines, l'exploitant a clairement spécifié qu'elles n'étaient pas ou plus utilisées sur le site. Ces substances ne seront en conséquence pas traitées dans le cadre de l'évaluation du risque sanitaire.

1. SUBSTANCES RETENUES

1.1 SUBSTANCES RETENUES COMME TRACEURS POTENTIELS D'UN TRANSFERT IMPRIMERIE-LOGEMENTS

28 substances et 1 famille de substances sont retenus comme « traceur potentiel du transfert imprimerie-logements » et rappelées dans le Tableau 31 ci dessous.

Tableau 31: Substances retenues comme « traceur potentiel d'un transfert imprimerie-logements »

Catégorie	Substance	Dépassement par rapport aux vREF "CNL OQAI" ou « BF »	Localisation de la concentration maximale	Niveaux de confiance du transfert imprimerie-logements
A++	n-Undécane	2-10	imprimerie	« Possible + »
	Ethylbenzène	1 seul logement (2-10)	imprimerie	« Possible »
	n-Octane	2-10 et > 10	imprimerie	« Possible + »
A+	O - Xylène	>10	imprimerie	« Possible + »
	M+p - Xylènes	2-10 et > 10	imprimerie	« Possible + »
	1,2,4 Triméthylbenzène	1 seul logement (>10)	cage d'escalier~logements	« Possible »
	Dichlorométhane	>10	imprimerie	« Possible + »
	n-Heptane	>10	imprimerie	« Possible + »
	1,2,3 Triméthylbenzène	>10	imprimerie	« Possible + »
	n-Propylbenzène	>10	imprimerie	« Possible + »
	Cumène	>10	imprimerie	« Possible + »
	Chrome	2-10	imprimerie	« Possible + »
A	Trichloroéthylène	>10	cage escalier	« Possible + »
	Hexanal	2-10	imprimerie	« Possible + »
	3 Méthylpentane	>10	imprimerie	« Possible + »
	2 Méthylhexane	>10	imprimerie	« Possible + »
	2.4 Diméthylpentane	>10	imprimerie	« Possible + »
	n-Hexane	2-10	imprimerie	« Possible + »
	2 Méthylpentane	1 seul logement (2-10)	imprimerie	« Possible »
	somme des Terpènes	1 seul logement (2-10)	imprimerie	« Possible »
B	2-Butoxyéthanol	>10	imprimerie~logements	« Possible + »
	Toluène	2-10	imprimerie~logements	« Possible + »
	Acétaldéhyde	1 seul logement (2-10)	imprimerie~logements	« Possible »
	Butanal	>10	imprimerie~logements	« Possible + »
	Fer	>10	imprimerie~logements	« Possible + »
	n-Pentane	>10	imprimerie~logements	« Possible + »
	Isooctane	> 10	imprimerie~logements	« Possible + »
	Méthylcyclopentane	1 seul logement (>10)	imprimerie~logements	« Possible »
	Méthylcyclohexane	1 seul logement (>10)	imprimerie~logements	« Possible »

1.2 SUBSTANCES D'INTERET SANS CONCLUSION EN L'ABSENCE DE DONNEES COMPARATIVES DE BRUIT DE FOND

Par ailleurs, 17 substances et 5 familles de substances, sont restées sans conclusion quant à leur caractère de traceurs du fait de l'absence de valeurs de référence.

Tableau 32 : Substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond

2,2 Diméthyl butane
Ethylpentane
Diméthylcyclopentane
Méthyléthylcyclohexane
Propane, 2-éthoxy-2-méthyl-
2,3 Diméthylpentane + cyclohexane
Diméthylbutane 2,3 (+ 2 Méthylpentane*)
Somme des paraffines
Somme des paraffines substituées
Somme des cycloparaffines
Octahydro indène
Octahydro-Pentalène
1,3 Diéthylbenzène
1,4 Diéthylbenzène
Méthyl 2 éthyl 1 benzène
Méthyl 3 éthyl 1 benzène
Méthyl 4 éthyl 1 benzène
Somme des benzènes substitués en C4
Somme des benzènes substitués en C5
Indane + benzène substitué en C4
Chlorobenzène + paraffine

** molécule déjà identifiée au niveau des traceurs potentiels*

2. PRODUITS UTILISES PAR L'IMPRIMERIE

Lors de la visite de l'imprimerie ayant fait l'objet des mesures, les fiches de données de sécurité des produits utilisés ont été recueillies.

L'Annexe 10 synthétise les produits utilisés par famille, ainsi que leurs composants, tels que décrits dans les fiches de données de sécurité. Seules trois familles de produits sont présentes : les additifs de mouillage, les encres et un produit de nettoyage des machines d'impression.

Une estimation des quantités annuelles consommées a été faite par l'exploitant (cf. *Tableau 33*).

Tableau 33: Estimation des quantités de produits utilisés par l'imprimerie

Type de produit/usage	Nom commercial	Contenant	Consommations annuelles annoncées
Encres	Divers	1 kg, en règle générale	~ 100 kg/an
Vernis		Pots de 2,5 kg	~ 3-4 pots soit 8-10 kg/an
Additif mouillage	Alcool isopropylique	Bidon 20 l	4 à 5 bidons par an soit ~80-100 l/an
	Hydroecol KHD		Non communiqué
Produit de mouillage	3551+2 (Prisco)	Bidon 25 l	2 bidons par an soit ~50 l/an
	Hydrofast GH313ctp (flint group)	Bidon 12 kg	Non connu
Entretien offset	Déglaceur renforcé (C.E.FI.)	Bouteille 1 l	Très petites quantités
	METERING ROLLER CLEANER	Bidon 5 l	Non communiqué
	VARN VWM WASH / VM111 (Flint group)	Bidon de 20 l	~ 20 l tous les 1,5 mois soit ~ 120-150 l/an

2.1 PRODUITS DE MOUILLAGE

Pour le mouillage, trois produits sont mis en œuvre :

- Une solution de mouillage à base d'acide glutarique, de dihydroxydioxahexane et de dérivés de l'isothiazolone (Hydrofast GH 313 CTP) ;
- 2 additifs : du **propanol** pur et un mélange à base principalement d'éthylène-glycol et de 2-butoxyéthanol (Hydroecol KHD).

2.2 ENCRES

Trente fiches de données de sécurité ont été recueillies pour ce type de produits. 26 des encres concernées sont à base de distillats de pétrole.

Il s'agit de **mélanges complexes d'hydrocarbures** ayant un nombre de carbones majoritairement compris entre **C11 et C25** résultant du traitement d'une fraction pétrolière par de l'hydrogène (N° CAS 64742-46-7), par de l'acide (N° CAS 64742-13-8) ou ayant subi une hydrodésulfuration (N° CAS 64742-80-9)³⁶. La composition chimique du mélange dépend du pétrole brut dont il est issu ainsi que du type de raffinage qu'il a subi. Les hydrocarbures en présence sont généralement de type aliphatique ou alicyclique mais des composés aromatiques peuvent également être présents.

Les pigments utilisés sont majoritairement des dérivés de l'**hydroquinone**.

³⁶ Source : European Chemicals Agency

Les encres sont conditionnées en pots de 1 kg et peuvent être conservées longtemps. Il est probable que des encres ne figurant pas parmi celles correspondant aux FDS (Fiches de Données de Sécurité) recueillies soient présentes et/ou utilisées dans l'imprimerie.

2.3 PRODUITS DE NETTOYAGE

Deux produits de nettoyage des plaques et des machines d'impression sont mis en œuvre :

- le VWM Wash/VM 111 : un mélange principalement de **1,2,4 triméthylbenzène** et de naphta léger (N° CAS 64742-95-6). Il contient également du 1,3,5 triméthylbenzène (mésitylène), du xylène, du propylbenzène ainsi que du naphta lourd (N° CAS 64742-48-9).
- le METERING ROLLER CLEANER : un mélange de **propan-2-ol** et de naphta léger hydrotraité (N° CAS 64742-49-0).

A l'instar des produits entrants sous l'appellation « distillats de pétrole », les **solvants naphta** sont des mélanges d'hydrocarbures dont la composition chimique du mélange dépend du pétrole brut dont ils sont issus ainsi que du type de raffinage qu'ils ont subi. Globalement, ils sont constitués d'hydrocarbures **majoritairement aromatiques** (entre 50 et 90% [INRS, 1999]), le reste étant des composés **aliphatiques ou alicycliques**. Trois types de solvants naphta sont présents dans les deux produits de nettoyage :

- naphta léger de N° CAS 64742-95-6 : le nombre de carbones est majoritairement compris entre C8 et C10 ;
- naphta lourd de N° CAS 64742-48-9 : le nombre de carbones est majoritairement compris entre C6 et C13 ;
- naphta léger hydrotraité de N° CAS 64742-49-0 : le nombre de carbone est majoritairement compris entre C4 et C1137.

³⁷ Source : European Chemicals Agency

3. CORRELATION ENTRE LES SUBSTANCES MESUREES POTENTIELLEMENT TRACEUSES ET LES PRODUITS UTILISES

3.1 SUBSTANCES PRESENTES DANS LES FDS DES PRODUITS DE L'IMPRIMERIE

3.1.1 SUBSTANCES RETENUES COMME TRACEURS POTENTIELS DE L'ACTIVITE IMPRIMERIE

Sur les **29** substances et familles chimiques retenues comme traceurs potentiels de l'activité imprimerie, **21** sont présentes dans les produits utilisés par l'imprimerie et dont les FDS ont été communiquées. Le Tableau 34 synthétise les informations sur ces substances.

Tableau 34: Résultats pour les substances présentes dans les FDS des produits de l'imprimerie

Catégorie	Substance	Dépassement par rapport aux vREF "CNL OQAI" ou »BF	Localisation de la concentration maximale	Niveaux de confiance du transfert imprimerie-logements	Tension de vapeur (kPa) à 20°C	Produit utilisé par l'imprimerie contenant la substance	Type de produit
A++	<u>Ethylbenzène</u>	1 seul logement (2-10)	imprimerie	« Possible »	1	(solvant naphta) VWM Wash/VM 111- METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	n-Undécane	2-10	imprimerie	« Possible + »	0,13	(solvant naphta) VWM Wash/VM 111- METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	n-Octane	2-10 > 10	imprimerie	« Possible + »	1,33	(solvant naphta) VWM Wash/VM 111- METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
A+	<u>O – Xylène (1,2-diméthylbenzène)</u>	>10	imprimerie	« Possible + »	0,8	VWM Wash/ VM 111	Produit de nettoyage
	<u>M+p - Xylènes</u>	2-10 > 10	imprimerie	« Possible + »	0,8	VWM Wash/ VM 111	Produit de nettoyage
	<u>1,2,4 Triméthylbenzène</u>	1 seul logement (>10)	cage d'escalier~logements	« Possible »	0,193	VWM Wash/ VM 111	Produit de nettoyage
	<u>1,2,3 Triméthylbenzène</u>	>10	imprimerie	« Possible + »		(solvant naphta) VWM Wash/ VM 111- METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	n-Heptane	>10	imprimerie	« Possible + »	5,33	(solvant naphta) VWM Wash/ VM 111- METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	<u>n-Propylbenzène</u>	>10	imprimerie	« Possible + »	0,33	VWM Wash/VM 111	Produit de nettoyage
	<u>Cumène (isopropylbenzène)</u>	>10	imprimerie	« Possible + »	1,07	solvant naphta) VWM Wash/ VM 111- METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
A	3 Méthylpentane	>10	imprimerie	« Possible + »	20,5	(solvant naphta) VWM Wash/ VM 111- METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	2 Méthylhexane (isomère heptane)	>10	imprimerie	« Possible + »	5,33	solvant naphta) VWM Wash/ VM 111- METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	Diméthylpentane (isomère heptane)	>10	imprimerie	« Possible + »	5,33	solvant naphta) VWM Wash/	Produits de

Catégorie	Substance	Dépassement par rapport aux vREF "CNL OQAI" ou »BF	Localisation de la concentration maximale	Niveaux de confiance du transfert imprimerie-logements	Tension de vapeur (kPa) à 20°C	Produit utilisé par l'imprimerie contenant la substance	Type de produit
						VM 111-METERING ROLLER CLEANER	nettoyage
	n-Hexane	2-10	imprimerie	« Possible + »	16	solvant naphta) VWM Wash/ VM 111-METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	2 Méthylpentane	1 seul logement (2-10)	imprimerie	« Possible »	20,5	solvant naphta) VWM Wash/ VM 111-METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
B	2-Butoxyéthanol	>10	imprimerie~logements	« Possible + »	0,1	HYDROECOL KHD	Additif de mouillage
	<u>Toluène (méthylbenzène)</u>	2-10	imprimerie~logements	« Possible + »	0,29	solvant naphta) VWM Wash/ VM 111-METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	Isooctane	>10	imprimerie~logements	« Possible + »	5,1	solvant naphta) VWM Wash/ VM 111-METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	n-Pentane	> 10	imprimerie~logements	« Possible + »	53,3	solvant naphta) VWM Wash/ VM 111-METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	Méthylcyclopentane	1 seul logement (>10)	imprimerie~logements	« Possible »	15	solvant naphta) VWM Wash/ VM 111-METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage
	Méthylcyclohexane	1 seul logement (>10)	imprimerie~logements	« Possible »	5,73	solvant naphta) VWM Wash/ VM 111-METERING ROLLER CLEANER	Produits de nettoyage

Rouge : Tv ≥ 5 : très volatil

Il s'agit pour **12** d'entre elles de **dérivés hydrocarbures aliphatiques et alicycliques**. Ce type de molécules peut être issu des solvants des encres ou des produits de nettoyage (les solvants naphta des produits de nettoyage sont majoritairement constitués de dérivés aromatiques, cependant ils peuvent également comporter des composés aliphatiques). Le nombre de carbones compris entre C6 et C11 indique qu'il s'agirait plutôt des **produits de nettoyage**, les distillats pétroliers présents dans les encres étant des chaînes de type C11 - C25.

Les **8** autres substances sont des **dérivés du benzène** disposant d'un nombre de carbones compris entre C7 et C9, figurant explicitement dans la composition du produit de nettoyage -VWN Wash/VM (1,2,4-triméthylbenzène et xylènes) ou implicitement sous la famille solvants naphta des **produits de nettoyage**.

A noter que ces dérivés hydrocarbures aromatiques peuvent également être présents dans la formulation des **encres** mais là encore le nombre de carbones indique qu'il s'agit plutôt des **produits de nettoyage**.

Enfin le **2-butoxyéthanol** est présent entre 5 et 10% au sein de l'additif de mouillage Hydroecol KHD.

3.1.2 SUBSTANCES D'INTERET SANS CONCLUSION EN L'ABSENCE DE DONNEES COMPARATIVES DE BRUIT DE FOND

Par ailleurs, parmi les substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond, on retrouve également **7** substances de type hydrocarbures **aliphatiques** et **alicycliques** comportant entre 6 et 9 carbones et pouvant être associés aux solvants naphta des **produits de nettoyage**. Il en va de même pour les sommes de paraffines, cycloparaffines et paraffines substituées qui entrent dans la même catégorie de molécules. Ces substances ou familles sont listées au Tableau 35.

Tableau 35: Substances d'intérêt de type hydrocarbures aliphatiques et alicycliques sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond susceptibles d'être associées aux solvants naphta

2,2 Diméthyl butane
Ethylpentane
Diméthylcyclopentane
Méthyléthylcyclohexane
Cyclohexane
2,3 Diméthylpentane
Diméthylbutane 2,3
Somme des paraffines
Somme des paraffines substituées
Somme des cycloparaffines

8 hydrocarbures **aromatiques** ainsi que 2 familles peuvent là encore être issus des **produits de nettoyage**. Ils sont listés au Tableau 36.

Tableau 36: Substances d'intérêt de type hydrocarbures aromatiques sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond susceptibles d'être associées aux solvants naphta

Octahydro indène
Octahydro-Pentalène
1,3 Diéthylbenzène
1,4 Diéthylbenzène
Méthyl 2 éthyl 1 benzène
Méthyl 3 éthyl 1 benzène
Méthyl 4 éthyl 1 benzène
Indane
Somme des benzènes substitués en C4
Somme des benzènes substitués en C5

3.2 SUBSTANCES NON IDENTIFIEES DANS LES FDS DES PRODUITS DE L'IMPRIMERIE MAIS USUELLEMENT UTILISEES DANS CE SECTEUR D'ACTIVITE

Sur les **29** substances et familles chimiques retenues suite à la campagne de mesure comme traceurs potentiels, **3** n'ont pas été identifiées dans les FDS des produits utilisés par l'imprimerie, mais sont cependant des composés potentiellement utilisés dans le secteur d'activité de l'imprimerie et figurant sur la liste établie en partie 1, chapitre 4.1, sur la base des travaux de l'INRS. Le Tableau 37 synthétise les informations pour ces 4 substances.

Tableau 37: Résultats pour les substances utilisées dans le secteur de l'imprimerie

Catégorie	Substance	Dépassement par rapport aux vREF "CNL OQAI" ou »BF	Localisation de la concentration maximale	Niveaux de confiance du transfert imprimerie-logements	Tension de vapeur (kPa) à 20°C	Produit usuellement utilisé en imprimerie contenant la substance
A+	Chrome	2-10	imprimerie	« Possible + »	/	Pigments encres (oxydes de chrome III)
A	Somme des Terpènes	2-10	imprimerie	« Possible »	basse	Solvant nettoyage
B	Fer	>10	imprimerie~logements	« Possible + »	/	Pigments encres (oxydes de fer)

Des oxydes de **fer** et de **chrome III** peuvent être utilisés comme pigments dans les **encres**. Ces composés n'ont pas été identifiés parmi les produits utilisés sur le site, cependant les encres mises en œuvre sont nombreuses et il est possible que les fiches de données de sécurité consultées ne soient pas exhaustives.

Les **terpènes**, composés présents dans certains végétaux, peuvent parfois être utilisés pour modifier la viscosité et pourraient intervenir dans la formulation des **encres**. Des hydrocarbures terpiniques sont identifiés dans le cadre de l'étude sur l'évolution de la réglementation CLP en lien avec le critère 3 d'Imprim'Vert®.

3.3 SUBSTANCES POUR LESQUELLES LA SOURCE NE SEMBLE PAS ETRE L'IMPRIMERIE

3.3.1 SUBSTANCES RETENUES COMME TRACEURS POTENTIELS DE L'ACTIVITE IMPRIMERIE

Sur les **29** substances et familles chimiques retenues suite à la campagne de mesure, **5** ne semblent pas être issues de l'imprimerie : elles ne sont pas utilisées usuellement dans le secteur d'activité de l'imprimerie ou bien l'exploitant a spécifié qu'elles n'étaient pas utilisées.

Tableau 38 : Résultats pour les substances préalablement retenues et dont la source ne semble pas être l'imprimerie

Catégorie	Substance	Dépassement par rapport aux vREF "CNL OQAI" ou »BF	Localisation de la concentration maximale	Niveaux de confiance du transfert imprimerie-logements	Tension de vapeur (kPa) à 20°C ³⁸
A+	Dichlorométhane	>10	imprimerie	« Possible + »	47,4
A	Hexanal	2-10	imprimerie	« Possible + »	1,4
	Butanal	>10	imprimerie~logements	« Possible + »	12,2
	Trichloroéthylène	>10	Cage d'escalier	« Possible + »	7,8
B	Acétaldéhyde	1 seul logement (2-10)	imprimerie~logements	« Possible »	100

Rouge : Tv ≥ 5 : très volatil

³⁸ Rouge : Tv ≥ 5 : très volatil, Orange : 1 ≤ Tv < 5 : volatile, Vert : Tv < 5.10⁻³ : très peu volatil

Le **trichloréthylène** et le **dichlorométhane** sont des substances usuellement retrouvées dans les produits de nettoyage de l'activité d'imprimerie. Cependant, l'exploitant a spécifié **qu'ils n'étaient plus utilisés** depuis plusieurs années sur le site. Il s'agit par ailleurs de solvants courants dans de multiples activités.

Pour le dichlorométhane, les valeurs mesurées dans l'imprimerie sont largement supérieures à celles relevées dans les logements.

Pour le trichloréthylène en revanche les valeurs sont de même ordre de grandeur avec une mesure notable dans la cage d'escalier. Par ailleurs, un **local de stockage en sous-sol**, communiquant avec la cage d'escalier, pourrait être à l'origine d'émissions en particulier en lien avec une éventuelle pollution historique.

L'hexanal, le butanal et l'acétaldéhyde ne sont pas utilisés dans l'activité d'imprimerie en général.

La possible présence d'un **atelier de réparation de meubles** dans un immeuble attenant **pourrait être à l'origine d'émissions de trichloréthylène et de dichlorométhane**, [INRS FAR 21 Métiers du bois]. **L'hexanal** pourrait également provenir de produits de traitement du bois.

Aucune des substances listées en Annexe II de l'arrêté ministériel de prescriptions générales du 16 juillet 2003³⁹ n'apparaît dans les résultats de la campagne de mesures.

3.3.2 SUBSTANCES D'INTERET SANS CONCLUSION EN L'ABSENCE DE DONNEES COMPARATIVES DE BRUIT DE FOND

Le **2-ethoxy-2méthyl propane** est un additif pour carburant oxygéné couramment incorporé dans l'essence [O'Neil, 2006a].

Le **chloro-benzène** est en général un intermédiaire de synthèse, il peut parfois être utilisé comme solvant de peinture [O'Neil, 2006b] ou comme agent de nettoyage/dégraissage [Mackison, 1981]. Il faut cependant noter que le chloro-benzène et une paraffine sont des substances co-éluées, la proportion de chacune d'entre elles ne pouvant être distinguée par l'analyse. La paraffine en question ne peut pas non plus être identifiée spécifiquement. Le chlorobenzène ne peut donc pas être spécifiquement quantifié.

[39 ARRETE DU 16/07/03 RELATIF AUX PRESCRIPTIONS GENERALES APPLICABLES AUX INSTALLATIONS CLASSEES SOUMISES A DECLARATION SOUS LA RUBRIQUE N° 2450 RELATIVE AUX IMPRIMERIES OU ATELIERS DE REPRODUCTION GRAPHIQUE SUR TOUT SUPPORT TEL QUE METAL, PAPIER, CARTON, MATIERES PLASTIQUES, TEXTILES, ETC., UTILISANT UNE FORME IMPRIMANTE \(JO N° 205 DU 5 SEPTEMBRE 2003 ET BOMEDD N° 2003-19 DU 15 OCTOBRE 2003\)](#)

4. CONCLUSION SUITE A LA CORRELATION

Sur les **29** substances et familles chimiques retenues comme **traceurs potentiels de l'activité imprimerie** :

- **21** sont présentes dans les produits utilisés par l'imprimerie :
 - o 12 d'entre elles de **dérivés hydrocarbures aliphatiques et alicycliques** disposant d'un nombre de carbone compris entre C6 et C11, semblant provenir des produits de nettoyage,
 - o 8 autres sont des **dérivés du benzène** disposant d'un nombre de carbones compris entre C7 et C9 et également potentiellement issus des produits de nettoyage,
 - o le **2-butoxyéthanol** est présent au sein de l'additif de mouillage utilisé ;
- **3** n'ont pas été identifiées dans les FDS des produits utilisés par l'imprimerie, mais sont cependant des composés potentiellement utilisés dans le secteur d'activité de l'imprimerie : des oxydes de **fer** et de **chrome III** peuvent être utilisés comme pigments dans les **encres**, des **terpènes** peuvent modifier la viscosité des **encres** ;
- **5** ne semblent pas être issues de l'imprimerie : l'exploitant a spécifié **que le trichloréthylène** et le **dichlorométhane** n'étaient plus utilisés, **l'hexanal**, le **butanal** et **l'acétaldéhyde** ne sont pas utilisés dans l'activité d'imprimerie en général.

Concernant les **22** substances et familles chimiques d'intérêt **sans conclusion** en l'absence de données comparatives de bruit de fond :

- **20** substances ou familles de substances sont potentiellement présentes dans les produits **utilisés par l'imprimerie** :
 - o 10 substances ou familles de substances de type **hydrocarbures aliphatiques et alicycliques** comportant entre 6 et 9 carbones pourraient être associés aux solvants naphta des **produits de nettoyage**.
 - o 10 substances ou familles de substances de type **hydrocarbures aromatiques** peuvent là encore être issus des **produits de nettoyage**
- **2** ne semblent pas être issues de l'imprimerie : le **2-ethoxy-2méthyl propane** et le **chloro-benzène**.

Les **5 + 2** substances pour lesquelles il ressort que la source ne peut être l'imprimerie ne seront pas traitées dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires (ERS). **La liste des substances et familles chimiques d'intérêt pour la conduite de l'ERS est précisée dans le Tableau 39 suivant.**

Tableau 39 : Liste des substances d'intérêt pour la conduite de l'ERS

SUBSTANCES D'INTERET POUR LA CONDUITE DE L'ERS	
Liste des traceurs de l'activité imprimerie (24 substances et familles chimiques)	Liste des substances d'intérêt « sans conclusion » en l'absence de vREF « BF » (20 substances et familles chimiques)
Chrome	2,2 Diméthyl butane
Fer	Ethylpentane
n-Pentane	Diméthylcyclopentane
n-Hexane	Méthyléthylcyclohexane
n-Heptane	2,3 Diméthylpentane
n-Octane	Cyclohexane
n-Undécane	2,3 Diméthylbutane
2 Méthylpentane	Octahydro indène
3 Méthylpentane	Octahydro-Pentalène
2 Méthylhexane	1,3 Diéthylbenzène
2,4 Diméthylpentane	1,4 Diéthylbenzène
Isooctane	Méthyl 2 éthyl 1 benzène
Méthylcyclopentane	Méthyl 3 éthyl 1 benzène
Méthylcyclohexane	Méthyl 4 éthyl 1 benzène
Toluène	Indane
Ethylbenzène	
M + p - xylènes	
o - xylène	
1,2,3 Triméthylbenzène	
1,2,4 Triméthylbenzène	
n-Propylbenzène	Somme des paraffines
Cumène	Somme des paraffines substituées
2-Butoxyéthanol	Somme des cycloparaffines
	Somme des benzènes substitués en C4
Somme des terpènes	Somme des benzènes substitués en C5

En perspective de futures campagnes de mesures, il ressort que les résultats de mesure sont cohérents avec les données du secteur et la définition de traceurs « a priori » (basés sur les produits utilisés au travers des FDS, les produits généralement mis en œuvre dans ce secteur) permettra une exploitation plus rapide des résultats.

PARTIE 4 : ENJEUX SANITAIRES DE L'ACTIVITE IMPRIMERIE - MISE EN ŒUVRE DE LA DEMARCHE D'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES (ERS)

Les substances d'intérêt et transferts potentiels de l'imprimerie vers les logements ayant pu être identifiés, l'objectif était ensuite d'évaluer et d'identifier ceux présentant des enjeux potentiels du point de vue sanitaire, pour une exposition chronique par inhalation pour les habitants des logements investigués lors de la campagne de mesures.

Pour ce faire, la démarche d'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) est appliquée aux concentrations mesurées dans les deux logements lors de la campagne exploratoire, pour la liste des substances et les familles de substances retenues précédemment.

La démarche d'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) est déclinée dans cette partie selon les 4 étapes classiques rappelées dans le guide méthodologique de l'INERIS⁴⁰ : identification des dangers, évaluation de la relation dose-réponse *via* les VTR, évaluation de l'exposition et caractérisation du risque sanitaire.

1. EVALUATION DE LA TOXICITE DES SUBSTANCES

La toxicité d'une substance se caractérise par les effets qu'une exposition est susceptible de générer sur la santé humaine.

Lorsque que le niveau d'exposition croît, le premier effet sanitaire qui apparait est appelé « effet critique ». Les VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence) permettent de définir la « relation dose-effet » ou « dose-réponse », c'est-à-dire la relation quantitative entre un niveau d'exposition et la possibilité ou la probabilité d'apparition de l'effet critique.

1.1 SUBSTANCES RETENUES

Les substances à évaluer au cours de cette ERS sont les substances listées au Tableau 39, suite aux travaux de comparaison des parties 2 et 3 précédentes (cf. partie 3 / chapitre 4), soit les 24 substances et familles chimiques identifiées comme traceurs de l'activité imprimerie et les 20 substances et familles chimiques d'intérêt « sans conclusion » en l'absence de données comparatives de bruit de fond.

⁴⁰ INERIS, août 2013, première édition. DRC-12-125929-13162B, Démarche intégrée pour l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - première édition - août 2013

1.2 DEMARCHE POUR LE CHOIX DE VTR

Les VTR sont établies sur la base d'une analyse des connaissances toxicologiques et épidémiologiques actuellement disponibles. Selon les mécanismes toxiques mis en jeu, deux types d'effets sanitaires sont considérés :

- **les effets survenant à partir d'un seuil de dose d'exposition.**

Il s'agit des effets non cancérigènes voire cancérigènes non génotoxiques. Dans ce cas, la VTR représente le seuil en-dessous duquel aucun effet sanitaire n'est attendu. Au-delà de ce seuil, un effet sanitaire est possible. Dans le cas d'une exposition par inhalation, la VTR s'exprime en tant que Concentration Admissible dans l'Air (CAA), c'est-à-dire en masse de substance par mètre cube d'air inhalé (mg/m^3).

- **les effets survenant sans seuil de dose d'exposition.**

Il s'agit des effets cancérogènes mutagènes ou génotoxiques. Dans ce cas, la VTR représente la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un effet s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance. Dans le cas d'une exposition par inhalation, la VTR est nommée Excès de Risque Unitaire, par inhalation (ERU_i) et s'exprime dans une unité inverse de celle de l'exposition c'est-à-dire en $(\text{mg}/\text{m}^3)^{-1}$.

En France, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a pour mission d'élaborer et de sélectionner des VTR de référence. Les VTR construites et/ou sélectionnées à ce jour sont présentées sur le site Internet de l'ANSES⁴¹.

Dans le cadre du recensement des VTR pour une ERS, lorsque l'ANSES ne fournit pas de VTR pour une substance étudiée, sept autres bases de données sont recommandées par la Direction Générale de la Santé⁴². Ces bases sont exploitées par les organismes suivants :

- Agence Américaine de Protection de l'Environnement (USEPA⁴³) ;
- Agence Américaine des Substances Toxiques et du Registre des Maladies (ASTDR⁴⁴) ;
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS⁴⁵/ICPS⁴⁶) ;
- Ministère Fédéral Canadien pour la Santé (Santé Canada⁴⁷) ;
- Institut National de Santé Publique des Pays-Bas (RIVM⁴⁸) ;

⁴¹ <https://www.anses.fr/fr/content/liste-des-valeurs-toxicologiques-de-reference-vtr-construites-par-l'anses> et <https://www.anses.fr/fr/documents/ANSES-Ft-SelectionVTR.pdf>

⁴² Note d'Information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

⁴³ United States Environmental Protection Agency - base de données IRIS (Integrated Risk Information System) : <http://www.epa.gov/iris/>

⁴⁴ Agency for Toxic Substances and Disease Registry - <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.html>

⁴⁵ Organisation Mondiale de la Santé - www.who.int/fr

⁴⁶ International Classification for Patient Safety - <http://www.inchem.org>

⁴⁷ www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/hbct-jact/index-fra.php

⁴⁸ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu –

- Bureau Américain pour l'Evaluation des Dangers en Santé Environnementale (OEHHA⁴⁹) ;
- Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA⁵⁰).

Dans ces bases, lorsque plusieurs VTR existent pour une même substance, la même voie d'exposition et le même type d'effet, deux cas de figures sont possibles :

- L'ANSES, l'INERIS ou une expertise nationale recommande un choix de VTR. Dans ce cas, ce choix est retenu pour l'étude. Les recommandations de l'ANSES figurent sur son site Internet et les recommandations de l'INERIS figurent dans les *Fiches de Données Toxicologiques et Environnementales* (FDTE) disponibles sur le *Portail Substances Chimiques* de l'INERIS⁵¹.
- Aucune recommandation de l'INERIS ou de l'ANSES n'est disponible pour la substance étudiée. Dans ce cas, la note d'information de la DGS d'octobre 2014 recommande de « sélectionner la VTR la plus récente parmi les trois bases de donnée: US-EPA, ATSDR ou OMS ». Si aucune VTR n'est trouvée dans ces bases, la « dernière VTR proposée par Santé Canada, le RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA » doit être sélectionnée.

Par ailleurs, pour cette étude, dans le cas où pour une substance, aucune VTR n'a pu être recensée dans les bases citées ci-dessus, les guides du *Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series*⁵² ont été consultés, au regard du caractère aromatique ou aliphatique et du nombre de carbone de la substance.

1.3 VTR SELECTIONNEES POUR L'ETUDE

Dans le cadre de cette étude, l'exposition aux substances pour les riverains de l'imprimerie se fait par la voie de l'inhalation et de manière chronique.

Les VTR pour l'ensemble des substances considérées (cf. paragraphe 1.1), spécifiques à une exposition chronique par inhalation, ont été recherchées dans les bases de données recensées ci-dessus. Le détail de l'ensemble des VTR recensées, des effets critiques et des bases de données associées, est fourni en Annexe 11 pour les substances considérées comme des traceurs de l'activité Imprimerie et en Annexe 12 pour les substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond et retenues pour l'ERS.

Les VTR sélectionnées pour l'évaluation des risques sanitaires sont présentées ci-dessous au Tableau 40 pour les substances considérées comme traceurs de l'activité imprimerie.

<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.pdf>

http://www.rivm.nl/en/Documents_and_publications/Scientific/Reports/2009/juli/Re_evaluation_of_some_human_toxicological_Maximum_Permissible_Risk_levels_earlier_evaluated_in_the_period_1991_2001

⁴⁹ Office of Environmental Health Hazard Assessment -

<http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB/index.asp>

⁵⁰ European Food Safety Authority - <http://www.efsa.europa.eu/fr/>

⁵¹ <http://www.ineris.fr/substances/fr/page/21>

⁵² Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series, volumes 1 à 5. 1998

Tableau 40 : VTR sélectionnées pour une exposition chronique par inhalation pour les substances considérées comme des traceurs de l'activité Imprimerie

N°CAS	Substance	Effets à seuil		Effets sans seuil	
		CAA (µg/m ³)	Organisme	ERU (µg/m ³) ⁻¹	Organisme
111-76-2	2-Butoxyéthanol	1.6E+03	USEPA (2010)	/	/
16065-83-1	Chrome III	6.0E+01	RIVM (2001)	/	/
98-82-8	Cumène	4.0E+02	USEPA (1997)	/	/
108-08-7	2,4 Diméthylpentane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
100-41-4	Ethylbenzène	3.0E+02	ATSDR (2010)	2.5E-06	OEHHA (2009)
142-82-5	n-Heptane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
110-54-3	n-Hexane	3.0E+03	ANSES (2013)	/	/
540-84-1	Isooctane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
108-87-2	Méthylcyclohexane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
96-37-7	Méthylcyclopentane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
591-76-4	2-Méthylhexane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
107-83-5	2-Méthylpentane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
96-14-0	3-Méthylpentane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
111-65-9	n-Octane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
103-65-1	n-Propylbenzène	2E+02**	TPH (1998)	/	/
108-88-3	Toluène	3.0E+03	ANSES (2010)	/	/
526-73-8	1,2,3 - Triméthylbenzène	2E+02***	TPH (1998)	/	/
95-63-6	1,2,4 - Triméthylbenzène	2E+02***	TPH (1998)	/	/
1120-21-4	n-Undécane	1E+03**	TPH (1998)	/	/
1330-20-7	Xylènes, mélange d'isomères m, o et p	8.7E+02	RIVM (2001)	/	/
/	Somme des terpènes	1E+03**	TPH (1998)	/	/

* VTR équivalente aux C₆ - C₈ aliphatiques pour TPH (1998)

** VTR équivalente aux C₉ - C₁₆ aliphatiques pour TPH (1998)

*** VTR équivalente aux C₉-C₁₆ aromatiques pour TPH (1998)

Le chrome mesuré dans l'imprimerie et les logements a été assimilé à des oxydes de chrome III (et non du chrome VI) au regard des FDS de l'imprimerie.

Pour les xylènes, il est important de noter qu'il n'existe pas, dans l'état actuel, de VTR spécifique pour les m+p-xylènes d'une part, et les o-xylènes d'autres part. Une VTR pour le mélange d'isomères m, o et p a donc été sélectionnée.

Au final, sur les 24 substances et famille de substances identifiées comme traceurs de l'activité Imprimerie, 2 substances n'ont pas de VTR pour une exposition chronique par inhalation : le fer (oxydes) et le n-pentane.

Les VTR sélectionnées pour l'évaluation des risques sanitaires sont présentées au Tableau 41 pour les substances les substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond et retenues pour l'ERS.

Tableau 41 : VTR sélectionnées pour une exposition chronique par inhalation pour les substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond et retenues pour l'ERS

N°CAS	Substance	Effets à seuil		Effets sans seuil	
		CAA (µg/m³)	Organisme	ERU (µg/m³) ⁻¹	Organisme
110-82-7	Cyclohexane	6E+03	USEPA (2003)	/	/
141-93-5	1,3 Diéthylbenzène	2E+02***	TPH (1998)	/	/
105-05-5	1,4 Diéthylbenzène	2E+02***	TPH (1998)	/	/
75-83-2	2,2 Diméthylbutane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
79-29-8	2,3 Diméthylbutane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
#	Diméthylcyclopentane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
565-59-3	2,3 Diméthylpentane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
617-78-7	Ethylpentane	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
496-11-7	Indane	2E+02***	TPH (1998)	/	/
611-14-3	Méthyl 2 éthyl 1 benzène	2E+02***	TPH (1998)	/	/
620-14-4	Méthyl 3 éthyl 1 benzène	2E+02***	TPH (1998)	/	/
622-96-8	Méthyl 4 éthyl 1 benzène	2E+02***	TPH (1998)	/	/
696-29-7	Méthyléthylcyclohexane	1E+03**	TPH (1998)	/	/
4551-51-3	Octahydro indène	1E+03**	TPH (1998)	/	/
694-72-4	Octahydro-Pentalène	1.84E+04*	TPH (1998)	/	/
	Somme des benzènes substitués en C4	2E+02**	TPH (1998)	/	/
	Somme des benzènes substitués en C5	2E+02**	TPH (1998)	/	/
	Somme des cycloparaffines	1E+03**	TPH (1998)	/	/
	Somme des paraffines	1E+03**	TPH (1998)	/	/
	Somme des paraffines substituées	1E+03**	TPH (1998)	/	/

* VTR équivalente aux C₆ - C₈ aliphatiques pour TPH (1998)

** VTR équivalente aux C₉ - C₁₆ aliphatiques pour TPH (1998)

*** VTR équivalente aux C₉-C₁₆ aromatiques pour TPH (1998)

: pas de numéro de CAS car il s'agit ici d'un ensemble de diméthylcyclopentanes non distingués à la mesure.

L'ensemble des substances et familles de substances, d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond et retenues pour l'ERS, disposent de VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

1.4 SUBSTANCES SANS VTR

Au final, sur les 24 substances et famille de substances identifiées comme traceurs de l'activité Imprimerie, 2 substances n'ont pas de VTR pour une exposition chronique par inhalation : le fer (oxydes) et le n-pentane.

Il ne sera donc pas possible de poursuivre la démarche de l'ERS pour ces 2 substances.

Cependant, une recherche bibliographique a été menée pour caractériser leur toxicité (cf. paragraphe 5.3).

2. EVALUATION DE L'EXPOSITION

2.1 METHODOLOGIE

Dans le cadre de cette étude, l'exposition aux substances se fait uniquement par la voie de l'inhalation et de manière chronique. Pour évaluer cette exposition, une concentration moyenne inhalée par jour est calculée selon l'équation suivante :

$$CI = \frac{[\sum(C_i \times t_i)]}{T}$$

Avec :

- CI, la concentration moyenne inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;
- C_i , la concentration du polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i ;
- t_i , durée d'exposition à la concentration C_i sur la période d'exposition ;
- T, durée de la période d'exposition (même unité que t_i).

La durée d'exposition t_i à une concentration ainsi que la période d'exposition T sont définis par le budget espace-temps d'un scénario d'exposition.

2.2 DEFINITION DES SCENARIOS D'EXPOSITION

Les concentrations moyennes inhalées par jour (« CI ») sont dépendantes des Budgets Espace-Temps (BET) définis dans les scénarios d'exposition. Dans le cadre de l'étude exploratoire, le 1^{er} logement (référéncé au « point 3 ») est occupé par une personne retraitée, tandis que le 2^{ème} logement est habité par un étudiant (référéncé au « point 4 »).

Des données récentes sur les BET sont fournies dans l'étude « *Description du budget espace-temps et estimation de l'exposition de la population française dans son logement* » de A. Zeghnoun et F. Dor (InVS, 2010). Extrait de ce rapport, le Tableau 42 donne la distribution des BET en fonction de différentes activités, en nombre d'heures par jour, le tout lissé sur la semaine.

Tableau 42 : Distribution du budget espace-temps – temps en heures jour passé à l'intérieur du logement en fonction des occupations (moyenne sur la semaine) – Extraits de l'étude de A. Zeghnoun et F. Dor (InVS, 2010)

Occupation actuelle	Moyenne arithmétique	Ecart-type	p25	p50	p75	p95
Exercent une profession	15,2	0,3	12,5	15	18,8	23
Etudiants	15,3	0,4	13,5	15,7	18,5	23
Chômeurs	16,8	1,2	15,3	18,1	20,9	23,3
Retraités	18,3	0,4	16,5	19	21,5	24
Au foyer / Inactifs	18,1	0,4	16,2	19	21,3	24

Deux scénarios d'exposition raisonnablement majorants, et correspondant à deux types de profils d'habitants, ont été définis pour estimer le risque sanitaire lié à une exposition chronique par inhalation aux substances émises par l'imprimerie vers les logements attenants :

- un premier scénario (« scénario 1 ») d'un habitant exerçant une profession à l'extérieur d'où une présence de 15 heures par jour à son logement (valeur médiane ou p50 de la distribution moyennée sur la semaine), 47 semaines par an (congrés annuels de 5 semaines considérés hors logements) et pendant 30 ans⁵³ ;
- un deuxième scénario (« scénario 2 ») d'un habitant présent 24h sur 24 dans son logement, 7 jours sur 7 et 365 jours par an. Cette approche permet d'être protectrice pour une population générale, tout en restant plausible puisque que cela recoupe les percentiles 95 des BET présentés précédemment, quelque soit le profil d'occupation des personnes.

2.3 QUANTIFICATION DE L'EXPOSITION

Dans le cadre de l'ERS, les résultats de mesures pris en compte sont ceux au récepteur « point 3 » et « point 4 », soient les mesures dans les logements. Les résultats obtenus aux points de mesure 1, 2 (dans l'imprimerie) et 5 (dans la cage d'escalier) sont écartés de cette étude car ils ne sont pas représentatifs d'une exposition des riverains.

Les prélèvements passifs, réalisés en continu sur plusieurs jours, intègrent l'activité de l'imprimerie en journée mais aussi la nuit et sont donc plus représentatifs d'une exposition sur le long terme. Cependant les prélèvements passifs ne sont pas disponibles pour l'ensemble des substances à évaluer.

Dans le cas des substances prélevées à la fois par méthodes passive et active, les mesures actives étant ciblées sur une période d'activité de l'imprimerie, on aurait pu s'attendre à des teneurs systématiquement plus élevées dans l'imprimerie par prélèvement actif, que par prélèvement passif, mais cela n'a pas été le cas. Aucune tendance ou règle de calcul n'a permis d'établir une relation entre ces mesures (cf. partie 2 paragraphe 5.1).

Le choix a donc été fait de considérer les deux types de prélèvements pour les calculs de concentration moyenne inhalée par jour (CI). Le mode d'acquisition des mesures sera pris en compte lors de l'étape suivante, à l'analyse et la mise en perspective des indicateurs de risques.

⁵³ Il s'agit de la durée d'exposition mentionnée par le Guide INERIS 2013, sur la base des deux références suivantes :

- L'étude Nedellec V., Courgeau D., Empereur-Bissonnet P. *La durée de résidence des français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués*. Energie Santé, 1998, 9 (4) 503-514 a analysé la durée de résidence des français, sur la base de fichiers d'abonnés EDF. Le percentile 50 (médiane) est d'environ 4 ans, le percentile 90 est d'environ 30 ans.
- Un temps de résidence d'environ 30 ans correspond également au percentile 95 de la distribution donnée dans l'*Exposure Factor Handbook* de l'US EPA - www.epa.gov/ncea/efh/report.html.

3. CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE

3.1 METHODOLOGIE

Pour rappel, deux types d'effets des polluants peuvent être distingués : les effets à seuil et les effets sans seuil. Ainsi, deux indicateurs de risques différents peuvent être calculés.

3.1.1 EFFETS A SEUIL

Pour les effets à seuil, pour une exposition chronique par inhalation, le risque sanitaire s'exprime par un Quotient de Danger (QD) défini de la manière suivante, pour chacune des substances :

$$QD = \frac{CI}{CAA}$$

Avec :

- CI : Concentration Inhalée moyenne (en µg/m3)
- CAA : Concentration Admissible dans l'Air (VTR à seuil) (en µg/m3)

Le Quotient de Danger est comparé à la valeur repère de risque égale à 1. Un QD est calculé pour chaque substance d'intérêt. Le risque est considéré comme « non préoccupant » lorsqu'il est inférieur à la valeur repère.

Au regard de l'objectif visé d'évaluer et d'identifier les substances présentant des enjeux potentiels du point de vue sanitaire, et à la différence d'une démarche classique d'ERS, les QD n'ont pas été sommés. En effet, il ne s'agit pas ici d'évaluer le risque « total » par inhalation pour les habitants voisins de l'imprimerie.

3.1.2 EFFETS SANS SEUIL

Pour les effets sans seuil, pour une exposition par inhalation, le risque sanitaire s'exprime par un Excès de Risque Individuel (ERI) défini de la manière suivante, pour chacune des substances :

$$ERI = ERU \times CI \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- ERU : Excès de Risque Unitaire (VTR sans seuil) (en (µg/m3)-1)
- CI : Concentration Inhalée moyenne (en µg/m3)
- T : nombre d'année d'exposition : 30 ans
- Tm : Période de temps pendant laquelle l'exposition est moyennée : 70 ans pour la vie entière par convention

Le risque total est considéré comme « non préoccupant » lorsqu'il est inférieur à la valeur repère conventionnelle de « 10⁻⁵ ». Un ERI est calculé pour chaque substance d'intérêt.

Au regard de l'objectif visé d'évaluer et d'identifier les substances présentant des enjeux potentiels du point de vue sanitaire, et à la différence d'une démarche classique d'ERS, les ERI n'ont pas été sommés. En effet, il ne s'agit pas ici d'évaluer le risque « total » par inhalation pour les habitants voisins de l'imprimerie.

3.2 ESTIMATION DES RISQUES SANITAIRES

Pour les xylènes, en absence de VTR spécifique pour les m+p-xylènes d'une part, et les o-xylènes d'autre part, mais du fait qu'il existe une VTR pour la famille de ces isomères, les quantités détectées en m+p et en o-xylènes ont été sommées pour le calcul de la Concentration moyenne Inhalée de la famille des xylènes.

Pour ce qui est des substances co-éluées lors des analyses [Indane + Benzène substitué en C4], [2,3-Diméthylpentane + Cyclohexane], [Méthyl 2 pentane + Diméthylbutane 2.3], les calculs de risques ont été effectués en considérant successivement 100% de présence de la première substance dans l'échantillon puis 100% de présence de la deuxième substance.

Ces choix permettent de traiter l'ensemble des substances.

Pour le cas du chrome, au regard des informations collectées sur les produits utilisés en imprimerie (cf. le paragraphe 4.3.1 en partie 3 et le paragraphe 3.2 en partie 4), il s'agit plus précisément d'oxydes de chrome III, présents comme pigment dans les encres pour machines offset.

Les Tableau 43 et le Tableau 44 présentent les substances dont les calculs de risques donnent des résultats proches ou qui dépassent les valeurs repères (valeur repère 1 pour les QD, valeur repère 10^{-5} pour les ERI) et ce, pour les 2 scénarios. Pour les substances correspondantes, l'apparition d'effets sanitaires ne peut être exclue.

Les résultats des calculs pour l'ensemble des substances considérées lors de cette ERS (cf. Tableau 39) sont présentés en Annexe 13 et Annexe 14.

Tableau 43 : Quotients de danger (QD) calculés pour une exposition chronique par inhalation

			Scénario 1		Scénario 2	
n° CAS	Substances d'intérêt	Prélèvement t	Point 3	Point 4	Point 3	Point 4
Substances considérées comme traceurs de l'activité Imprimerie						
103-65-1	n-Propylbenzène	actif	/	1.0	0.5	1.8
526-73-8	1,2,3-Triméthylbenzène	actif	1.2	2.4	2.2	4.3
95-63-6	1,2,4-Triméthylbenzène	passif	1.3	/	2.2	/
		actif	5.3	12	9.5	20
1120-21-4	n-Undécane	passif	/	/	/	/
		actif	/	0.6	/	1.1
Substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond et retenues pour l'ERS						
141-93-5	1.3 - Diéthylbenzène	actif	0.6	0.8	1	1.5
105-05-5	1.4- Diéthylbenzène	actif	/	/	0.45	0.45
611-14-3	Méthyl-2-éthyl-1-benzène	actif	/	/	nd	0.5
620-14-4	Méthyl-3-éthyl-1-benzène	actif	/	5	0.5	9.0
622-96-8	Méthyl-4-éthyl-1-benzène	actif	1.2	/	2.2	0.5
496-11-7	Indane	actif	/	0.5	/	0.9
	Somme des benzènes substitués en C4	actif*	2.6	2.3	4.5	4.0
	Somme des cycloparaffines	actif*	/	/	0.7	0.6
	Somme des paraffines substituées	actif*	/	/	/	0.7

* mesure en semi-quantifiée : quantification par rapport à une autre molécule de la même famille

En Gras : QD supérieur à la valeur repère 1

/ : QD inférieur à la moitié de la valeur repère de 1 (soit 0.5)

nd : substance non détectée

Tableau 44 : Excès de Risque Individuel (ERI) calculés pour une exposition chronique par inhalation

			Scénario 1		Scénario 2	
n° CAS	Substances d'intérêt	Prélèvement t	Point 3	Point 4	Point 3	Point 4
Substances traceuses de l'activité « Imprimerie »						
100-41-4	Ethylbenzène	passif	0.5E-05	/	0.9E-05**	/
		actif	0.5E-05	0.9E-05	0.9E-05	1.6E-05

En Gras : ERI supérieur à la valeur repère 10^{-5}

/ : ERI inférieur à la moitié de la valeur repère de 10^{-5} (soit 0.5E-05)

** : concentration inférieure à la limite de quantification (LQ). Calcul de l'ERI avec une concentration égale à la LQ divisée par deux

Pour les risques sans seuil, aucune molécule du groupe de substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond et retenues pour l'ERS ne présenterait de risque sans seuil.

4. ANALYSE DES INCERTITUDES INHERENTES A L'ERS

Chacune des étapes de l'évaluation des risques s'accompagne d'incertitudes, dont les principales sont analysées dans les paragraphes ci-dessous.

4.1 DONNEES DE MESURE

Les concentrations des substances ont été mesurées par des techniques passives et/ou actives.

Les deux types de mesure ont été utilisés lors de l'ERS pour pallier le manque de mesures passives pour certaines substances et pour permettre une comparaison des indicateurs de risques entre les substances. Cependant, les mesures par méthode passive restent celles plus représentatives d'une exposition sur le long terme (prise en compte des nuits et des heures de fermeture de l'imprimerie). Au paragraphe 5.1 de la partie 2, sur l'impact de l'échantillonnage temporel, aucune règle n'est mise en évidence à l'ensemble des concentrations mesurée pour établir une relation entre mesures passives et actives.

→ *L'influence du choix entre mesures actives et mesures passives sur le risque évalué ne peut-être quantifiée.*

Par ailleurs, il faut rappeler que certaines substances ont été semi-quantifiées (rapport à une autre molécule de la même famille ou par rapport au toluène par défaut) d'où une incertitude supplémentaires vis-à-vis de la mesure. Comme mentionné au paragraphe 5.3.2 de la partie 2, pour une même substance, les mesures « en absolu » ont été priorisées sur celles en semi-quantifié, de même que les mesures en méthode intégrative passive sur celles en active (méthode passive en absolu > méthode active en absolu > méthode passive en semi-quantifié > méthode active en semi-quantifié).

→ *Les mesures semi-quantifiées ont tendance à sous-estimer les concentrations mais avec une ampleur limitée.*

4.2 CHOIX DES VTR

L'évaluation de la toxicité repose sur les connaissances du moment relatives aux effets sur la santé et sur la disponibilité de VTR. Ces dernières sont définies pour l'ensemble de la population, y compris pour les personnes sensibles. Le choix a été fait selon les connaissances disponibles sur les différentes bases de données (ANSES, USEPA, ATSDR, OMS/ICPS, Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA) et selon les connaissances dont dispose également l'INERIS. La nouvelle note d'information de la DGS d'octobre 2014, relative au choix des VTR, a été prise en compte, bien que cette dernière s'applique aux évaluations de risques dans les études d'impact et la gestion des sites et sols pollués.

Lors de la construction de ces VTR, des facteurs d'incertitude protecteurs sont appliqués aux données toxicologiques disponibles, afin de tenir compte des incertitudes liées aux extrapolations inter-espèces et aux variabilités intra espèces.

→ *L'influence de cette hypothèse sur le risque évalué ne peut-être quantifiée.*

Pour plusieurs substances et familles de substances, en absence de VTR dans les bases de données usuelles, les guides du *Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Serie* (TPH, 1998) ont été consultés. Les VTR construites dans ce guide ne sont ni spécifiques à une substance ni à une famille chimique de substances, mais au caractère aliphatique ou aromatique d'un mélange de composés et au nombre de carbones de ces composés.

→ *L'influence de cette hypothèse sur le risque évalué ne peut-être quantifiée.*

Les données toxicologiques disponibles caractérisent les effets des substances prises individuellement : l'ERS caractérise donc le risque généré par chaque substance prise individuellement. Dans le cadre d'une exposition multiple, les mécanismes d'action respectifs des substances pourraient être mis en synergie, ou bien inhibés.

→ *Les interactions entre substances ne sont pas prises en compte dans l'ERS, faute de connaissances scientifiques suffisantes. L'influence de cette incertitude sur le risque évalué n'est pas quantifiable.*

4.3 EVALUATION DES EXPOSITIONS

Pour le scénario 1, les habitants sont exposés environ 50% du temps aux substances mesurées, lors de leur présence dans leur logement. Il est donc considéré, pour la deuxième moitié de leur temps, qu'ils sont exposés à des concentrations nulles pour ces mêmes substances.

→ *Cette hypothèse minore le risque sanitaire évalué puisque ces personnes fréquentent d'autres lieux clos que leurs domicile et que les substances traceuses de l'activité Imprimerie ne sont pas spécifiques à cette seule activité.*

Pour le deuxième scénario d'exposition chronique envisagé :

- l'exposition est considérée 24h sur 24 pendant toute la semaine, tout au long de l'année. On estime donc que l'habitant ne quitte jamais son logement (percentiles 95 des BET pour des personnes retraités ou au foyer).

→ *Hypothèse raisonnablement majorante.*

- les concentrations mesurées lors de la campagne sont donc affectées comme concentration moyenne inhalée (CI) tout au long de l'exposition. Elles sont donc considérées constantes et continues tout au long de la journée alors qu'il a bien été noté un phénomène de diminution lors des nuits. Qui plus est, l'imprimerie ne fonctionne que 4 jours sur 7 par semaine, d'où une diminution des concentrations le week-end. Les mesures passives ont permis de prendre en compte ces phénomènes de diminution des concentrations pendant les nuits et lors de la fermeture de l'imprimerie le mercredi, mais pas de l'impact des week-ends sur ces concentrations.

→ *Hypothèse majorante.*

→ *Les hypothèses définissant le deuxième scénario d'exposition majorent le risque évalué, ce qui relativise les dépassements de valeurs repères obtenus pour le 2ème scénario.*

Par ailleurs, l'imprimeur a assuré que l'activité de son atelier était uniforme et homogène durant les quatre jours travaillés de la semaine. Ainsi, la représentativité des mesures passives (pour prise en compte des variations de concentration durant les nuits et le mercredi non travaillé) et actives (1 journée) par rapport aux différentes tâches menées dans l'imprimerie est considérée comme bonne.

→ *Hypothèse raisonnable.*

4.4 QUANTIFICATION DU RISQUE

Dans le cas de mesures de concentrations pour un couple de substances [substance A + substance B], des hypothèses majorantes ont été retenues quant à la composition de l'échantillon prélevé. Il a été considéré successivement, pour les calculs des indicateurs de risque, la présence de 100% de la substance A dans l'échantillon puis la présence de 100% de la substance B dans l'échantillon. Les deux indicateurs de risques calculés (100% de substance A et pour 100% de substance B) encadre l'indicateur de risque « réel » pour une composition inconnue dans l'échantillon prélevé de substances A et B.

→ *Hypothèse raisonnable qui permet de minorer et majorer le risque, c'est-à-dire de l'encadrer, de définir un intervalle de risque pour les deux substances.*

5. DISCUSSION DES RESULTATS DE L'ERS

5.1 SUBSTANCES RETENUES COMME TRACEURS DE L'ACTIVITE IMPRIMERIE

Sur la base des données disponibles et suite à la démarche de l'ERS, parmi les 24 substances et familles de substances identifiées comme traceurs de l'activité imprimerie, 5 substances se situent autour des valeurs repères ou les dépassent (4 pour des risques à seuil, 1 pour des risques sans seuil).

5.1.1 POUR LES RISQUES A SEUIL

Les substances pour lesquelles l'apparition d'effets sanitaires ne peut être exclue sont, pour les 2 scénarios :

1,2,4-triméthylbenzène > 1,2,4 triméthylbenzène > n-propylbenzène > n-undécane

classement décroissant selon les valeurs de QD (pour des QD supérieurs ou égaux à la moitié de la valeur repère 1)

Le **1,2,4-triméthylbenzène** et le **n-propylbenzène** ont été évalués par méthode passive « en absolu », et le **1,2,3 triméthylbenzène** et le **n-undécane** par méthode active « en absolu ».

Au point 3, le **1,2,4-triméthylbenzène** sort en premier dans l'ERS (cf. partie 4 paragraphe 3.2) via la méthode passive de prélèvement (avec une concentration 100 fois supérieure à la valeur médiane de la CNL OQAI) et en premier ex aequo avec le **1,2,3-triméthylbenzène** par méthode active, mais qui se veut moins représentative. Au point 4, la concentration mesurée par méthode passive est inférieure à la LQ (et largement inférieure à la valeur médiane CNL OQAI). Mais ce n'est pas le cas avec la méthode active avec une concentration donnant un QD de 20. Au regard de ces observations, le **1,2,4-triméthylbenzène** est bien la substance avec le QD le plus élevé de l'ERS. Il se classé A+ (comparatif entre les concentrations imprimerie/logements) avec un niveau de confiance de transfert « possible » (comparatif concentrations logements versus bruit de fond). Sa source dans l'imprimerie serait les produits de nettoyage (cf. partie 3 paragraphe 3.1.1).

Le **1,2,3-triméthylbenzène** sort de l'ERS en 2^{ème} position pour les 2 logements, par rapport au **1,2,4-triméthylbenzène** car il n'y a pas de mesure passive (plus représentative). Il a été classé en catégorie A+ et « possible + ». Sa source dans l'imprimerie serait également les produits de nettoyage.

Le **n-propylbenzène** sort en 3^{ème} position de l'ERS avec des QD issus de concentrations évaluées par méthode active, supérieurs à la valeur repère de 1 pour le logement point 3 et proche de cette dernière pour le logement point 4 dans le cas du deuxième scénario. Les concentrations obtenues par méthode active sont près de 60 fois et 230 fois supérieures (point 3 et point 4 respectivement) à une valeur repère de bruit de fond de 1.6 µg/m³ issue d'une campagne dans des logements en Asie (méthode active également). La substance a été classée en catégorie A+ et « possible + ». Sa source dans l'imprimerie serait les produits de nettoyage.

Le **n-undécane** n'a pas été mis en évidence dans l'ERS pour le logement point 3 *a contrario* du logement point 4 avec un QD proche de la valeur repère pour les 2 scénarios. Il a été classé dans la catégorie A++, ce qui indique que l'imprimerie est très probablement la source de cette substance, et plus précisément les produits de nettoyage. Les concentrations obtenues par méthode active sont 5 à 10 fois supérieures (point 3 et point 4 respectivement) à la valeur médiane de la CNL OQAI (mais obtenue pas méthode passive).

5.1.2 POUR LES RISQUES SANS SEUIL :

Pour les risques à seuil, la seule substance identifiée préalablement comme traceur de l'activité imprimerie (catégorie A++) avec un potentiel enjeu sanitaire est l'**éthylbenzène**, pour des ERI proches de la valeur repère 10^{-5} (méthode passive ou active), pour les 2 scénarios et pour les 2 logements. La concentration au logement point 3 (méthode passive) est près de 4 fois supérieure à la valeur médiane de la CNL OQAI ($2,3 \mu\text{g.m}^{-3}$ par méthode passive), mais au logement point 4, la concentration est inférieure à la LQ ($0,2 \mu\text{g.m}^{-3}$).

5.2 SUBSTANCES D'INTERET SANS CONCLUSION EN L'ABSENCE DE DONNEES COMPARATIVES DE BRUIT DE FOND ET RETENUES POUR L'ERS

Parmi les 20 substances et familles de substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond et retenues pour l'ERS :

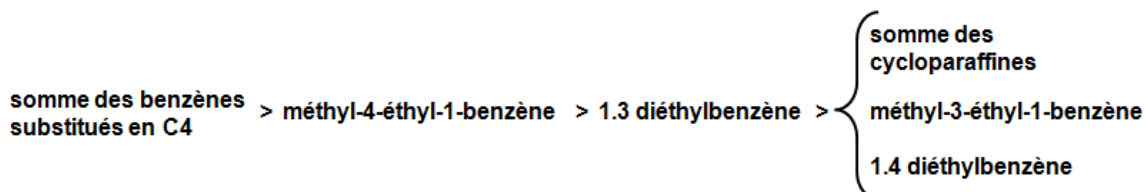
- Pour le premier scénario d'exposition (présence dans le logement 15 heures/jour moyennée sur une semaine, 47 semaines sur 52) :
 - o l'apparition d'effets sanitaires à seuil ne peut être exclue pour 4 substances et 1 famille de substances au regard des indicateurs de risques ;
 - o pas de risques sanitaires sans seuil ;
- Pour le deuxième scénario d'exposition (présence dans le logement 24h/jour tout au long de l'année) :
 - o l'apparition d'effets sanitaires ne peut être exclue pour 6 substances et 3 familles de substances au regard des indicateurs de risques ;
 - o pas de risques sans seuil.

Il est également à noter que seules des concentrations mesurées par méthode active étaient disponibles pour l'ERS de ces substances « sans conclusion », donc moins représentatives d'une exposition sur le long terme. De plus, certaines de ces substances ont été mesurées par méthode semi-quantitatives.

5.2.1 POUR LES RISQUES A SEUIL

A la différence des substances identifiées comme « traceuses », un distinguo doit être fait entre les 2 logements et les 2 scénarios choisis. Les substances pour lesquelles l'apparition d'effets sanitaires ne peut être exclue sont :

- Pour le logement « point 3 »



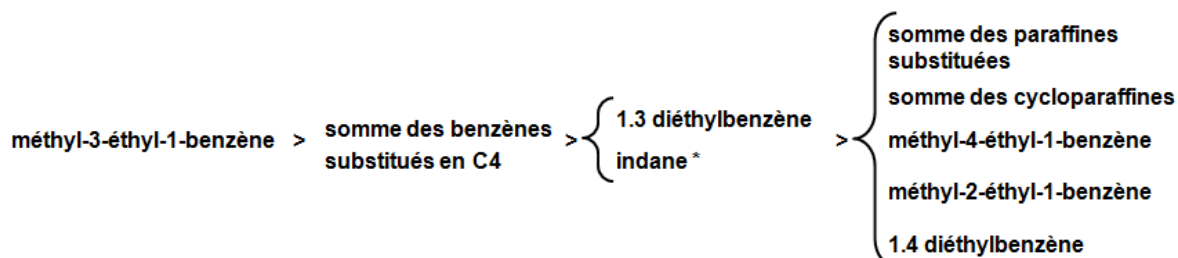
classement décroissant selon les valeurs de QD (pour des QD supérieurs ou égaux à la moitié de la valeur repère 1)

Pour le premier scénario, 3 substances ressortent de l'ERS : la **somme des benzènes en C4** et le **méthyl-4-éthyl-1-benzène** sont supérieures à la valeur repère du QD, le **1.3 diéthylbenzène** en est proche.

Pour le deuxième scénario, 3 substances supplémentaires ressortent de l'ERS avec des valeurs de QD proches de la valeur repère : la **somme des cycloparaffines**, le **méthyl-3-éthyl-1-benzène** et le **1.4 diéthylbenzène**. Le **1.3 diéthylbenzène** dépasse cette fois la valeur repère.

Ce classement est à titre indicatif et fortement entaché d'incertitudes, car en plus d'avoir été toutes mesurées par méthode active, la **somme des benzènes substitués en C4** et la **somme des cycloparaffines** ont été semi-quantifiées.

- Pour le logement « point 4 »



classement décroissant selon les valeurs de QD (pour des QD supérieurs ou égaux à la moitié de la valeur repère 1)

* : la substance Indane a été co-élue avec un benzène en C4 qui n'apparaît pas dans la classification puisque la somme des benzènes substitués en C4 a été prise en compte comme famille de substances dans l'ERS.

Pour le premier scénario, 3 substances et 1 famille de substances ressortent de l'ERS : le **méthyl-3-éthyl-1-benzène** et la **somme des benzènes en C4** et sont supérieures à la valeur repère du QD, le **1.3 diéthylbenzène** et l'**indane** en sont proches.

Pour le deuxième scénario, 5 substances supplémentaires ressortent de l'ERS avec des valeurs de QD proches de la valeur repère : la **somme des paraffines** substituées, la **somme des cycloparaffines**, le **méthyl-4-éthyl-1-benzène**, le **méthyl-2-éthyl-1-benzène** et le **1.4 diéthylbenzène**. Le **1.3 diéthylbenzène** dépasse cette fois la valeur repère.

Ce classement est à titre indicatif et fortement entaché d'incertitudes, car en plus d'avoir été toutes mesurées par méthode active, le couple [**indane + somme des benzènes substitués en C4**], la **somme des paraffines substitués** et la **somme des cycloparaffines** ont été semi-quantifiées.

Au regard de ces résultats, il s'agit principalement de substances classées en catégorie A+ sauf pour le **méthyl-2-éthyl-1-benzène** (A++) et la **somme des cycloparaffines** (B). L'ensemble de ces substances auraient potentiellement pour origine les produits nettoyants utilisés dans l'imprimerie (cf. partie 2 paragraphe 3.1.2).

5.2.2 POUR LES RISQUES SANS SEUIL

Aucune molécule du groupe de substances « sans conclusion » ne donne lieu à un dépassement de valeur repère.

5.3 SUBSTANCES SANS VTR

Les oxydes de fer et le n-pentane ont été classés en catégorie B, c'est-à-dire que les concentrations mesurées dans l'imprimerie et les logements étaient de même ordre. Les concentrations mesurées dans les logements sont supérieures aux valeurs de bruit de fond de la littérature : d'un facteur 100 à 200 pour le fer (référence issue d'une étude sur logements aux USA) et d'un facteur 10-15 pour le n-pentane (référence issue d'une campagne ERP en Europe mais en mesures passives).

En absence de VTR pour le fer (oxydes) et le n-pentane, la démarche de l'ERS n'a pas pu être déroulée pour ces deux substances.

Dans le cadre de cette étude, il s'agit d'**oxydes de fer** (pigments dans les encres utilisées dans l'imprimerie). Il en existe trois différents :

- l'oxyde de fer II ou dit « ferreux », FeO ;
- l'oxyde de fer (II, III) Fe_3O_4 ;
- l'oxyde fer III ou dit « ferrique », Fe_2O_3 .

L'inhalation de poussières ou de fumées contenant des particules de fer ou d'oxyde de fer peut provoquer la sidérose (signes de broncho-pneumopathie chronique obstructive), pneumoconiose de surcharge. En effet, les particules de fer n'exercent pas d'effet toxique en soi sur le poumon. La maladie est bénigne et tend à disparaître lorsque cesse l'exposition⁵⁴.

Pour ce qui est des risques cancérogènes, l'oxyde ferrique est classé dans la catégorie 3 du CIRC comme « *agent inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme* ».

Les concentrations mesurées dans les deux logements (6 et 9.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont largement inférieures aux concentrations en oxydes dans les milieux travailleurs⁵⁵.

⁵⁴ Officiel Prévention (Santé et sécurité au travail). Disponible sur le site : http://www.officiel-prevention.com/protections-collectives-organisation-ergonomie/risque-chimique/detail_dossier_CHSCT.php?rub=38&ssrub=69&dossierid=500

⁵⁵ Une revue bibliographique des études épidémiologiques, réalisées par l'INRS revient sur le fait que le « lien entre exposition et risque de cancer du poumon est moins évident » pour le fer entre autres [INRS, 2008]. L'« augmentation modérée mais constante des cancers du poumon existe dans de nombreuses populations exposées à des oxydes de fer »

Pour ce qui est du **n-pentane**, considérant la rapide métabolisation et excrétion de cette substance, l'accumulation dans les tissus est considérée comme faible [EU, 2003]. Il n'existe pas d'étude sur l'homme sur les conséquences d'une exposition prolongée à des hautes concentrations de n-pentane⁵⁶. Il n'y a également aucune étude disponible (humaine ou animale) pour conclure sur le caractère cancérigène, et génotoxique du n-pentane (EFSA, 2012).

(travailleurs des mines de fer, des fonderies de fer et d'acier, soudeurs d'acier doux et d'acier inoxydable et dans l'industrie sidérurgique) « mais cet effet peut être dû à des co-facteurs, et ne peut être considéré par défaut comme attribuable aux oxydes de fer. » Ainsi l'« effet cancérigène des oxydes de fer sur le poumon est débattu depuis longtemps » et les « études animales ne témoignent pas d'un effet incontestable des oxydes de fer pris isolément ». En conclusion, « les arguments épidémiologiques pour une cancérigénité (...) des oxydes de fer sont contradictoires et peu convaincants ».

⁵⁶ Cependant, une étude sur des travailleurs [Gaultier et al. 1973, citée USEPA, 1987 et le rapport du Texas Commission on Environmental Quality, 2011] rapporte des neuropathies périphériques (c'est-à-dire des atteintes des nerfs formant le système nerveux périphérique) suite à une exposition à un solvant mixte contenant 80% de n-pentane, 14% de n-heptane et 6% de n-hexane. Les concentrations et la durée d'exposition n'ont pas été spécifiées. Les résultats observés ont été attribués en présence de n-hexane. Cependant, les auteurs ont recommandé des études sur des modèles animaux pour statuer du lien entre les effets observés sur les travailleurs et le n-pentane. Deux études animales, chroniques et sub-chroniques, ont été conduites par Frontali et al. (1981) et Takeuchi et al. (1981). Les résultats de ces études ont démontrés que le n-hexane peut induire des neuropathies périphériques sous conditions expérimentales. Toutefois, ces études n'ont fourni aucune preuve que le n-pentane était neurotoxique.

CONCLUSION GENERALE

Sur la base de la campagne de mesure exploratoire conduite dans une imprimerie de centre-ville utilisant la technologie offset, il a été possible d'identifier une liste de 28 substances et 1 famille de substances comme « traceur potentiel du transfert imprimerie-logements », pour lesquelles la présence d'un transfert de l'imprimerie vers les logements est probable ou en partie probable. Par ailleurs, pour 17 substances et 5 familles de substances éligibles en tant que traceur potentiel, il n'a pas été possible de statuer sur leur rôle dans l'impact de l'imprimerie sur les logements, en raison de l'absence de données dans la littérature (substances appelées « sans conclusion » par la suite).

Une comparaison de ces substances (28 + 17) et familles chimiques (1+5) identifiées a ensuite été réalisée avec d'une part, les fiches de données de sécurité de l'imprimerie investiguée et, d'autre part, les substances usuellement utilisées dans ce secteur d'activité.

Ainsi, certaines substances retenues dans un premier temps comme traceurs de l'activité imprimerie, ont par la suite été écartées. En effet, l'exploitant a spécifié que le trichloréthylène et le dichlorométhane n'étaient plus utilisés, et que l'hexanal, le butanal et l'acétaldéhyde ne sont pas utilisés dans l'activité d'imprimerie en général. Leur source ne peut être identifiée clairement et plusieurs hypothèses sont possibles (pollution historique pour le trichloréthylène, présence d'un fumeur dans un logement, présence possible d'un atelier de réparation de meubles dans un immeuble attenant...).

De même, pour les substances « sans conclusion », le 2-éthoxy-2méthyl propane et le chloro-benzène ne semblent pas être issus de l'imprimerie.

La démarche d'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) a alors été appliquée aux (23 + 15) substances et (1+5) familles chimiques d'intérêt sélectionnées, en partant des concentrations mesurées dans les deux logements attenants à l'imprimerie investiguée.

Des indicateurs de risques (Quotient de Danger, QD, pour les effets à seuil ; Excès de Risque Individuel, ERI, pour les effets sans seuil) ont été calculés sur la base de ces scénarios d'exposition pour l'ensemble des substances retenues comme traceurs de l'activité de l'imprimerie et par mesure de précaution, pour les substances d'intérêt sans conclusion en l'absence de données comparatives de bruit de fond.

Pour certaines de ces substances, les indicateurs de risque calculés sont proches voire dépassent les valeurs repères. Au regard des incertitudes inhérentes à la démarche d'ERS et propres à cette étude de première approche, l'apparition d'effets sanitaires ne peut être exclue pour les substances suivantes :

- Effets à seuil (substances classées ci-dessous pour des QD décroissants):
 - o pour les hydrocarbures de types aromatiques :
 - le 1,2,4 – triméthylbenzène ;
 - le 1,2,3 - triméthylbenzène, les benzènes substitués en C4 et les isomères du méthyl-éthylbenzène ;
 - le n-propylbenzène, le n-undécane, les isomères du diéthylbenzène et l'indane ;
 - o pour les hydrocarbures aliphatiques : paraffines substituées et cycloparaffines ;
- Effets sans seuil : pour l'éthylbenzène, un hydrocarbure de type aromatique.

Ces substances semblent être issues préférentiellement des produits de nettoyage et plus précisément des solvants naphtha de ces produits pour les hydrocarbures aliphatiques. Ce constat sur le rôle des produits de nettoyage dans la problématique de l'activité imprimerie est conforté par l'évolution des teneurs en composés organiques volatils totaux (COVT), mesurées en temps réel, qui a mis en évidence des pics de concentration dans l'imprimerie au moment des phases de nettoyage des machines offset.

En l'absence de VTR pour les oxydes de fer (pigments des encres) et le n-pentane (produits nettoyants), une Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) n'a pas pu être réalisée pour ces deux substances.

Au-delà des conclusions rappelées ci-dessus, cette étude, qui intègre l'ensemble des volets utiles à l'évaluation des expositions dans les logements attenants à des imprimeries, a permis :

- la constitution d'une liste restreinte de substances d'intérêt pour la problématique imprimerie. En effet, aucun traceur évident n'était disponible pour ce secteur d'activité, à l'inverse du perchloroéthylène pour le secteur du nettoyage à sec. Ainsi, ces travaux fournissent une « liste socle » de traceurs pour d'éventuelles investigations complémentaires sur ce secteur d'activité ;
- l'identification des solvants de nettoyage comme possiblement la source principale des substances susceptibles d'être transférées de l'imprimerie vers les logements attenants ;
- sur la base des concentrations mesurées, la réalisation d'une première ERS pour les occupants des logements attenants, permettant de montrer que même si l'apparition d'effets sanitaires ne peut être exclue pour certaines substances, le risque reste modéré pour le site investigué.

Il est toutefois très important de borner la portée de ce dernier enseignement basé sur des hypothèses relatives aux sources des substances et dépendant de la représentativité du site d'étude et des concentrations mesurées.

De fait, des travaux complémentaires pourraient être menés afin de consolider ces premières conclusions concernant l'impact potentiel des produits de nettoyage :

- La présente étude rejoint les conclusions d'une étude menée en 2013 par le Pôle national d'Innovation de l'Imprimerie⁵⁷ sur le label Imprim'Vert® qui suggèraient le remplacement des produits de nettoyage à base de solvants. Ainsi, en synergie avec les actions de la profession actuellement en cours en termes de faisabilité technique, il serait intéressant d'approfondir les effets des solutions de substitution sur les logements attenants. Une nouvelle campagne de mesures dans l'imprimerie déjà étudiée pourrait inclure, sur une temporalité à définir, la mise en œuvre de produits lessiviels en substitution des produits de nettoyage usuellement utilisés.
- L'imprimerie investiguée est labellisée Imprim'Vert (gestion des déchets dangereux, sécurisation des stockages de liquides dangereux et non-utilisation de produit toxique) et l'atelier est bien aéré pendant la journée de travail (portes ouvertes en permanence et système de ventilation mécanique). Les produits de nettoyage sont cependant généralement du même type pour l'ensemble des imprimeries. Il est néanmoins possible que les concentrations mesurées dans l'imprimerie soient des concentrations plus faibles que dans certaines imprimeries de centre-ville non labellisée et avec un moins bon système de ventilation. Dans cette optique, il conviendrait d'approfondir, en lien avec la profession, le parc actuel des imprimeries en centre-ville (niveau de production, type de machine, produits utilisés selon la typologie de l'imprimerie : encres et produits de nettoyage), l'évolution du nombre de sites afin d'évaluer le nombre de sites présentant une situation potentiellement plus dégradée sur le plan de la qualité de l'air intérieur que le site d'étude et de disposer d'un meilleur panorama des produits de nettoyage utilisés.
- En fonction de ces éléments et de la diversité des situations observées, des tests pourraient être menés en laboratoire pour étudier la composition de différents produits de nettoyage conformes et non-conformes au label Imprim'Vert (dont ceux de l'imprimerie déjà investiguée). Un comparatif des concentrations mesurées dans la composition liquide des produits mais aussi dans la phase gazeuse qu'ils émettent permettrait de consolider les conclusions issues des présents travaux.

⁵⁷ Etude sur l'Evolution de la réglementation CLP en lien avec le critère 3 d'Imprim'vert® - Août 2013

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFEI – EuPIA, 2012 - Liste d'exclusion pour les encres d'imprimerie et produits connexes – novembre 2012.

Air Lorraine, 2012 - *Caractérisation de la qualité de l'air intérieur au CNIDEP – Bâtiment basse consommation* – Campagne de mesures en 2011.

AMIGRAF, Août 2013 - *Etude sur l'Evolution de la réglementation CLP en lien avec le critère 3 d'Imprim'vert®*

ASPA, 2009 - Campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les locaux du collège *d'Heiligenstein* – Rapport relatif à la campagne de mesures qui s'est déroulée du 26 au 30 janvier 2009.

ASPA, 2010 - *Campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les locaux du collège d'Heiligenstein* – Rapport relatif à la campagne de mesures qui s'est déroulée du 01 au 05 mars 2010.

ASPA, 2012 - *Campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur, Bureaux DIRECCTE* – Rapport relatif à la campagne de mesures qui s'est déroulée du 2 au 6 juillet 2012 dans les locaux de la DIRECCTE.

ASPA, 2013 - *Campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur, Mairie de Staffelden – bâtiment BBC* – Rapport relatif aux phases de mesures après chantier, Synthèse des résultats de l'ensemble du suivi de la qualité de l'air dans les locaux de la mairie.

AST67, 2009 – Fiche métiers de l'impression – Technique de l'offset – Juin 2007 – Mise à jour 18/05/2009 – 13 pages.

Baxter, 2007 – L.K. Baxter, J.E. Clougherty, F. Laden, J. Levy – *Predictors of concentrations of nitrogen dioxide, fine particulate matter, and particle constituents inside of lower socioeconomic status urban homes*. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology (2007) 17, 433-444.

Brown, 2002 - S.K. Brown - *Volatile organic pollutants in new and established buildings in Melbourne, Australia*. Indoor Air 2002, 12:55-63.

CRAM, 2007a – *Fiche métier de l'impression – technique de l'offset*. Rédigée par un groupe de travail, 13 pages.

CRAM, 2007b – *Fiche métier de l'impression – technique de l'héliogravure*. Rédigée par un groupe de travail, 15 pages.

DGS, 2014 - *Modalité de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques*

sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués. Note d'Information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

EFSA, 2012 - *Scientific Opinion on the evaluation of the substances currently on the list in the annex to Commission Directive 96/3/EC as acceptable previous cargoes for edible fats and oils – Part II of III*. EFSA Journal 2012; 10(5):2703

EU, 2003 - European Union - *Risk Assessment Report - n-Pentane Risk Assessment*. Volume 40. Oslo, Norway. 2003

Gallego, 2009 – E. Gallego, X. Roca, J.F. Perales, X. Guardino - *Determining indoor air quality and identifying the origin of odour episodes in indoor environments*. Journal of Environmental Sciences 21(2009) 333-339.

Geiss, 2011 – O. Geiss, G. Giannopoulos, S. Tirendi, J. Barrero-Moreno, B.R. Larsen et D. Kotzias - *The AIRMEX study – VOC measurements in public buildings and schools/kindergardens in eleven European cities: Statistical analysis of the data*. Atmospheric Environment 45 (2011) 3676-3684.

GerES, 2008 - *Vergleichswerte für flüchtige organische Verbindungen (VOC und Aldehyde) in der Innenraumluft von Haushalten in Deutschland*, Ergebnisse des repräsentativen Kinder-Umwelt- Surveys (KUS) des Umweltbundesamtes, Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 51: 109-112.

Gokhale, 2008 – S. Gokhale, T. Kohajda et U. Sclink - *Source apportionment of human personal exposure to volatile organic compounds in homes, offices and outdoors by chemical mass balance and genetic algorithm receptor models*. Science of the Total Environment 407 (2008) 122-138.

IDEP, 2012 – Observatoires des secteurs de la Communication graphique – Données chiffrées 2012, 7 pages.

IDEP, 2013 – Rapport annuel sur les marchés de la Communication graphique – Regards Editions 3013 – 56 pages.

INERIS, 2003 – *Substances chimiques, Évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées*. ISBN 2-85498-0023-9. <http://www.ineris.fr>

INERIS, 2005 – L. Delery – *Note sur les produits de substitution du perchloroéthylène dans les installations de nettoyage à sec* – ERSA- 05 n°9, 21 pages.

INERIS, 2008a – L. Delery - *Petites activités non soumises à autorisation à l'origine de pollutions de proximité en environnement urbain : Revue de la littérature et choix des installations prioritaires pour évaluer les risques sanitaires pour la population générale*. DRC-08-94882-05862A.

INERIS, 2008b – *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – Tétrachloroéthylène*, 60 pages.

INERIS, 2009a – M. Durif et S. Tissot – *Synthèse des travaux menés par l'INERIS sur la problématique de l'utilisation du perchloroéthylène par les installations de nettoyage à sec*. DRC-09-104067-09535A, 8 pages.

INERIS, 2009b – L. Chiappini – *Évaluation de la faisabilité d'une campagne de mesure dans une installation de nettoyage à sec utilisant du Décaméthylcyclopentasiloxane (D5)*. Rapport d'étude DRC-09-104121-09568A, 33 pages.

INERIS, 2010 – L. Chiappini, R. Gaucher et J. Larbre – *État des lieux des technologies alternatives au nettoyage à sec au perchloroéthylène*. DRC-11-109458-01733B, 107 pages.

INERIS, 2011 - *Évaluation des risques sanitaires liés à l'activité des imprimeries installées dans les centres urbains*. DRC-11-109458-01874A.

INERIS, 2013 - *Démarche intégrée pour l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires. Première édition - août 2013*. DRC-12-125929-13162B.

INRS, 1999 – Fiche toxicologique n°106 – Solvants naphta et solvants aromatiques – 1^{er} trimestre 1999 – 5 pages.

INRS, 2003 – *Évaluation et prévention des risques dans les petites imprimeries offset*. Dossier médico-technique 94 TC 92, p 109 – 150.

INRS, 2008 – P.Wild, E. Bourgkard, C. Paris– *Dossier médico-technique (dmt). Cancer du poumon et exposition professionnelle aux métaux : une revue des études épidémiologiques*. Document pour le médecin du travail. N°114 2^{ème} trimestre 2008.

INRS, 2008 – *Réduire les émissions de composés organiques volatils dans l'imprimerie offset*. ED 6031, 4 pages.

INRS, 2010 – *Encres et vernis d'impression – Composition, risques toxicologiques et mesures de prévention*. Aide-mémoire technique ED 6069, 32 pages.

INRS, 2011 – *Panorama des expositions professionnelles à des composés organiques volatils entre 2003 et 2010*. Hygiène et Sécurité du travail - 4^{ème} trimestre 2011. ND 2349-225-11

INRS, 2012a - FAR 9 – Fiche d'aide au repérage des substances CMR – Métiers de l'impression – 10/10/2012 – 3 pages.

INRS, 2012b - FAR 21 – Fiche d'aide au repérage des substances CMR – Métiers du bois 10/10/2012 – 3 pages.

INVs, 2000 - *Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact*. Institut de Veille Sanitaire. Consultable sur Internet : www.invs.sante.fr

InVS, 2010 - A. Zeghnoun et F. Dor - *Description du budget espace-temps et estimation de l'exposition de la population française dans son logement*. Saint-

Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, octobre 2010, 37 p. Disponible sur : www.invs.sante.fr

Jia, 2008 – C. Jia, S. Batterman et C. Godwin - *VOCs in industrial, urban and suburban neighborhoods, Part 1 : Indoor and Outdoor concentrations, variation, and risk drivers*. Atmospheric Environment 42 (2008) 2083-2100.

Jia, 2010 - C. Jia, S. Batterman, C. Godwin, S. Charles et J.-Y. Chin. *Sources and migration of volatile organic compounds in mixed-use buildings*. Indoor Air 2010, 20:357-369.

Johnson , 2010 – M.M. Johnson, R. Williams, Z. Fan, L. Lin, E. Hudgens, J. Gallagher, A. Vette, L. Neas et H. Özkaynak - *Participant-based monitoring of indoor and outdoor nitrogen dioxide, volatile organic compounds, and polycyclic aromatic hydrocarbons among MICA-Air households*. Atmospheric Environment 44 (2010) 4927-4936.

LCSQA, 2008 – *Air intérieur – Indicateurs optiques pour la mesure massique des particules dans les environnements intérieurs*. [DRC-08-94302-15168]

Leung, 2005 – MKH Leung, CH Liu, AHS Chan – *Occupational exposure to volatile organic compounds and mitigation by push-pull local exhaust ventilation in printing plants*. Journal of Occupational Health, 47 (6), 540 – 547.

Mackison, 1981 - Mackison, F. W., R. S. Stricoff, and L. J. Partridge, Jr. (eds.). NIOSH/OSHA - Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards. DHHS(NIOSH) Publication No. 81-123 (3 VOLS). Washington, DC: U.S. Government Printing Office, Jan. 1981.

Marchand, 2006 - C. Marchand, B. Bulliot et S. Le Calvé - *Aldehyde measurements in indoor environments in Strasbourg (France)*. Atmospheric Environment. Vol. 40, p1336–1345.

McKee, 1998 – R. McKee, E. Frank, J. Heath, D. Owen, R. Przygoda, G. Trimmer and F. Whitman. *Toxicology of n-pentane (CAS No. 109-66-0)*. J Appl Toxicol 18(6):431-442.

Nedellec, 1998 – V. Nedellec, D. Courgeau, P. Empereur-Bissonnet - *La durée de résidence des français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués*. Energie Santé, 1998, 9 (4) 503-514.

NRC, 1983 – *National Research Council, Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks for Public Health. Risk Assessment in the Federal Government: managing the process*, Nat. Acad. Press Washington.

NRC, 2009 – *National Research Council, Committee on Improving Risk Analysis Approaches. Science and Decisions: Advancing Risk Assessment*, Nat. Acad. Press Washington.

OMCG, 2009 – *Regard sur les marchés des industries graphiques*. Rapport annuel 2009, 48 pages.

OMCG, 2010 – *La lettre économique*, n°6 mars 2010, 26 pages.

O'Neil, 2006a - [O'Neil, M.J. (ed.). *The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 2006., p. 647]

O'Neil, 2006b - [O'Neil, M.J. (ed.). *The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 2006., p. 351]

OQAI, 2004 - *Actualisation des données françaises sur la Qualité de l'Air Intérieur (2011-2004)*, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, 2004.

OQAI, 2007 – Campagne Nationale Logements : état de la Qualité de l'Air Intérieur dans les logements français. Rapport Final. DDD/SB - 2006-57. Novembre 2006. Mise à jour mai 2007.

OQAI, 2009 - *Mise à jour de la veille documentaire sur les études d'envergure relative à la qualité de l'air intérieur à l'étranger (2004-2009)*, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, 2009.

Pegas, 2010 - P.N. Pegas, M.G. Evtyugina, C.A. Alves, T. Nunes, M. Cerqueira, M. Franchi, C. Pio, S.M. Almeida et M. do Carmo Freitas - *Outdoor/indoor air quality in primary schools in Lisbon : A preliminary study*. Quimica Nova, Vol.33, No5, 1145-1149, 2010.

Pegas, 2011 - P.N. Pegas, C.A. Alves, M.G. Evtyugina, T. Nunes, M. Cerqueira, M. Franchi, C.A. Pio, S.M. Almeida et M.C. Freitas - *Indoor air quality in elementary schools of Lisbon in spring*. Environment Geochemistry Health (2011) 33:455-468.

Piquet, 2002 – M. Piquet - *Évaluation de l'impact sanitaire des installations de traitement de surface et d'application des peintures, vernis et encres : cas des imprimeries*. Mastère d'ingénierie et de gestion de l'environnement – Thèse professionnelle, 142 pages.

Svendsen, 2000 – K. Svendsen et K.S. Rognes – *Exposure to organic solvents in the offset printing industry in Norway*. Ann. Occup. Hyg. 44 (2), 119-124.

SVP, 2010 – A-C. Henkes et L. Flattard – *Synthèse Marché – l'imprimerie en France*. Dossier OXB4D, 21 pages.

Thana, 2007 - K. Thanacharoenchanaphas, A. Changsuphan, T. Thongsri, S. Phetkasem and C. Lertkanawanitchakul – *Formaldehyde and isopropyl alcohol emissions from sheetfed offset lithographic printing operations in printing house in Thailand*. The 6th International Conference IAQVEC, Oct. 28 - 31 2007, Sendai, Japan – 5 pages.

TPH, 1998 - Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series, volumes 1 à 5. 1998

US EPA, 2011 - Exposure Factor Handbook 2011 Edition (Final), Washington, DC, EPA/600/R-09/052F, 2011.

Verhoeff, 1987 – AP. Verhoeff, MMW. Wilders, AC. Monster, JH. van Wijnen – *Organic-solvents in the indoor air of 2 small factories and surrounding houses*. International Archives of Occupational and Environmental Health, 59 (2), 153-163.

Verhoeff, 1988 – AP. Verhoeff, J. Suk and JH. Van Wijnen – *Residential indoor air contamination by screen printing plants*. International Archives of Occupational and Environmental Health, 60 (3), 201-209.

Wadden, 1995 – R. A. Wadden, P. A. Scheff, J. E. Franke, L. M. Conroy, M. Javor, C. B. Keil and S. A. Milz – *VOC Emission Rates and Emission Factors for a Sheetfed Offset Printing Shop*. American Industrial Hygiene Association Journal, 56 (4), 368-376.

Schlink, 2010 – U. Schlink, A. Thiem, T. Kohajda, M. Richter et K. Strebel - *Quantile regression of indoor air concentrations of volatile organic compounds (VOC)*. Science of the Total Environment 408 (2010)3840-3851.

Stranger, 2008 - M. Stranger, S.S. Potgieter-Vermaak et R. Van Grieken. *Characterization of indoor air quality in primary schools in Antwerp, Belgium*. Indoor Air 2008, 18:454-463.

Takeuchi, 1981. Y. Takeuchi, Y. Ono, N. Hisanga. *A comparative study of the toxicity of n-pentane, n-hexane and n-heptane to the peripheral nerve of the rat*. Clin. Toxicol 1981 18: 1395-1402.

Tanaka-Kagawa, 2005 – T. Tanaka-Kagawa, S. Uchiyama, E. Matsushima, A. Sasaki, H. Kobayashi, H. Kobayashi, M. Yagi, M. Tsuno, M. Arao, K. Ikemoto, M. Yamasaki, A. Nakashima, Y. Shimizu, Y. Otsubo, M. Ando, H. Jinno et H. Tokunaga - *Survey of volatile organic compounds found in indoor and outdoor air samples from Japan*. Bulletin of National Institute of Health Sciences, 2005; 123:27–31.

TCEQ, 2011 – Texas Commission on Environmental Quality, Chief Engineer's Office. *Pentane, All Isomers*. Development Support Document. Final, July 29, 2011. Accessible 2013

USEPA, 1987 - *Health Effects Assessment for n-Pentane*. Washington, D.C., EPA/600/8-88/048 (NTIS PB88179528). Available from: <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=45187>

Weisel, 2006 – C.P. Weisel - *Investigation of indoor air sources of VOC contamination, Final Report*. Environmental and Occupational Health Sciences Institute, RWJMS/UMDNJ, New Jersey, October 2006.

Zhu, 2005 – J. Zhu, R. Newhook, L. Marro et C.C. Chan - *Selected volatile organic compounds in residential air in the city of Ottawa, Canada*. Environmental Science & Technology 2005, 39, 3964-3971.

ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Liste des produits utilisés en imprimerie, constituée dans le cadre de l'étude sur l'Evolution de la réglementation CLP en lien avec le critère 3 d'Imprim'Vert®	5
Annexe 2	Emplacement des différents points de mesure	1
Annexe 3	Questionnaires fournis aux participants de l'étude	3
Annexe 4	Suivi temporel des concentrations des paramètres mesurées dans l'imprimerie et le logement par méthodes automatiques	3
Annexe 5	Distributions statistiques journalières (boîtes à moustaches) des concentrations des paramètres mesurées dans l'imprimerie et le logement par méthodes automatiques	2
Annexe 6	Etude de la variabilité journalière des concentrations en COV Totaux et particules mesurées par méthodes automatiques dans l'imprimerie et le logement	1
Annexe 7	Mise en parallèle des teneurs en CO ₂ , PM10 et COVT dans l'imprimerie et dans le logement	1
Annexe 8	Comparatif des niveaux de concentration des COV par prélèvement passif entre les différents points de mesure	1
Annexe 9	Compilation des données de la littérature sur les niveaux de concentrations en air intérieur de logement et d'ERP	3
Annexe 10	Produits utilisés par l'imprimerie, composition	2
Annexe 11	Tableau des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) recensées dans les bases de données, pour les substances et familles chimiques considérées comme des traceurs de l'activité Imprimerie	2
Annexe 12	Tableau des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) recensées dans les bases de données, pour les substances et familles chimiques d'intérêt « sans conclusion » en l'absence de données comparatives de bruit de fond	1
Annexe 13	Résultats des calculs d'exposition, des risques à seuil et sans seuil pour les substances et familles chimiques considérées comme des traceurs de l'activité Imprimerie	1
Annexe 14	Résultats des calculs d'exposition, des risques à seuil et sans seuil pour les substances et familles chimiques d'intérêt « sans conclusion » en l'absence de données comparatives de bruit de fond	1

ANNEXE 1

Liste des produits utilisés en imprimerie, constituée dans le cadre de l'étude sur l'Evolution de la réglementation CLP en lien avec le critère 3 d'IMPRIM'VERT®

AMIGRAF

Nom du mélange	Nom de la substance	N° CAS	%age substance	ancien picto (DSD)	picto	Classement SGH			CMR		Etiquetage toxique substance		Bilan toxicité mélange
						Numéro risque	Catégorie risque	Dénomination du risque	Indicateur	Niveau	DSD	SGH	
Alcool Isopropylique	Alcool Isopropylique	67-63-0	N.C.	4 & 7	3 & 6	H225	2	Liquide et vapeurs très inflammables	CIRC	3	Non	Non	Non
						H319	2A	Provoque une sévère irritation des yeux	ACGIH	4			
						H336	3	Peut provoquer somnolence ou des vertiges					
Brialite Emulsion	Mélange d'hydrocarbures désaromatisés	64742-48-9	< 40 %	2	1	H340	1B	Peut induire des anomalies génétiques	CIRC	3	Oui	Oui	Oui
						H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (P)			
						H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires		M1B (P)			
		Acides minéraux	7664-38-2	< 5 %	8	5	H314	1B	Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves	N.C.	N.C.	Non	Non
Crémoline	Hydrocarbures désaromatisés	64742-48-9	< 25 %	2	1	H340	1B	Peut induire des anomalies génétiques	CIRC	3	Oui	Oui	Oui
						H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (P)			
						H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires		M1B (P)			
	Hydrocarbures terpéniques	8028-48-6	< 25 %	4	3 & 6	H226	3	Liquide et vapeurs très inflammables	N.C.	N.C.	Non	Non	Oui
						H315	2	Provoque une irritation cutanée					
						H319	2	Provoque une sévère irritation des yeux					
						H335	3	Peut irriter les voies respiratoires					
Déglaceur SMC/R*	Solvants désaromatisés	64742-48-9	< 50 %	2	1	H340	1B	Peut induire des anomalies génétiques	CIRC	3	Oui	Oui	Oui
						H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (P)			
						H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires		M1B (P)			
	Solvantes aromatique	64742-95-6	< 34 %	2	1	H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires	CIRC	3	Oui	Oui	Oui
						H340	1B	Peut induire des anomalies génétiques	UE	C1B (P)			
						H350	1B	Peut provoquer le cancer		M1B (P)			
	Hydrocarbures terpéniques	8028-48-6	< 10 %	4	3 & 6	H226	3	Liquide et vapeurs très inflammables	N.C.	N.C.	Non	Non	Oui
						H315	2	Provoque une irritation cutanée					
						H319	2	Provoque une sévère irritation des yeux					
						H335	3	Peut irriter les voies respiratoires					
Dentrinol	Methoxymethylethoxy-Propanol	34590-94-8	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	Non	Non	Non
Eau de mouillage	Eau de mouillage osmosée	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	Non	Non	Non
Gomme LD	Gomme naturelle stabilisée et agent gommant	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	Non	Non	Non

AMIGRAF

Nom du mélange	Nom de la substance	N° CAS	%age substance	ancien picto (DSD)	picto	Classement SGH			CMR		Etiquetage toxique substance		Bilan toxicité mélange
						Numéro risque	Catégorie risque	Dénomination du risque	Indicateur	Niveau	DSD	SGH	
Isobiol	Solvants désaromatisés	64742-48-9	< 60 %	2	1	H340	1B	Peut induire des anomalies génétiques	CIRC	3	Oui	Oui	Oui
						H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (P)			
						H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires		M1B (P)			
	Huile minérale	8042-47-5	< 25 %	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	CIRC	3	Non	Non		
	Anti-oxydant	128-37-0	< 10 %	3 & 4 & 9	3 & 9	H302	4	Nocif en cas d'ingestion	CIRC	3	Non	Non	
						H315	2	Provoque une irritation cutanée	ACGIH	4			
						H319	2	Provoque une sévère irritation des yeux					
						H411	2	Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme					
	Gaz propulseurs	74-98-6	N.D.	6	6 & 8	H220	1	Gaz extrêmement inflammable	N.C.	N.C.	Non	Non	
						H280	Gaz comprimé	Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur					
		106-97-8	N.D.	6	6 & 8	H220	1	Gaz extrêmement inflammable					
						H280	Gaz comprimé	Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur					
		75-28-5	N.D.	6	6 & 8	H220	1	Gaz extrêmement inflammable					
						H280	Gaz comprimé	Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur					
Lavoline	Solvants désaromatisés	64742-48-9	< 70 et 80 %	2	1	H340	1B	Peut induire des anomalies génétiques	CIRC	3	Oui	Oui	Oui
						H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (P)			
						H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires		M1B (P)			
Nettoyant RM	Hydrocarbures désaromatisés	142-82-5	< 60 %	3 & 7 & 9	1 & 3 & 6 & 9	H225	2	Liquide et vapeurs très inflammables	N.C.	N.C.	Non	Oui	Oui
						H315	2	Provoque une irritation cutanée					
						H336	3	Peut provoquer somnolence ou des vertiges					
						H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires					
						H410	1	Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme					
	Ethanol	64-17-5	< 40 %	7	6	H225	2	Liquide et vapeurs très inflammables	CIRC	1	Non	Non	
									ACGIH	3			
									NTP	K			
									CAL/EPA				

Imprimerie NORV

Nom du mélange	Nom de la substance	N° CAS	%age substance	ancien picto (DSD)	picto	Classement SGH			CMR		Etiquetage toxique substance		Bilan toxicité mélange
						Numéro risque	Catégorie risque	Dénomination du risque	Indicateur	Niveau	DSD	SGH	
Alcool Isopropylique	Alcool Isopropylique	67-63-0	N.C.	4 & 7	3 & 6	H225	2	Liquide et vapeurs très inflammables	CIRC	3	Non	Non	Non
						H319	2A	Provoque une sévère irritation des yeux	ACGIH	4			
						H336	3	Peut provoquer somnolence ou des vertiges					
DC Varnish SF GLOSS	docusate sodique	577-11-7	2,5<5	4	3 & 5	H302	4	Nocif en cas d'ingestion	N.C.	N.C.	Non	Non	Non
						H315	2	Provoque une irritation cutanée					
						H318	1	Provoque des lésions oculaires graves					
	2-(2-butoxyéthoxy)éthanol	112-34-5	1<2,5	4	3	H319	2A	Provoque une sévère irritation des yeux	N.C.	N.C.	Non	Non	
Eau distillée	Eau distillée	7732-18-5	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	Non	Non	Non
Uniwash 4G/4.0	Naphta lourd (pétrole), hydrotraités (C10-C13)	64742-48-9	80-< 100 %	2	1	H340	1B	Peut induire des anomalies génétiques	CIRC	3	Oui	Oui	Oui
						H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (P)			
						H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires		M1B (P)			
	Tension actif non ionique	26183-52-8	0,3-<1%	3	3 & 5	H302	4	Nocif en cas d'ingestion	N.C.	N.C.	Non	Non	
						H318	1	Provoque des lésions oculaires graves					
Solvant 60 SK FP	Solvant Safety Kleen Fontaine à solvant	64742-48-9	N.C.	2	1	H340	1B	Peut induire des anomalies génétiques	CIRC	3	Oui	Oui	Oui
						H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (P)			
						H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires		M1B (P)			
Saphira Clean (données non disponibles)	Sel de disodium d'acide benzènesulfonique,décyl(sulfophénoxy)-	36445-71-3	0,5 - 1,0	4 & 9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	Sel de disodium d'acide benzènesulfonique,oxybis(décyl)-	70146-13-3	0,1 - 0,5	4 & 9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
Vitagom	Alcool Benzylique	100-51-6	50 < C < 60	3	3	H302	4	Nocif en cas d'ingestion	N.C.	N.C.	Non	Non	Oui
						H332	4	Nocif par inhalation					
	Hydrocarbures C9-C12	64742-82-1	15 < C < 20	3 & 9	1	H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires	CIRC	3	Non	Oui	
						H340	1B	Peut induire des anomalies génétiques	UE	C1B (P)			
						H350	1B	Peut provoquer le cancer		M1B (P)			
	Hydrocarbures C9 aromatique	64742-95-6	< 34 %	2	1	H304	1	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires	CIRC	3	Non	Oui	
						H340	1B	Peut induire des anomalies génétiques	UE	C1B (P)			
						H350	1B	Peut provoquer le cancer		M1B (P)			

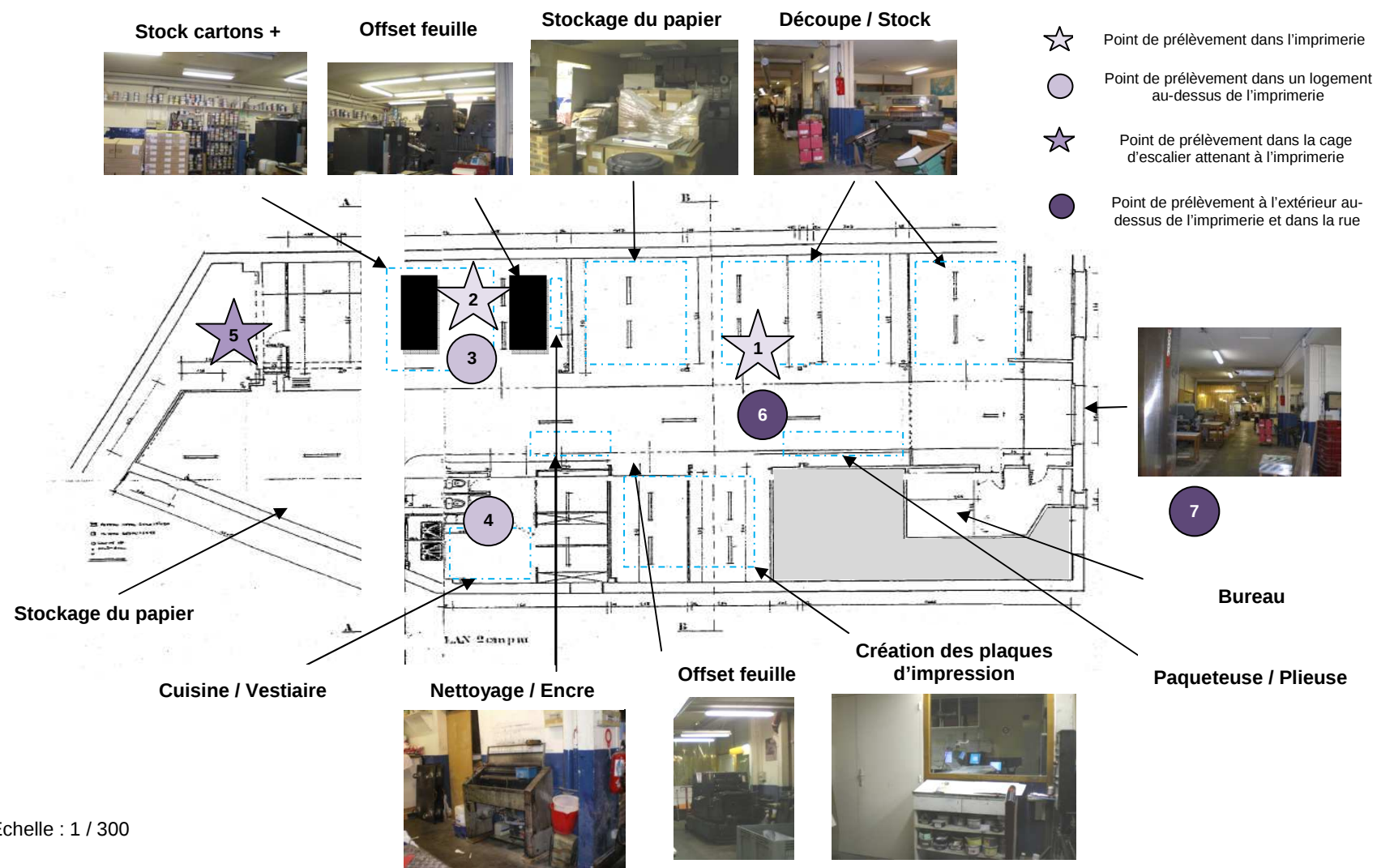
Nom du mélange	Nom de la substance	N° CAS	%age substance	ancien picto (DSD)	picto	Classement SGH			CMR		Etiquetage toxique substance		Bilan toxicité mélange
						Numéro risque	Catégorie risque	Dénomination du risque	Indicateur	Niveau	DSD	SGH	
Noir Américain 22367/60	Distillats moyens (pétrole) hydrotraités	64742-46-7	10-15 %	2	1	H350	1B	Peut provoquer le cancer	CIRC	3	Oui	Non	Non
	Distillats moyens (pétrole) distillation directe	64741-44-2	5-10 %	3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		Non	
Substifix-AF 831729 (avec alcool Iso)	1-propoxypronapne-2-ol	1569-01-3	5-10 %	???	3 & 6	H226	3	Liquide et vapeurs inflammables	N.C.	N.C.	Non	Non	Non
						H315	2	Provoque une irritation cutanée					
						H319	2	Provoque une sévère irritation des yeux					
						H335	3	Peut irriter les voies respiratoires					
	(2-propanol)	67-63-0	2,5-5 %	4 & 7	3 & 6	H225	2	Liquide et vapeurs très inflammables	CIRC	3	Non	Non	
						H319	2A	Provoque une sévère irritation des yeux	ACGIH	4			
						H336	3	Peut provoquer somnolence ou des vertiges					
	Bronopol	52-51-7	< 0,5 %	3 & 9	3 & 5 & 9	H312	4	Nocif par contact cutané	N.C.	N.C.	Non	Non	
						H302	4	Nocif en cas d'ingestion					
						H318	1	Provoque des lésions oculaires graves					
						H315	2	Provoque une irritation cutanée					
						H335	3	Peut irriter les voies respiratoires					
	Mélange	55965-84-9	2-<0,06 %	4	2 & 5 & 6	H400	1	Très toxique pour les organismes aquatiques	N.C.	N.C.	Non	Non	
						H315	2	Provoque une irritation cutanée					
						H317	1	Peut provoquer une allergie cutanée					
						H319	2	Provoque une sévère irritation des yeux					
Inkrdible Resista F50 RS	Matières premières renouvelables	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	Non	Non	Non
Acrylac Specific print Matt	Docusate sodique	577-11-7	2,5<5	4	3 & 5	H302	4	Nocif en cas d'ingestion	N.C.	N.C.	Non	Non	Non
						H315	2	Provoque une irritation cutanée					
						H318	1	Provoque des lésions oculaires graves					
Alchemy Reichgold 46A2000	Distillats moyens (pétrole), traités à l'acide	64742-13-8	20-30 %	2	1	H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (N)	Oui	Non	Non
	Distillats moyens (pétrole), raffinés au solvant	64741-91-9	5-10 %	2	1	H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (N)	Oui	Non	
Alchemy Silber 46A3000	Distillats moyens (pétrole), traités à l'acide	64742-13-8	20-30 %	2	1	H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (N)	Oui	Non	Non
	Aluminium en poudre	7429-90-5	15-20 %	7	6	H261	2	Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables	ACGIH	4	Non	Non	
	Distillats moyens (pétrole), raffinés au solvant	64741-91-9	10-15 %	2	1	H350	1B	Peut provoquer le cancer	UE	C1B (N)	Oui	Non	
Pantone	C.I. pigment bleu 1	1325-87-7	1-2,5 %	9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	C.I. pigment violet 3	1325-82-2	1-2,5 %	9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	

Produits individuels

Nom du mélange	Nom de la substance	N° CAS	%age substance	ancien picto (DSD)	picto	Classement SGH			CMR		Etiquetage toxique substance		Bilan toxicité mélange
						Numéro risque	Catégorie risque	Dénomination du risque	Indicateur	Niveau	DSD	SGH	
Hydrokett-2000 (Flint group)	(2-méthoxyméthylethoxy)prop anol	34590-94-8	1-2,5 %	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	Non	Non	Non
	(2-propanol)	67-63-0	1-2,5 %	4 & 7	3 & 6	H225	2	Liquide et vapeurs très inflammables	CIRC	3	Non	Non	
						H319	2A	Provoque une sévère irritation des yeux	ACGIH	4			
						H336	3	Peut provoquer somnolence ou des vertiges					

ANNEXE 2

Emplacement des différents points de mesure



ANNEXE 3

Questionnaires fournis aux participants de l'étude

Logement n°:
Date :

RECOMMANDATIONS POUR LE BON FONCTIONNEMENT DE L'ETUDE

Tout d'abord, merci d'avoir accepté de participer à cette étude.

Pour faciliter l'exploitation des résultats de mesure et pour ne pas perturber les mesures d'air intérieur de votre logement, nous souhaiterions à la mesure du possible que vous évitiez à proximité des appareils de mesure :

- de fumer
- d'utiliser un parfum ou un désodorisant intérieur
- d'appliquer du vernis à ongles
- de réaliser des activités artistiques

Mais aussi :

- de manipuler les appareils de mesure.

AVIS GENERAL

Les objectifs de l'étude vous ont-ils été présentés clairement ?

Oui

Non.....

Commentaires :

Au regard des éléments transmis, pensez-vous avoir été assez informés par rapport à notre intervention ?

Oui

Non.....

Commentaires :

Les moyens mis en place dans votre logement vous ont-ils gênés ?

D'un point de vue de l'encombrement ?

Oui

Non.....

Commentaires :

Les moyens mis en place dans votre logement étaient-ils bruyants ?

Oui

Non.....

Commentaires :

Si vous aviez l'occasion de participer à une autre campagne de prélèvement d'air intérieur pour l'INERIS, accepteriez-vous de nouveau d'y participer ?

Oui

Non.....

Commentaires :

ACTIVITES DOMESTIQUES DURANT LA CAMPAGNE DE PRELEVEMENT

Les informations suivantes auront pour but d'expliquer à titre indicatif les résultats obtenus.

Quelqu'un a-t-il fumé durant la semaine de prélèvement :

Oui à l'extérieur (balcon, fenêtre).....	
Oui dans la cuisine	
Oui dans le séjour	
Oui dans la chambre	
Oui dans une autre pièce, préciser :	
Non	

Combien de temps cuisinez-vous par jour :

< 1 heure	
1 heure - 2 heures	
2 heures - 4 heures	
> 4 heures	

Y a-t-il un meuble récent (< 1 an) :

Massif, préciser l'âge, le nombre et dans quelle pièce :	
Aggloméré - contreplaqué, préciser l'âge, le nombre et dans quelle pièce :	

Travaux

Avez-vous fait des travaux au cours des 12 derniers mois dans l'habitat :

Oui	
Non	

Si oui, PRECISION :

0 = toutes les pièces, 1 = salon, 2 = chambre sujet, 3 = autre chambre, 4 = cuisine, 5 = pièces d'eau, 6 = autre

NATURE DES TRAVAUX	1. Travaux achevés 2. Travaux en cours	Depuis combien de mois	Dans quelle pièce	Utilisation de colle Oui/Non
1. Papiers-peints, textiles muraux	1 2			
2. Peinture intérieure	1 2			
3. Vitrification	1 2			
4. Traitement du bois	1 2			
5. Moquettes	1 2			
6. Sols plastiques, linoléum	1 2			
7. Carrelage, faïence, marbre	1 2			
8. Parquet vitrifié	1 2			
9. Parquet aggloméré	1 2			
10. Lambris en bois	1 2			
11. Lambris en PVC	1 2			
12. Isolation des murs, des combles	1 2			
13. Isolation du sol	1 2			
14. Isolation des fenêtres	1 2			
15. Menuiseries extérieures, vitrage	1 2			
16. Aménagements intérieurs (cuisine, placard, cheminée)	1 2			
17. Chauffage, eau chaude sanitaire	1 2			
18. Ventilation	1 2			
19. Autres travaux à préciser :	1 2			

Ménage

Est-ce que quelqu'un a utilisé des produits d'entretien :

1. Désodorisants (aérosols, etc ...)
2. Nettoyant pour surfaces
3. Autre (préciser) :

oui / non (si oui,
dans quelles pièces)

Avez-vous utilisé des désodorisants d'intérieur :

1. Aérosol, pistolet ou vaporisateur
2. Diffuseur mèche, gel
3. Bougie, lampe, encens
4. Autre cas préciser :

oui / non (si oui,
dans quelles pièces)

Où stockez-vous les produits mentionnés dans les 2 questions précédentes :

- Cuisine
- Salon
- Salle de bains
- Autre, préciser

Aération du logement

Combien de temps, en moyenne par jour, avez-vous aéré votre logement par l'ouverture d'une fenêtre durant la semaine :

La cuisine :

- Vous n'avez pas aéré
- Moins d'une 1/2 heure
- D'une 1/2 heure à 1 heure
- De 1 heure à 2 heures
- De 2 heures à 5 heures
- Plus de 5 heures

La (ou les) chambre(s) :

- Vous n'avez pas aéré
- Moins d'une 1/2 heure
- D'une 1/2 heure à 1 heure
- De 1 heure à 2 heures
- De 2 heures à 5 heures
- Plus de 5 heures

Le salon :

- Vous n'avez pas aéré
- Moins d'une 1/2 heure
- D'une 1/2 heure à 1 heure
- De 1 heure à 2 heures
- De 2 heures à 5 heures
- Plus de 5 heures

Quel combustible principal utilisez-vous pour cuisiner :

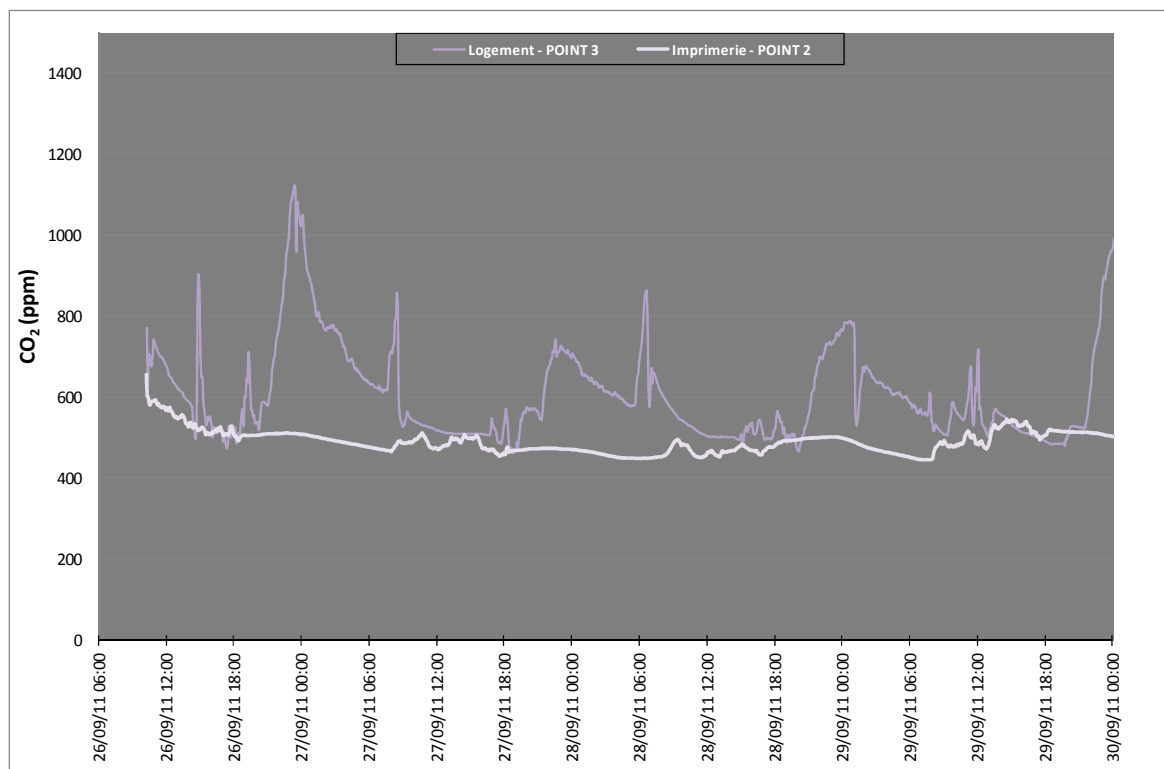
- Butane ou propane (en bouteille ou en citerne)
- Gaz de ville
- Electricité, vitro-céramique, induction
- Autre, préciser :

Avez-vous pratiqué une activité artistique ?

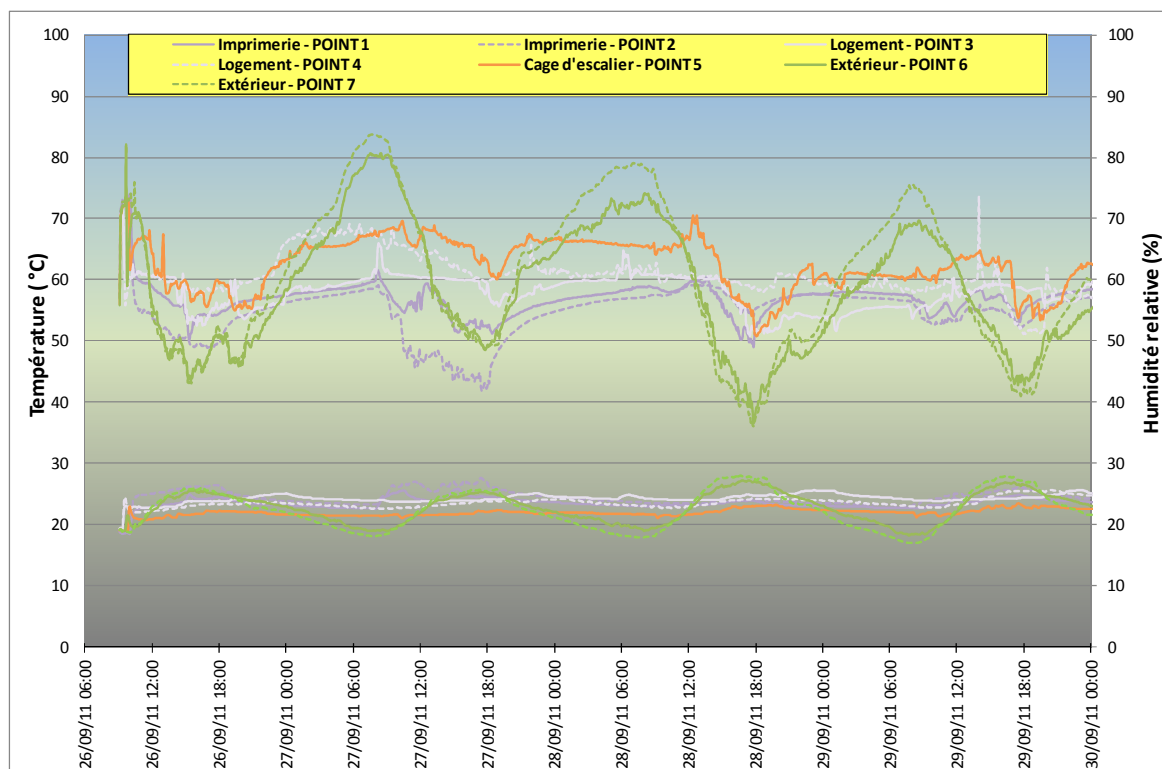
- Peinture
- Bricolage
- Autre, préciser :

ANNEXE 4

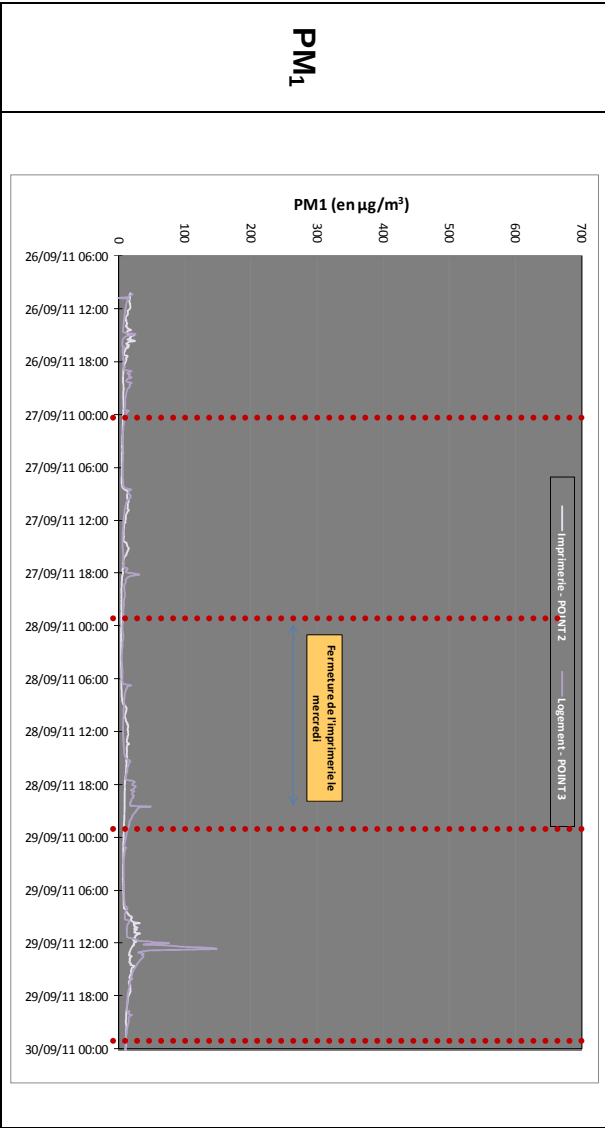
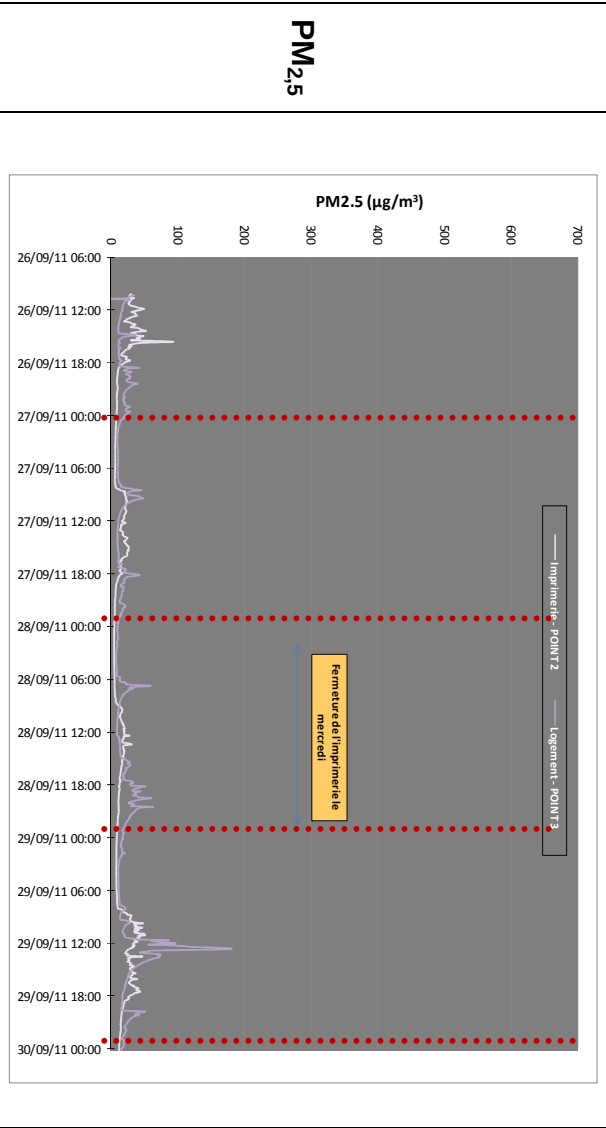
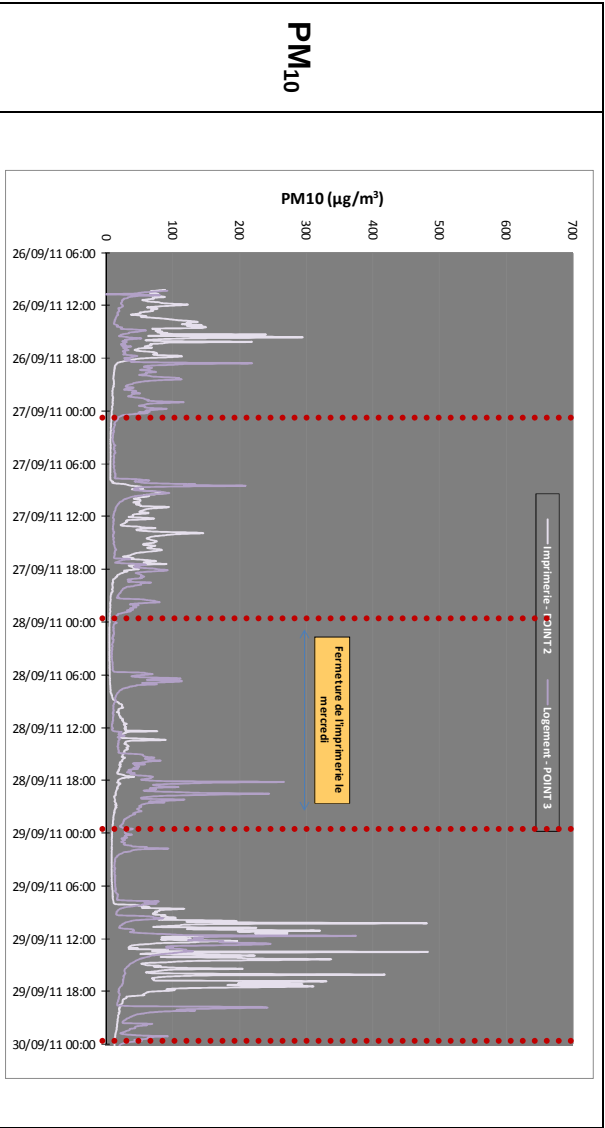
Suivi temporel des concentrations des paramètres mesurées
dans l'imprimerie et le logement par méthodes automatiques



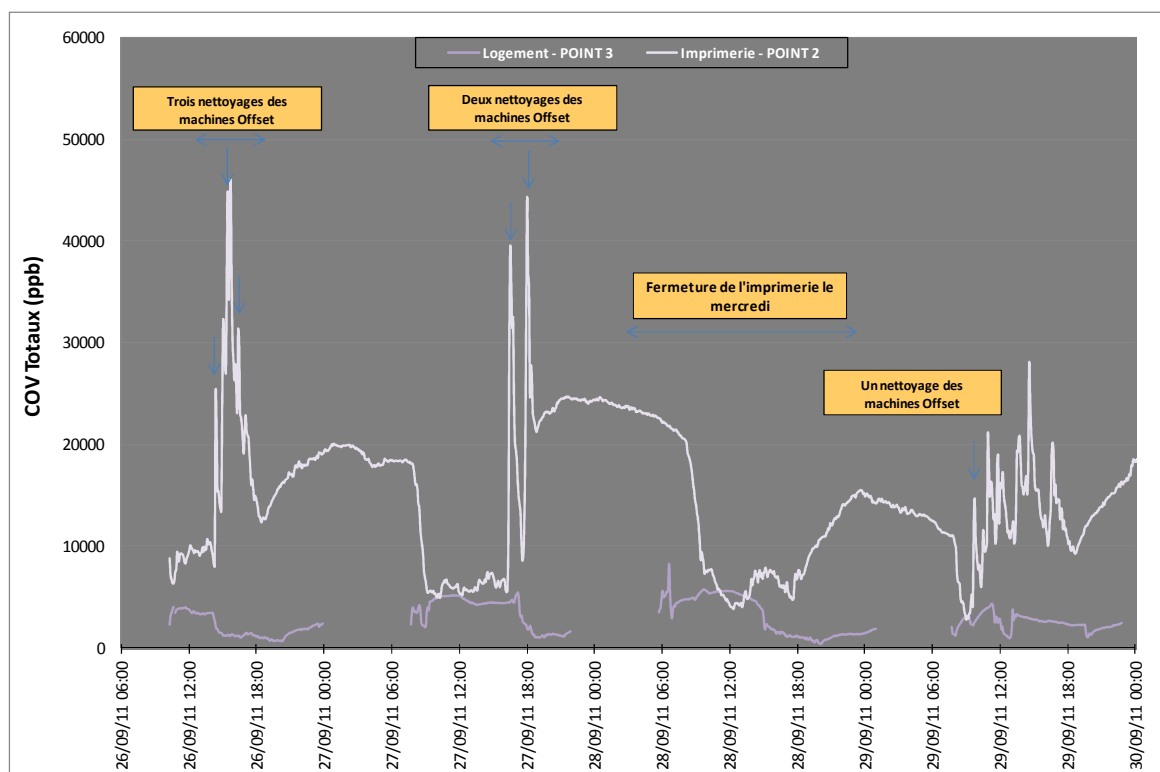
Suivi temporel des concentrations en CO₂ dans l'imprimerie et le logement du 26/09/2011 au 29/09/2011



Suivi temporel de la température et de l'humidité relative aux différents points de mesures (Points 1 à 7) du 26/09/2011 au 29/09/2011



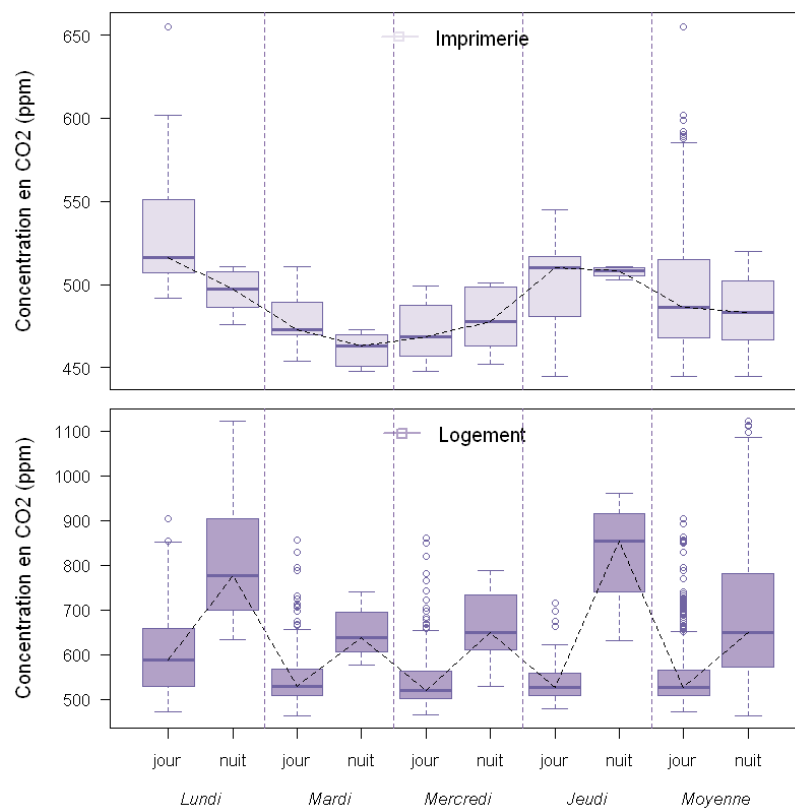
Suivis temporels des concentrations en particules dans l'imprimerie et le logement 26/09/2011 au 29/09/2011



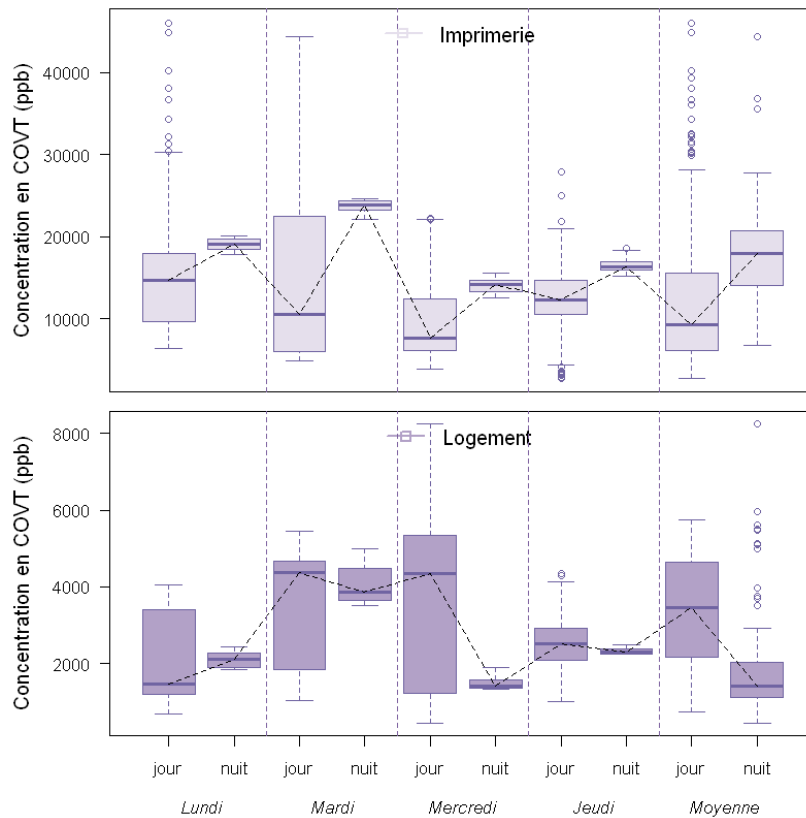
Suivi temporel des concentrations en COV Totaux dans l'imprimerie et le logement du 26/09/2011 au 29/09/2011

ANNEXE 5

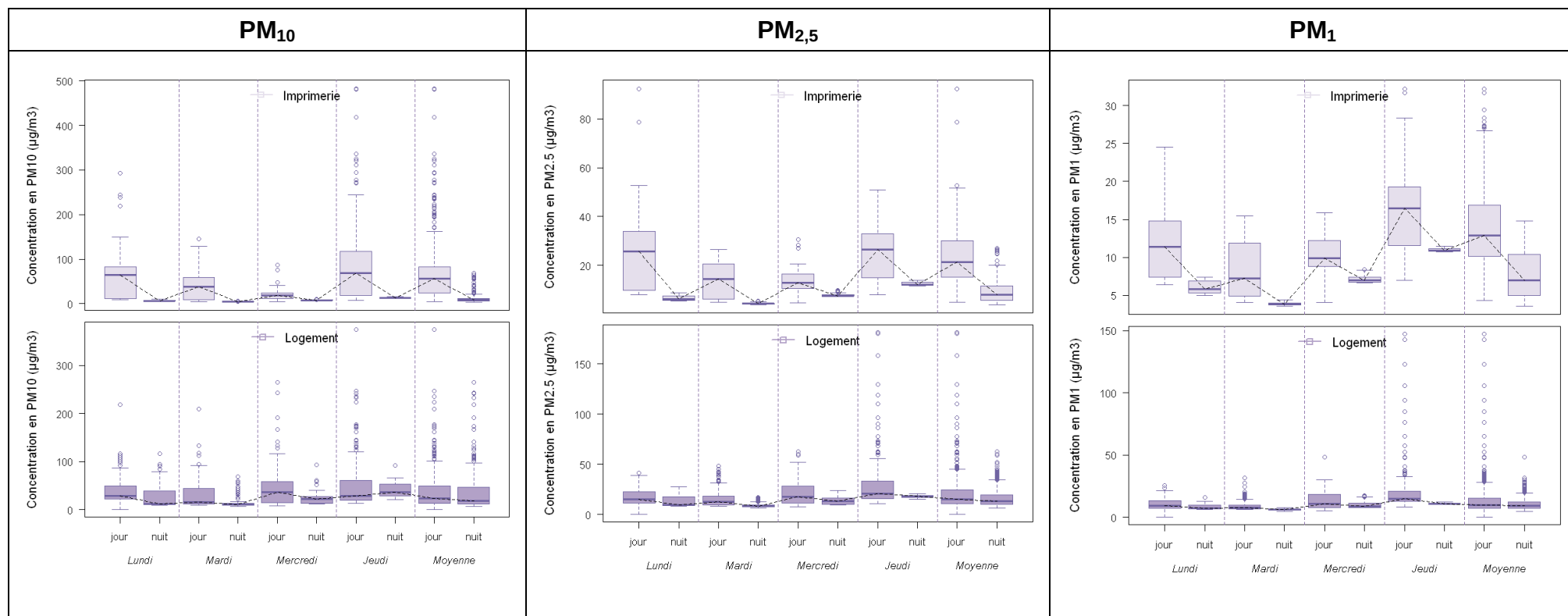
Distributions statistiques journalières (boîtes à moustaches)
des concentrations des paramètres mesurées dans
l'imprimerie et le logement par méthodes automatiques



Boîtes à moustaches des concentrations journalières en CO₂ (les périodes « jour » et « nuit » correspondent aux périodes 07:00 -18:00 et 18:00 - 07:00)



Boîtes à moustaches des concentrations journalières en COV Totaux (les périodes « jour » et « nuit » correspondent aux périodes 07:00 -18:00 et 18:00 - 07:00)



Boîtes à moustaches des concentrations journalières en en particules (PM₁₀; PM_{2,5}; PM₁) (les périodes « jour » et « nuit » correspondent aux périodes 07:00 -18:00 et 18:00 - 07:00)

ANNEXE 6

Etude de la variabilité journalière des concentrations en COV
Totaux et particules mesurées par méthodes automatiques
dans l'imprimerie et le logement

La variabilité des concentrations en COV Totaux et en particules mesurées par suivi dynamique dans le logement et l'imprimerie selon les jours a été étudiée d'un point de vue statistique afin de déterminer si les teneurs moyennes déterminées pour ces composées ne diffèrent pas selon les journées. Dans le cas de l'imprimerie, cette étude permet également d'infirmer ou confirmer que la nature et l'intensité des activités générant ces composés sont similaires quelle que soit la journée considérée.

Etant donné que l'imprimerie est fermée la journée mercredi, la journée du mercredi 28/09/11 a été écartée pour l'étude la variabilité journalière. De plus, la première journée de mesure ayant débuté aux alentours de 9h, les journées de mesures ont été découpées du jour j 9h au jour $j+1$ 9h, afin de conserver un nombre de journées complètes maximales et garantir une taille de population de données identiques pour chaque jour. La sélection des journées est explicitée ci-dessous :

- J1, du 26/09/2011 09:00 au 27/09/2011 09:00 ;
- J2, du 27/09/2011 09:00 au 28/09/2011 09:00 ;
- J4, du 29/09/2011 09:00 au 30/09/2011 09:00.

Pour chacun des paramètres, l'hypothèse de la normalité de la distribution de la population de données a été invalidée par un test de Shapiro-Wilk, et l'hypothèse d'homoscédasticité (homogénéité des variances) des échantillons de données des groupes J1, J2 et J4 a été rejetée par un test d'égalité de variances de Levene.

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis, portant sur l'égalité des sommes des rangs des valeurs dans les différents échantillons (J1, J2 et J4), a donc été préféré à l'ANOVA pour l'étude de la variabilité des concentrations journalières en COV Totaux et en particules. Les échantillons J1, J2 et J4 ont été supposés indépendants.

L'hypothèse nulle pour le test de Kruskal-Wallis est définie ainsi :

- H_0 : l'ensemble des échantillons sont issus de la même population de données, la distribution de la variable étant identique dans chacun des échantillons ;
- H_1 : il existe au moins deux échantillons qui n'appartiennent pas à la même population de donnée, la distribution de la variable étant différente dans au minimum deux échantillons.

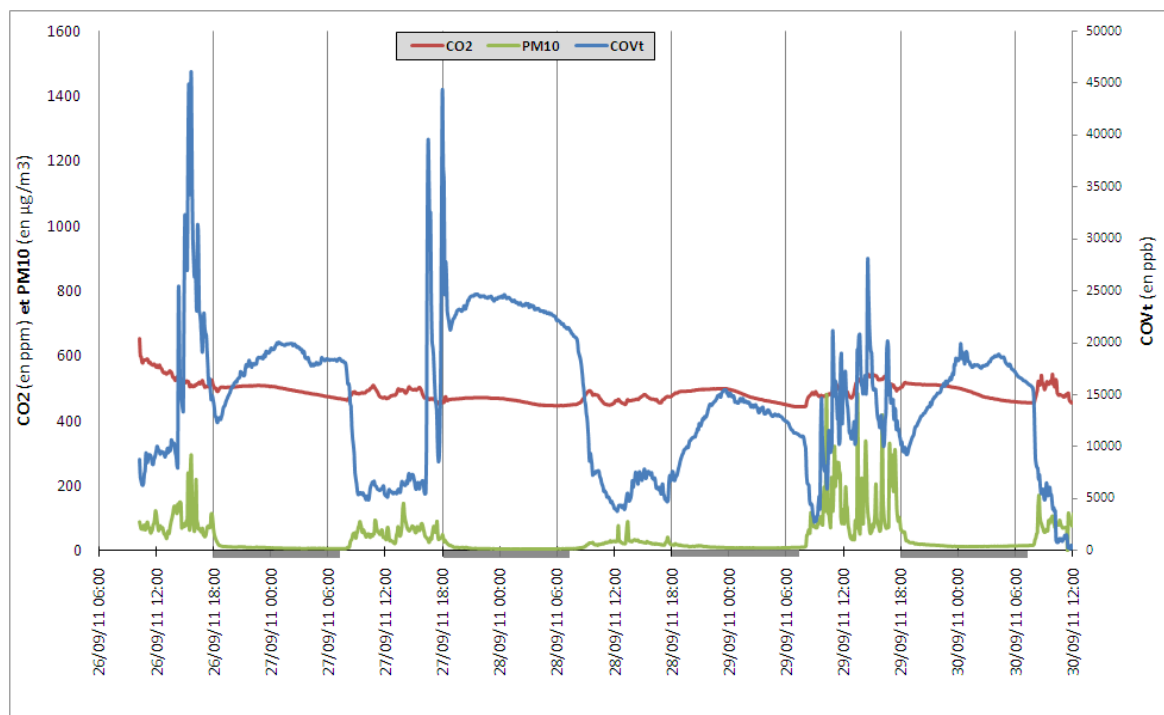
Les p-values des tests de Kruskal-Wallis réalisés pour chacun des paramètres sont reportées dans le tableau ci-après. L'hypothèse H_0 est rejetée lorsque la p-value est inférieure à 0,05 (seuil de risque de 5 %).

	Imprimerie - POINT 2		Logement - POINT 3	
	Concentrations médianes J1 / J2 / J4	P- value (test de Kruskal-Walis sur la somme des rangs)	Concentrations médianes J1 / J2 / J4	P- value (test de Kruskal-Walis sur la somme des rangs)
COV Totaux (ppb)	18 020 / 22 350 / 13 610	$2,5.10^{-15}$	1 850 / 4440 / 2500	$< 2,2.10^{-16}$
PM ₁₀ (µg/m ³)	10,4 / 8,25 / 68,6	$< 2,2.10^{-16}$	25,3 / 13,7 / 35,4	$< 2,2.10^{-16}$
PM _{2,5} (µg/m ³)	8,7 / 6,2 / 27,3	$< 2,2.10^{-16}$	12,8 / 11,2 / 21,7	$< 2,2.10^{-16}$
PM ₁ (µg/m ³)	7,2 / 4,5 / 16,6	$< 2,2.10^{-16}$	8,1 / 7,3 / 15,3	$< 2,2.10^{-16}$

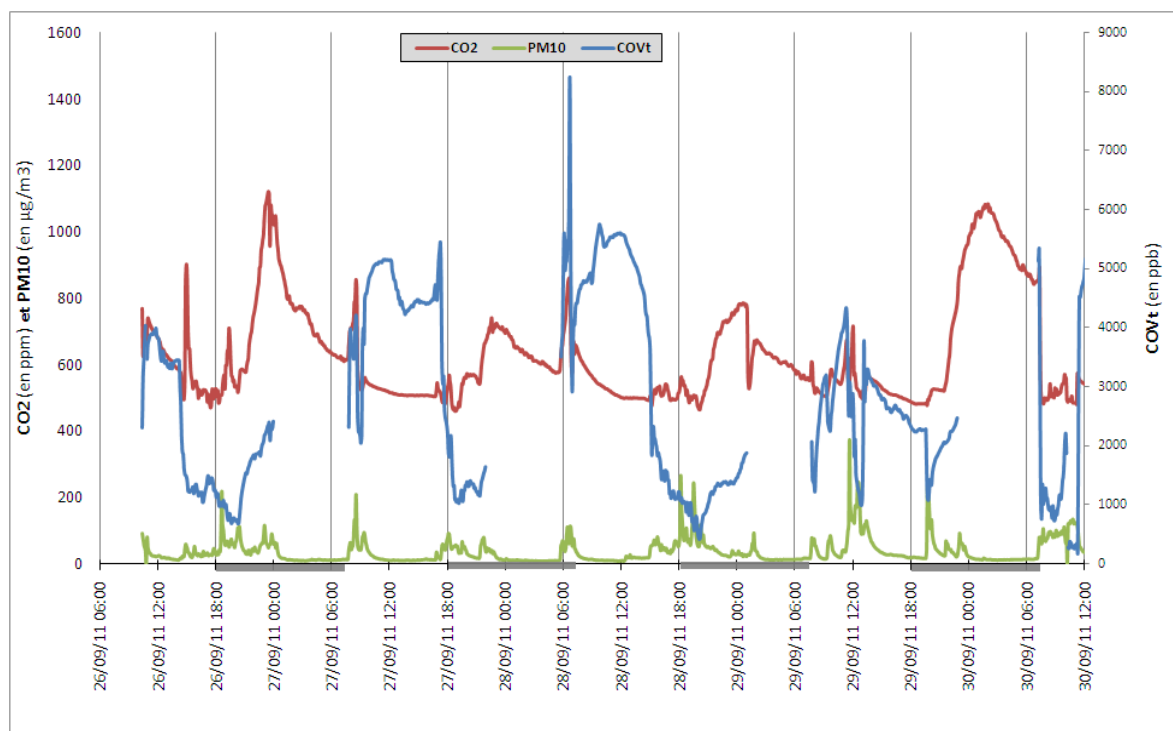
L'ensemble des P-values issues des tests de Kruskal-Walis sont inférieures à 0,05 et indiquent donc que, pour chacun des paramètres, il existe au moins deux journées (sur les trois disponibles) pour lesquelles les concentrations mesurées sont significativement différentes. Ainsi, les concentrations journalières mesurées en particules et en COV Totaux dans le logement et l'imprimerie ont donc variées selon les journées.

ANNEXE 7

Mise en parallèle des teneurs en CO₂, PM₁₀ et COVT dans
l'imprimerie et dans le logement



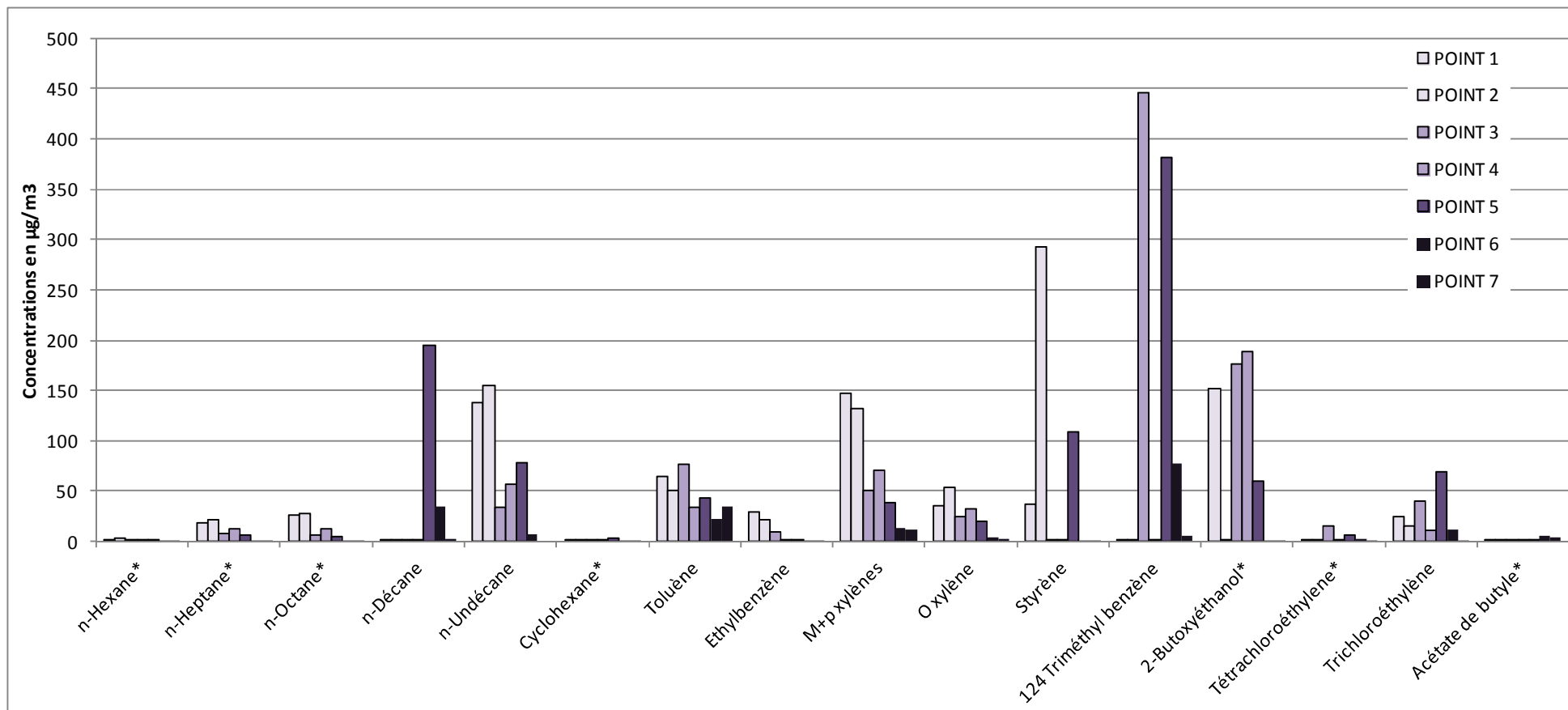
Suivi temporel des concentrations en CO₂, en PM₁₀ et en COV totaux dans l'imprimerie « POINT 2 » du 26/09/2011 au 30/09/2011



Suivi temporel des concentrations en CO₂, en PM₁₀ et en COV totaux dans le logement « POINT 3 » du 26/09/2011 au 30/09/2011

ANNEXE 8

Comparatif des niveaux de concentrations des COV par
prélèvement passif entre les différents points de mesure



* Ces composés ont été quantifiés par étalonnage externe par une autre molécule de la même famille ou par rapport au toluène par défaut,

Représentation graphique des niveaux de concentration en COV par prélèvement passif

ANNEXE 9

Compilation des données de la littérature sur les niveaux de concentration en air intérieur de logement et d'ERP

Substance	Moyenne (µg/m³)	Gamme de concentrations (moyennes)	Gamme de concentrations (min-max)	Nombre d'études recensées	Nombre de pièces/bâtiments testés	Type de bâtiments	Technique de mesures	Temps de prélèvement (gamme)	Origine des données	Références bibliographiques
Butanal	1,4			?	?	Logements	Intégrative active	?	?	OQAI, 2009
Pentanal	7,9		0,4 à 46,6	?	?	Logements	Intégrative passive	?	?	OQAI, 2004
Chrome (sur PM2,5)	0,1		0,003 à 0,04	1	27	Ecoles	Intégrative active	5 jours	Europe	Stranger, 2008
Fer (sur PM2,5)	0,6		0,09 à 3,3	1	27	Ecoles	Intégrative active	5 jours	Europe	Stranger, 2008
	0,05		0,0035 à 0,1	1	43	Logements	Intégrative active	3 à 4 jours	USA	Baxter, 2007
Plomb (sur PM2,5)	0,041		0,0001 à 0,441	1	27	Ecoles	Intégrative active	5 jours	Europe	Stranger, 2008
Zinc (sur PM2,5)	0,08		0,005 à 0,49	1	27	Ecoles	Intégrative active	5 jours	Europe	Stranger, 2008
	0,01		0,003 à 1,05	1	43	Logements	Intégrative active	3 à 4 jours	USA	Baxter, 2007
Ozone	2,55	2,1 à 3	<0,75 à 9,9	1	27	Ecoles	Intégrative active	5 jours	Europe	Stranger, 2008
Naphtalène	< 1		< 1 à 4,9	1	555	Logements	Intégrative passive	7 jours	Europe	GerES, 2008
Acénaphène (sur PG)	0,039		jusqu'à 0,38	1	28	Logements	Intégrative passive	24/48h	USA	Johnson, 2010
Phénanthrène (sur PG)	0,046		jusqu'à 0,36	1	28	Logements	Intégrative passive	24/48h	USA	Johnson, 2010
n-Pentane	2,36		2,34 à 2,37	1	2	Bureaux	Intégrative active	24h	France	Air Lorraine, 2012
	1,99		0,97 à 3,49	1	3	Ecoles	Intégrative passive	14 jours	Europe	Pegas, 2011
n-Hexane	8,4		<0,7 à 270	1	100	Logements	Intégrative active	24h	USA	Weisel, 2006 OQAI, 2009
n-Heptane	4,4		<0,8 à 49	1	100	Logements	Intégrative active	24h	USA	Weisel, 2006 OQAI, 2009
n Octane	0,52		0,51 à 0,53	1	2	Bureaux	Intégrative active	24h	France	Air Lorraine, 2012
	1,16	0,62 à 1,7	0,62 à 3,49	2	plus de 600	Logements	Intégrative passive	7 jours à 4 semaines	Europe	Gokhale, 2008 Schlink, 2010
n-Nonane	0,94 (médiane)		10 (p95)	?	?	Logements	??	?	?	OQAI, 2009
2 MéthylPentane	1,8			1	24	Logements	Intégrative active	moins de 1h	Océanie	Brown, 2002
	7,1		0,5 à 109,3	1	41	Logements	Intégrative passive	7 jours	USA	Johnson, 2010
	0,97	0,63 à 1,3	0,1 à 6,8	2	7	Bureaux	Intégrative passive	4,5 à 7 jours	France	ASPA, 2012 ASPA, 2013
3 MéthylPentane	1,9		jusqu'à 18	1	50	Logements	Intégrative active	24h	Asie	Tanaka-Kagawa, 2005
	0,95			1	1	Logements	Intégrative active	6h	Europe	Gallego, 2009
	0,42	0,33 à 0,5	0,1 à 2,9	2	7	Bureaux	Intégrative passive	4,5 à 7 jours	France	ASPA, 2012 ASPA, 2013

Substance	Moyenne (µg/m³)	Gamme de concentrations (moyennes)	Gamme de concentrations (min-max)	Nombre d'études recensées	Nombre de pièces/bâtiments testés	Type de bâtiments	Technique de mesures	Temps de prélèvement (gamme)	Origine des données	Références bibliographiques
2 Méthyl Hexane	1,5		jusqu'à 4,9	1	50	Logements	Intégrative active	24h	Asie	Tanaka-Kagawa, 2005
	2,6		0,3 à 17,2	1	41	Logements	Intégrative passive	7 jours	USA	Johnson, 2010
(2,4) Diméthyl Pentane	0,18		jusqu'à 0,76	1	50	Logements	Intégrative active	24h	Asie	Tanaka-Kagawa, 2005
Iso Octane Iso Octane	1,64		1,12 à 2,16	1	2	Bureaux	Intégrative active	24h	France	Air Lorraine, 2012
	0,6		0,16 à 1,19	1	3	Ecoles	Intégrative passive	14 jours	Europe	Pegas, 2011
Méthylcyclopentane	1,3		jusqu'à 8	1	50	Logements	Intégrative active	24h	Asie	Tanaka-Kagawa, 2005
	1,76	1,4 à 2,11	jusqu'à 38	2	plus de 600	Logements	Intégrative passive	7 jours à 4 semaines	Europe	Gokhale, 2008 Schlink, 2010
Méthylcyclohexane	3,8		jusqu'à 23	1	50	Logements	Intégrative active	24h	Asie	Tanaka-Kagawa, 2005
	0,92	0,9 à 0,94	jusqu'à 6,2	2	plus de 70	Logements	Intégrative passive	7 jours	Europe	Gokhale, 2008 Geiss, 2011
	4,4	1,1 à 7,7	0,6 à 29,5	2	13	Ecoles	Intégrative passive	4,5 jours	France	ASPA, 2009 ASPA, 2010
somme Terpènes	7,79		0,24 à 40,3	1	28	Ecoles	Intégrative passive	14 jours	Europe	Pegas, 2011
1,2,3 Triméthylbenzène	1		jusqu'à 64,1	1	100	Logements	Intégrative passive	3 à 4 jours	USA	Jia, 2008 OQAI, 2009
1,2,3 Triméthylbenzène	0,93		jusqu'à 27,3	1	100	Logements	Intégrative passive	3 à 4 jours	USA	Jia, 2008 OQAI, 2009
n Propylbenzène	1,6		jusqu'à 10	1	50	Logements	Intégrative active	24h	Asie	Tanaka-Kagawa, 2005
	1,7		jusqu'à 10,4	1	10	Bureaux	Intégrative passive	7 jours	USA	Jia, 2010
Cumène	0,14		0,09 à 0,23	1	100	Logements	Intégrative passive	3 à 4 jours	USA	Jia, 2008
	0,3		jusqu'à 1,8	1	10	Bureaux	Intégrative passive	7 jours	USA	Jia, 2010
	0,53		jusqu'à 3,9	1	50	Logements	Intégrative active	24h	Asie	Tanaka-Kagawa, 2005
Dichlorométhane	10,13	5,28 à 14,98	0,006 à 408	2	175	Logements	Intégrative active	24h	USA / Canada	Weisel, 2006 Zhu, 2005
	0,1		jusqu'à 17,7	1	41	Logements	Intégrative passive	7 jours	USA	Johnson, 2010
Isopropanol	14,3			1	1	Ecoles	Intégrative passive	4,5 jours	France	ASPA, 2009

En bleu : Données issues d'étude particulière (étude de l'air intérieur suite à des malaises, présence d'odeur), peu représentatives en termes de données de bruit de fond.

En rouge : Données retenues pour l'établissement de valeurs repères de bruit de fond (données prises pour la comparaison avec les concentrations mesurées)

Les études retenues pour le comparatif aux concentrations mesurées l'ont été selon la hiérarchisation suivante :

- Critère 1 : Logements > ERP
- Critère 2 : France > Europe > USA > Océanie > Asie
- Critère 3 : Techniques de prélèvement identiques

ANNEXE 10

Produits utilisés par l'imprimerie, composition.

Type de produit	Nom commercial	Composition	n° CAS	%
additif mouillage	alcool isopropylique	Propanol		
	HYDROECOL KHD	éthylène-glycol	107-21-1	5-10
		2-butoxyéthanol	111-76-2	5-10
		sodium cumene sulfonate	15763-76-5	1-5
		acide citrique monohydraté	5949-29-1	1-5
		5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one	55965-84-9	0-1
Solution de mouillage	HYDROFAST GH 313 CTP	MCI = 2-méthyl-2H-isothiazol-3-one	2682-20-4	0-0,1
		MI = 5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazol-3-one	26172-55-4	0-0,1
		1,6-dihydroxy-2,5-dioxahexane	3586-55-8	1-2,5
		Glutaric acid	110-94-1	1-2,5
Encres	NOVASTAR 1 F908 BIO JAUNE	tert-butylhydroquinone	1948-33-0	0,1-1
	WHITE 10 NOVAVIT IK.	tert-butylhydroquinone	1948-33-0	0,1-1
	BLACK 09 NOVAVIT IK PROCESS BLUE 07 NOVAVIT IK	distillats (pétrole) moyens traités à l'acide	64742-13-8	2,5-10
	GREEN 08 NOVAVIT IK REFLEX BLUE 06 NOVAVIT IK.	distillats (pétrole) moyens traités au H2	64742-46-7	10-25
	BLUE 072 NOVAVIT IK RED 032 NOVAVIT IK. RUBINE RED 03 NOVAVIT IK WARM RED 02 NOVAVIT IK ORANGE 021 NOVAVIT IK. JAUNE 012 NOVAVIT IK. YELLOW 01 NOVAVIT IK	distillat (pétrole), hydrodésulfuration moyenne	64742-80-9	2,5-10
	VIOLET 11 NOVAVIT IK	tert-butylhydroquinone	1948-33-0	0,1-1
		sel de triphényl méthane colorant		10-25
		distillats (pétrole) moyens traités à l'acide	64742-13-8	2,5-10
		distillats (pétrole) moyens traités au H2	64742-46-7	10-25
		distillat (pétrole), hydrodésulfuration moyenne	64742-80-9	2,5-10
	POURPRE 05 SOLIDE NOVAVIT IK	tert-butylhydroquinone	1948-33-0	0,1-1

Type de produit	Nom commercial	Composition	n° CAS	%
	BLEU 072 SOLIDE NOVAVIT IK	distillats (pétrole) moyens traités à l'acide	64742-13-8	10-25
	BLEU REFLEX 06 SOLIDE NOVAVIT IK	distillats (pétrole) moyens traités au H2	64742-46-7	10-25
	VIOLET 11 SOLIDE NOVAVIT IK ROSE 04 SOLIDE NOVAVIT IK	distillat (pétrole), hydrodésulfuration moyenne	64742-80-9	2,5-10
	RHODAMINE RED 04 NOVAVIT IK.	tert-butylhydroquinone	1948-33-0	0,1-1
		sel d'un colorant basique de xanthène	63022-06-0	2,5-10
		distillats (pétrole) moyens traités à l'acide	64742-13-8	2,5-10
		distillats (pétrole) moyens traités au H2	64742-46-7	10-25
		distillat (pétrole), hydrodésulfuration moyenne	64742-80-9	2,5-10
	NOVASTAR 908 BIO NOIR	tert-butylhydroquinone	1948-33-0	0,1-1
		carboxylate de manganèse		1-2,5
	NOVABOARD YELLOW 1C 990 PROTECT	distillats (pétrole) moyens traités à l'acide	64742-13-8	2,5-10
		distillats (pétrole) moyens traités au H2	64742-46-7	1-2,5
		isotridécanol = methyl dodecanol		0,1-1
	BLEU PMS 293	tert-butylhydroquinone	1948-33-0	0,1-1
		distillats (pétrole) moyens traités à l'acide	64742-13-8	1-2,5
		distillats (pétrole) moyens traités au H2	64742-46-7	10-25
		distillat (pétrole), hydrodésulfuration moyenne	64742-80-9	2,5-10
		kérosène (pétrole), hydrodésulfuré	64742-81-0	2,5-10
	NOVASTAR 4 F908 BIO BLEU NOVASTAR 2 F908 BIO ROUGE	tert-butylhydroquinone	1948-33-0	0,1-1
	NOVABOARD BLUE TONE BLACK C991 PROTECT	distillats (pétrole) moyens traités à l'acide	64742-13-8	1-2,5
		carboxylate de manganèse		10-25

Type de produit	Nom commercial	Composition	n° CAS	%
		isotridécanol = methyl dodecanol	27458-92-0	0,1-1
Produit de nettoyage	VWM Wash/VM 111	Naphta (pétrole) lourd hydrotraité	64742-48-9	1-2,5
		Solvants naphta (pétrole) aromatiques légers	64742-95-6	10-30
		1,2,4 triméthyl benzène	95-63-6	10-30
		Mésitylène = 1,3,5-triméthylbenzène	108-67-8	1-5
		xylène	1330-20-7	1-5
		propylbenzène	98-82-8	1-5
	Metering roller cleaner -	Naphta (pétrole) léger hydrotraité	64742-49-0	50-75
		Naphta (pétrole) léger hydrotraité	64742-49-0	35-50
		Propan-2-ol	67-63-0	10-15

ANNEXE 11

Tableau des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)
recensées dans les bases de données, pour les substances
et familles chimiques considérées comme des traceurs de
l'activité Imprimerie

CAS	Substances	Type d'effet (AS, SS)	Source	Date	Valeur	Unité	Effet critique / cibles	Commentaires	Raison du choix
111-76-2	2-Butoxyéthanol	AS	US EPA	2010	1,6E+03	µg/m ³	Dépôts de hémossidérine dans le foie		Choix selon ordre note d'information DGS 2014
		AS	ATSDR	1998	9,7E+02	µg/m ³	Effets hématologiques	VTR initiale en ppm : 0,2 ppm	
16065-83-1	Chrome III	AS	RIVM	2001	6,0E+01	µg/m ³		sels insolubles	seule VTR
98-82-8	Cumène	AS	USEPA	1997	4,0E+02	µg/m ³	Augmentation de la masse des reins et des glandes surrénales		seule VTR
108-08-7	2,4 Diméthylpentane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
100-41-4	Ethylbenzène	AS	US EPA	1991	1,0E+03	µg/m ³	Effets sur le développement		
		AS	ATSDR	2010	3,0E+02	µg/m ³	Effets sur le rein	VTR initiale en ppm : 0,06 ppm	Choix INERIS (nouvelle fiche à publier)
		AS	RIVM	2001	7,7E+02	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins		
		AS	OEHHA	2000	2,0E+03	µg/m ³	Effets sur le développement, le foie, les reins et le système endocrinien		
		SS	OEHHA	2009	2,5E-06	(µg/m ³) ⁻¹	Tumeurs rénales		seule VTR
142-82-5	n-Heptane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
110-54-3	n-Hexane	AS	ANSES	2013	3,0E+03	µg/m ³	Neurotoxicité (démintion de la vitesse de conduction de l'influx nerveux dans les nerfs moteurs)		VTR construite par l'ANSES
		AS	US EPA	2010	7,0E+02	µg/m ³	Neuropathie périphérique	/	
		AS	ATSDR	1999	2,1E+03	µg/m ³	Effets sur le système nerveux	VTR initiale en ppm : 0,6 ppm	
		AS	OEHHA	2000	7,0E+03	µg/m ³	Effets sur le système nerveux		
540-84-1	Isooctane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
108-87-2	Méthylcyclohexane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
96-37-7	Méthylcyclopentane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR

591-76-4	2-Méthylhexane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
107-83-5	2-Méthylpentane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
96-14-0	3-Méthylpentane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
111-65-9	n-Octane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
103-65-1	n-Propylbenzène	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
108-88-3	Toluène	AS	ANSES	2010	3,0E+03	µg/m ³	Effets neurologiques : troubles de la vision des couleurs		VTR construite par l'ANSES
		AS	US EPA	2005	5,0E+03	µg/m ³	Effets neurologiques		
		AS	ATSDR	2000	3,0E+02	µg/m ³	Effets neurologiques	VTR initiale en ppm : 0,08 ppm	
		AS	OMS	2000	2,6E+02	µg/m ³	Effets sur le système nerveux central	Valeur guide OMS	
		AS	Santé Canada	1992	3,8E+03	µg/m ³	Irritation du système respiratoire et effets neurologiques		
		AS	RIVM	2001	4,0E+02	µg/m ³			
		AS	OEHHA	2003	3,0E+02	µg/m ³	Effets sur le système nerveux, le système respiratoire et le développement		
526-73-8	1,2,3-Triméthylbenzène	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
95-63-6	1,2,4-Triméthylbenzène	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
1120-21-4	n-Undécane	AS	TPH	1998	1E+03	µg/m ³	Effets sur le foie et le sang	équivalent C ₉ - C ₁₆ aliphatiques	seule VTR
108-38-3	m-Xylènes	AS	USEPA	2003	1,0E+02	µg/m ³	Effets sur la coordination motrice		VTR non sélectionnée car m-xylènes mesurés dans un mélange (m+p-xylènes)

1330-20-7	Xylènes, mélange d'isomères m, o, et p	AS	ATSDR	2007	2,2E+02	µg/m ³	Effets neurologiques	VTR initiale en ppm :	
		AS	Santé Canada	1991	1,8E+02	µg/m ³	Toxicité foetale et maternelle	provisoire	
		AS	RIVM	2001	8,7E+02	µg/m ³	Toxicité sur le système nerveux central des fœtus		Choix INERIS (nouvelle fiche à publier)
		AS	OEHHA	2008	7,0E+02	µg/m ³	Effets sur le système nerveux, le système respiratoire et les yeux		
	Somme des terpènes	AS	TPH	1998	1E+03	µg/m ³	Effets sur le foie et le sang	équivalent C ₉ - C ₁₆ aliphatiques	VTR la plus pénalisante parmi les équivalents carbones aliphatiques

FDTE : Fiche de Données Toxicologies et Environnementales (INERIS)

ANNEXE 12

Tableau des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) recensées dans les bases de données, pour les substances et familles chimiques d'intérêt « sans conclusion » en l'absence de données comparatives de bruit de fond

CAS	Substances	Type d'effet (AS, SS)	Source	Date	Valeur	Unité	Effet critique / cibles	Commentaires	Raison du choix
110-82-7	Cyclohexane	AS	USEPA	2003	6E+03	µg/m ³	Diminution du poids corporels des générations F1 et F2		seule VTR
141-93-5	1,3 Diéthylbenzène	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
105-05-5	1,4 Diéthylbenzène	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
75-83-2	2,2 Diméthylbutane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
79-29-8	2,3 Diméthylbutane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
*	Diméthylcyclopentane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
565-59-3	2,3 Diméthylpentane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
617-78-7	Ethylpentane	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
496-11-7	Indane	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
611-14-3	Méthyl 2 éthyl 1 benzène	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
620-14-4	Méthyl 3 éthyl 1 benzène	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
622-96-8	Méthyl 4 éthyl 1 benzène	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
696-29-7	Méthyléthylcyclohexane	AS	TPH	1998	1E+03	µg/m ³	Effets sur le foie et le sang	équivalent C ₉ - C ₁₆ aliphatiques	seule VTR

4551-51-3	Octahydro indène	AS	TPH	1998	1E+03	µg/m ³	Effets sur le foie et le sang	équivalent C ₉ - C ₁₆ aliphatiques	seule VTR
694-72-4	Octahydro-Pentalène	AS	TPH	1998	1,84E+04	µg/m ³	Effets sur le foie et les reins	équivalent C ₆ - C ₈ aliphatiques	seule VTR
	Somme des benzènes substitués en C4	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
	Somme des benzènes substitués en C5	AS	TPH	1998	2E+02	µg/m ³	Diminution du poids corporel	équivalent C ₉ - C ₁₆ aromatiques	seule VTR
	Somme des cycloparaffines	AS	TPH	1998	1E+03	µg/m ³	Effets sur le foie et le sang	équivalent C ₉ - C ₁₆ aliphatiques	VTR la plus pénalisante parmi les équivalents carbones aliphatiques
	Somme des paraffines	AS	TPH	1998	1E+03	µg/m ³	Effets sur le foie et le sang	équivalent C ₉ - C ₁₆ aliphatiques	VTR la plus pénalisante parmi les équivalents carbones aliphatiques
	Somme des paraffines substituées	AS	TPH	1998	1E+03	µg/m ³	Effets sur le foie et le sang	équivalent C ₉ - C ₁₆ aliphatiques	VTR la plus pénalisante parmi les équivalents carbones aliphatiques

* : pas de numéro de CAS car isomère précis non distingué à la mesure
FDTE : Fiche de données toxicologiques et environnementales

ANNEXE 13

Résultats des calculs d'exposition, des risques à seuil et sans seuil pour les substances et familles chimiques considérées comme des traceurs de l'activité Imprimerie

Scénario "réaliste" (personne exerçant une profession) :

Exposition 15h/j moyennée sur une semaine, 47 semaines sur 52

		Quantification de l'exposition						Quantification du risque sanitaire AS				Quantification du risque sanitaire SS	
		Mesures (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		CI moyenne par jour (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				QD				ERI	
		Point 3	Point 4	Point 3	Point 4	VTR AS (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Point 3	Point 4	VTR SS (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹		Point 3	Point 4
2-Butoxyéthanol	Passif*	177	188	100	106	1,6E+03		6,2E-02	6,6E-02	/		/	/
	Actif*	0,2	0,2	0,1	0,1			7,1E-05	7,1E-05	/	/	/	
Chrome (oxydes)	Actif	0,4	0,3	0,2	0,2	6,0E+01	100% CMI	3,8E-03	2,8E-03	/		/	/
Cumène	Actif	30	50	17	28	4,0E+02		4,2E-02	7,1E-02	/		/	/
2,4 Diméthylpentane	Actif	20	60	11	34	1,8E+04		6,1E-04	1,8E-03	/		/	/
Ethylbenzène	Passif	8,7	0,2	4,9	0,1	3,0E+02		1,6E-02	3,8E-04	2,5E-06		5,3E-06	1,2E-07
	Actif	8	15	5	8			1,5E-02	2,8E-02		4,8E-06	9,1E-06	
Fer	Actif	6,0	9,9	3,4	5,6	/		/	/	/		/	/
n-Heptane	Passif*	8,6	12,6	4,9	7,1	1,8E+04		2,6E-04	3,9E-04	/		/	/
	Actif	70	160	40	90			2,1E-03	4,9E-03		/	/	
n-Hexane	Passif*	2,2	1,8	1,2	1,0	3,0E+03		4,1E-04	3,4E-04	/		/	/
	Actif	30	70	17	40			5,6E-03	1,3E-02		/	/	
Isooctane	Actif	10	7	6	4	1,84E+04		3,1E-04	2,1E-04	/		/	/
Méthylcyclohexane	Actif	10	20	6	11	1,84E+04		3,1E-04	6,1E-04	/		/	/
Méthylcyclopentane	Actif	10	20	6	11	1,84E+04		3,1E-04	6,1E-04	/		/	/
2-Méthylhexane	Actif	140	350	79	198	1,84E+04		4,3E-03	1,1E-02	/		/	/
2-Méthylpentane	Actif*	2	36	1	20	1,84E+04		6,1E-05	1,1E-03	/		/	/
3-Méthylpentane	Actif	85	220	48	124	1,84E+04		2,6E-03	6,8E-03	/		/	/
	Passif*	6,4	12,8	3,6	7,2	1,84E+04		2,0E-04	3,9E-04	/		/	/
n-Octane	Actif	150	370	84,7	209,0			4,6E-03	1,1E-02		/	/	
n-Pentane	Actif	30	20	17	11	/		/	/	/		/	/
n-Propylbenzène	Actif	100	360	56	203	2E+02		2,8E-01	1,0E+00	/		/	/
Toluène	Passif	76,9	33,5	43,4	18,9	3,0E+03		1,4E-02	6,3E-03	/		/	/
	Actif	30	20	17	11			5,6E-03	3,8E-03		/	/	
1,2,3-Triméthylbenzène	Actif	440	850	249	480	2E+02		1,2E+00	2,4E+00	/		/	/
1,2,4-Triméthylbenzène	Passif	446,0	0,2	252	0	2E+02		1,3E+00	5,6E-04	/		/	/
	Actif	1900	4 100	1073	2316			5,3E+00	1,2E+01		/	/	
n-Undécane	Passif	34,4	56,5	19,4	31,9	1E+03		1,9E-02	3,2E-02	/		/	/
	Actif	490	1100	277	621			2,8E-01	6,2E-01		/	/	
m+p-Xylènes	Passif	50,4	70,9	Passif : 42,0 : 96,0	Passif : 58,0 Actif : 101,7	8,7E+02	100% mélange isomère m, o et p- xylènes	4,8E-02	6,7E-02	/		/	/
	Actif	40,0	80,0										
o-Xylène	Passif	24,0	31,7					1,1E-01	1,2E-01				
	Actif	130,0	100,0										
Somme des terpènes	Actif*	5	68	3	38	1E+03		2,8E-03	3,8E-02	/		/	/

"n-hexane" : Niveau de confiance dans le transfert depuis l'imprimerie : "possible" et "possible +"

"0,2" : Limites de quantification (LQ). La concentration de la substance détectée est inférieure à cette LQ.

Passif* : Composés quantifiés par rapport à une autre molécule de la même famille ou par rapport au toluène par défaut.

100% C_{III} hypothèse posée pour le calcul de risque

Certaines substances sont co-élues et sont indiquées dans le tableau de la façon suivante : « substance A + substance B », comme par exemple « Chlorobenzène + paraffine ».

Scénario "majorant" : Exposition 24h24, 7j/7, 365j/an													
				Quantification de l'exposition				Quantification du risque sanitaire AS				Quantification du risque sanitaire SS	
		Mesures (en µg/m³)		CI moyenne par jour (en µg/m³)				QD				ERI	
		Point 3	Point 4	Point 3	Point 4	VTR AS (en µg/m³)		Point 3	Point 4	VTR SS (en µg/m³) ⁻¹		Point 3	Point 4
2-Butoxyéthanol	Passif*	177	188	177	188	1,6E+03		1,1E-01	1,2E-01	/		/	/
	Actif*	0,2	0,2	0,2	0,2			1,3E-04	1,3E-04	/	/	/	
Chrome (oxydes)	Actif	0,4	0,3	0,4	0,3	6,0E+01	100% C _{MII}	6,7E-03	5,0E-03	/		/	/
Cumène	Actif	30	50	30	50	4,0E+02		7,5E-02	1,3E-01	/		/	/
2,4 Diméthylpentane	Actif	20	60	20	60	1,8E+04		1,1E-03	3,3E-03	/		/	/
Ethylbenzène	Passif	8,7	0,2	8,7	0,2	3,0E+02		2,9E-02	6,7E-04	2,5E-06		9,3E-06	2,1E-07
	Actif	8	15	8	15			2,7E-02	5,0E-02		8,6E-06	1,6E-05	
Fer	Actif	6,0	9,9	6,0	9,9	/		/	/	/		/	/
	Passif*	8,6	12,6	8,6	12,6	1,8E+04		4,7E-04	6,8E-04	/		/	/
Actif	70	160	70	160	3,8E-03			8,7E-03	/		/		
n-Hexane	Passif*	2,2	1,8	2,2	1,8	3,0E+03		7,3E-04	6,0E-04	/		/	/
	Actif	30	70	30	70			1,0E-02	2,3E-02		/	/	
Isooctane	Actif	10	7	10	7	1,84E+04		5,4E-04	3,8E-04	/		/	/
Méthylcyclohexane	Actif	10	20	10	20	1,84E+04		5,4E-04	1,1E-03	/		/	/
Méthylcyclopentane	Actif	10	20	10	20	1,84E+04		5,4E-04	1,1E-03	/		/	/
2-Méthylhexane	Actif	140	350	140	350	1,84E+04		7,6E-03	1,9E-02	/		/	/
2-Méthylpentane	Actif*	2	36	2	36	1,84E+04		1,1E-04	2,0E-03	/		/	/
3-Méthylpentane	Actif	85	220	85	220	1,84E+04		4,6E-03	1,2E-02	/		/	/
	Passif*	6,4	12,8	6,4	12,8	1,84E+04		3,5E-04	7,0E-04	/		/	/
Actif	150	370	150	370	8,2E-03			2,0E-02	/		/		
n-Pentane	Actif	30	20	30	20	/		/	/	/		/	/
n-Propylbenzène	Actif	100	360	100	360	2E+02		5,0E-01	1,8E+00	/		/	/
	Passif	76,9	33,5	76,9	33,5	3,0E+03		2,6E-02	1,1E-02	/		/	/
Toluène	Actif	30	20	30	20			1,0E-02	6,7E-03		/	/	
1,2,3-	Actif	440	850	440	850	2E+02		2,2E+00	4,3E+00	/		/	/
	Passif	446,0	0,2	446,0	0,2	2E+02		2,2E+00	1,0E-03	/		/	/
1,2,4-Triméthylbenzène	Actif	1900	4 100	1900	4100			9,5E+00	2,0E+01		/	/	
n-Undécane	Passif	34,4	56,5	34,4	56,5	1E+03		3,4E-02	5,7E-02	/		/	/
	Actif	490	1100	490	1100			4,9E-01	1,1E+00		/	/	
m+p-Xylènes	Passif	50,4	70,9	Passif : 74,4 Actif : 170,0	Passif : 102,6 Actif : 180,0	8,7E+02	100% mélange isomère m,o et p-xylènes	8,6E-02	1,2E-01	/		/	/
	Actif	40,0	80,0					2,0E-01	2,1E-01		/	/	
o-Xylène	Passif	24,0	31,7										
	Actif	130,0	100,0										
Somme des terpènes	Actif*	5	68	5	68	1E+03		5,0E-03	6,8E-02	/		/	/
"n-hexane" : Niveau de confiance dans le transfert depuis l'imprimerie : "possible" et "possible +"													
"0,2" : Limites de quantification (LQ). La concentration de la substance détectée est inférieure à cette LQ.													
Passif* : Composés quantifiés par rapport à une autre molécule de la même famille ou par rapport au toluène par défaut.													
100% C _{MII} hypothèse posée pour le calcul de risque dans le cas de substances co-éluées													
Certaines substances sont co-éluées et sont indiquées dans le tableau de la façon suivante : « substance A + substance B », comme par exemple « Chlorobenzène + paraffine ».													

ANNEXE 14

Résultats des calculs d'exposition, des risques à seuil et sans seuil pour les substances et familles chimiques d'intérêt « sans conclusion » en l'absence de données comparatives de bruit de fond

Scénario "réaliste" (personne exerçant une profession) :
Exposition 15h/j moyennée sur une semaine, 47 semaines sur 52

		Quantification de l'exposition				Quantification du risque sanitaire AS				Quantification du risque sanitaire SS	
		Mesures (en µg/m³)		CI moyenne par jour (en µg/m³)		QD				ERI	
		Point 3	Point 4	Point 3	Point 4	VTR AS (en µg/m³)	Point 3	Point 4	VTR SS (en µg/m³)⁻¹	Point 3	Point 4
1,3 Diéthylbenzène	Actif	200	300	113	169	2E+02	5,65E-01	8,47E-01	/	/	/
1,4 Diéthylbenzène	Actif	90	90	51	51	2E+02	2,54E-01	2,54E-01	/	/	/
2,2-Diméthylbutane	Actif	40	100	23	56	1,84E+04	1,23E-03	3,07E-03	/	/	/
Diméthylcyclopentane	Actif*	4	20	2	11	1,84E+04	1,23E-04	6,14E-04	/	/	/
Ethylpentane	Actif*	4	30	2	17	1,84E+04	1,23E-04	9,21E-04	/	/	/
Méthyléthylcyclohexane	Actif*	30	50	17	28	1E+03	1,69E-02	2,82E-02	/	/	/
Méthyl-2-éthyl-1-benzène	Actif	nd	100	/	56	2E+02	/	2,82E-01	/	/	/
Méthyl-3-éthyl-1-benzène	Actif	100	1800	56	1017	2E+02	2,82E-01	5,08E+00	/	/	/
Méthyl-4-éthyl-1-benzène	Actif	440	100	249	56	2E+02	1,24E+00	2,82E-01	/	/	/
Octahydro-indène	Actif*	1	73	0,6	41	1E+03	5,65E-04	4,12E-02	/	/	/
Octahydro-pentalène	Actif*	1	5	0,6	3	1,84E+04	3,07E-05	1,54E-04	/	/	/
Indane + Benzène substitué en C4	Actif*	20	180	11	102	2E+02	Si 100% Indane	5,65E-02	5,08E-01	/	/
						2E+02	Si 100% benzène				
2,3-Diméthylpentane + Cyclohexane	Actif	150	370	85	209	1,84E+04	Si 100% 2,3-Diméthylpentane	4,61E-03	1,14E-02	/	/
						6E+03	Si 100% Cyclohexane	1,41E-02	3,48E-02	/	/
(2-Méthylpentane° +) 2,3 Diméthylbutane	Actif	250	630	141	356	1,84E+04	Si 100% 2,3 Diméthylbutane	7,68E-03	1,93E-02	/	/
Somme des benzènes substitués en C4	Actif*	910	800	514	452	2E+02	2,57E+00	2,26E+00	/	/	/
Somme des benzènes substitués en C5	Actif*	nd	20	/	11	2E+02	/	5,65E-02	/	/	/
Somme des cycloparaffines	Actif*	690	640	390	362	1E+03	3,90E-01	3,62E-01	/	/	/
Somme des paraffines	Actif*	150	370	85	209	1E+03	8,47E-02	2,09E-01	/	/	/
Somme des paraffines substituées	Actif*	320	670	181	378	1E+03	1,80E-01	3,78E-01	/	/	/

nd : non détectée

° molécule déjà identifiée comme traceur de l'activité imprimerie

Passif* : Composés quantifiés par rapport à une autre molécule de la même famille ou par rapport au toluène par défaut.

"4" : Limites de quantification (LQ). La concentration de la substance détectée est inférieure à cette LQ.

Certaines substances sont co-élues et sont indiquées dans le tableau de la façon suivante : « substance A + substance B », comme par exemple « Chlorobenzène + paraffine ».

Si 100% Cyclohexane hypothèse posée pour le calcul de risque dans le cas de substances co-élues

Scénario "majorant" : Exposition 24h24, 7j/7, 365j/an											
		Quantification de l'exposition				Quantification du risque sanitaire AS			Quantification du risque sanitaire SS		
		Mesures (en µg/m³)		CI moyenne par jour (en µg/m³)		QD				ERI	
		Point 3	Point 4	Point 3	Point 4	VTR AS (en µg/m³)	Point 3	Point 4	VTR SS (en µg/m³)⁻¹	Point 3	Point 4
1,3 Diéthylbenzène	Actif	200	300	200	300	2E+02	1,00E+00	1,50E+00	/	/	/
1,4 Diéthylbenzène	Actif	90	90	90	90	2E+02	4,50E-01	4,50E-01	/	/	/
2,2-Diméthylbutane	Actif	40	100	40	100	1,84E+04	2,17E-03	5,43E-03	/	/	/
Diméthylcyclopentane	Actif*	4	20	4	20	1,84E+04	2,17E-04	1,09E-03	/	/	/
Ethylpentane	Actif*	4	30	4	30	1,84E+04	2,17E-04	1,63E-03	/	/	/
Méthyléthylcyclohexane	Actif*	30	50	30	50	1E+03	3,00E-02	5,00E-02	/	/	/
Méthyl-2-éthyl-1-benzène	Actif	nd	100	/	100	2E+02	/	5,00E-01	/	/	/
Méthyl-3-éthyl-1-benzène	Actif	100	1800	100	1800	2E+02	5,00E-01	9,00E+00	/	/	/
Méthyl-4-éthyl-1-benzène	Actif	440	100	440	100	2E+02	2,20E+00	5,00E-01	/	/	/
Octahydro-indène	Actif*	1	73	1	73	1E+03	1,00E-03	7,30E-02	/	/	/
Octahydro-pentalène	Actif*	1	5	1	5	1,84E+04	5,43E-05	2,72E-04	/	/	/
Indane + Benzène substitué en C4	Actif*	20	180	20	180	2E+02	1,00E-01	9,00E-01	/	/	/
						2E+02					
2,3-Diméthylpentane + Cyclohexane	Actif	150	370	150	370	1,84E+04	8,15E-03	2,01E-02	/	/	/
						6E+03					
(2 Méthylpentane ° +) Diméthylbutane 2.3	Actif	250	630	250	630	1,84E+04	1,36E-02	3,42E-02	/	/	/
Somme des benzènes substitués en C4	Actif*	910	800	910	800	2E+02	4,55E+00	4,00E+00	/	/	/
Somme des benzènes substitués en C5	Actif*	nd	20	/	20	2E+02	/	1,00E-01	/	/	/
Somme des cycloparaffines	Actif*	690	640	690	640	1E+03	6,90E-01	6,40E-01	/	/	/
Somme des paraffines	Actif*	150	370	150	370	1E+03	1,50E-01	3,70E-01	/	/	/
Somme des paraffines substituées	Actif*	320	670	320	670	1E+03	3,19E-01	6,69E-01	/	/	/
nd : non détectée											
° molécule déjà identifiée comme traceur de l'activité imprimerie											
Passif* : Composés quantifiés par rapport à une autre molécule de la même famille ou par rapport au toluène par défaut.											
"4" : Limites de quantification (LQ). La concentration de la substance détectée est inférieure à cette LQ.											
Certaines substances sont co-éluées et sont indiquées dans le tableau de la façon suivante : « substance A + substance B », comme par exemple « Chlorobenzène + paraffine ».											
Si 100% Cyclohexane hypothèse posée pour le calcul de risque dans le cas de substances co-éluées											



INERIS

*maîtriser le risque
pour un développement durable*

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - Internet : <http://www.ineris.fr>