



Le benzène en air intérieur : bilan des niveaux de concentration rencontrés

Laura Chiappini

► To cite this version:

Laura Chiappini. Le benzène en air intérieur : bilan des niveaux de concentration rencontrés. Pollution Atmosphérique : climat, santé, société, 2011, 210, pp.155-162. ineris-00961763

HAL Id: ineris-00961763

<https://ineris.hal.science/ineris-00961763>

Submitted on 4 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

INTRODUCTION

Suite au Grenelle de l'Environnement qui s'est tenu en 2007, le principe de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public (ERP) a été retenu. Règlementé et surveillé dans l'air extérieur depuis 2000, le benzène est parmi les composés visés par cette surveillance et fait ainsi l'objet, depuis 2008, de la rédaction de protocoles « lieux scolaires et petite enfance ». Il est mesuré, avec le formaldéhyde, dans le cadre de la campagne pilote nationale lancée par Chantal JOUANNO, Secrétaire d'État à l'Écologie, en septembre 2009 à la demande du deuxième plan national santé environnement (PNSE II) 2009-2013 ayant proposé une campagne pilote de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP, en commençant par les écoles et les crèches.

Dans ce contexte, le MEEDDM et le Ministère de la Santé et des Sports ont initié, avec les ministères de la Famille et de l'Éducation Nationale, une campagne nationale de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans 300 écoles et crèches afin de définir les modalités de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air prévue par le projet de loi dit « Grenelle 2 », à partir de 2012, pour certains établissements recevant du public comme les écoles et les crèches. Ainsi, 150 établissements ont été concernés par des mesures de concentration en benzène et formaldéhyde en 2009 et tout autant le seront en 2010.

Cancérogène, le benzène a fait l'objet de nombreuses études concernant ses effets aigus et chroniques et de l'établissement de valeurs guides en air intérieur (VGAI) par l'ANSES (AFSSET, 2008)¹ ainsi que de valeurs de valeurs repères d'aide à la gestion par le Haut Conseil de Santé Publique, HCSP (HCSP, 2010).

Dans ce contexte d'intérêt grandissant pour la qualité de l'air intérieur et de la mise en place progressive d'une surveillance de la qualité de l'air des ERP, cette étude se propose de réaliser un état des lieux des concentrations en benzène communément mesurées dans les lieux publics dans lesquels les AASQA pourraient intervenir et de cibler ainsi les environnements qui pourraient être potentiellement concernés en priorité par une surveillance pour ce composé.

LE BENZENE : SOURCES, IMPACT SANITAIRE, VGAI

1.1 SOURCES ET SURVEILLANCE DU BENZENE

1.1.1 LES SOURCES DE BENZENE EN AIR EXTERIEUR

La première source de benzène en air intérieur est l'apport de l'air extérieur. Présent naturellement dans le pétrole brut et l'essence, ses sources majeures d'émission dans l'atmosphère sont les gaz d'échappement automobile, l'évaporation de l'essence pendant son stockage, son transport et sa distribution. La combustion du bois et d'énergies fossiles peut également constituer une source de benzène (Fiche technico-économique benzène²). Il peut y être émis par des procédés industriels lors de la synthèse chimique d'hydrocarbures aromatiques substitués (éthylbenzène, phénol, cyclohexane...) et par les fours de cokerie.

En France, les émissions totales de benzène en 2006 étaient de 54 933 tonnes, soit 4,2% des émissions totales de Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM). Le principal émetteur de benzène est le résidentiel-tertiaire (76%) en particulier du fait de la combustion du bois, suivi du transport routier avec 15%. Les émissions de benzène ont baissé de près de 37% entre 2000 et 2006, essentiellement dans le transport routier (-54%), le résidentiel-tertiaire (-35 %) et dans le secteur de la transformation. Cette diminution peut s'expliquer par la mise en vigueur de l'arrêté du 23 décembre 1999 fixant à 1 % la part de benzène dans les essences automobiles (CITEPA, <http://www.citepa.org/emissions/nationale/index.htm>).

1.1.2 LA SURVEILLANCE DU BENZENE EN AIR EXTERIEUR

La surveillance des niveaux de benzène en air extérieur est récente avec la Directive européenne fille 2000/69/CE intégrée depuis mai 2008 dans la Directive 2008/50/CE. Passé de 10 stations en 2000 à 42 en 2006, le réseau de surveillance en France commence à se densifier. Les concentrations moyennes annuelles de benzène semblent assez stables dans les stations urbaines ($\sim 1 \mu\text{g m}^{-3}$ en moyenne) et en diminution à proximité des industries et du trafic ($\sim 2 \mu\text{g m}^{-3}$ en moyenne)

¹ ANSES : agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, anciennement AFSSET

² J. M. Brignon, Fiche technico-économique <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/439>

1.1.3 LES SOURCES DE BENZENE EN AIR INTERIEUR

De manière générale, les niveaux de benzène mesurés en air intérieur sont supérieurs aux niveaux mesurés en air extérieur (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, 2006; Gallego et al., 2008) suggérant l'apport de sources intérieures.

- Le tabagisme est l'une des sources majeures de benzène en air intérieur (Lai et al., 2007; Gallego et al., 2008; Gokhale et al., 2008; Parra et al., 2008), la quantité de ce composé émise par une cigarette étant comprise entre 296 et 535 µg (Charles et al., 2007).
- Les processus de combustion telle la combustion du bois peuvent être source d'émission de benzène (Allemand et al., 2008, Leoz-Garziandia et al., 2008; Leoz-Garziandia et al., 2009) non seulement en air intérieur mais également en air extérieur.
- Par ailleurs, des produits de consommation peuvent émettre du benzène. C'est le cas de certaines lessives et de vernis à ongle (Kwon et al., 2007) par exemple ou des encens, désodorisants, et bougies (ICRT, 2005).

Cependant, Weschler, 2009 note, dans sa review sur « les changements de la pollution en air intérieur depuis 1950 », la décroissance des concentrations en benzène mesurées entre les années 80 d'une part et les années 2000 d'autre part, dans différentes villes aux Etats-Unis, aussi bien en air intérieur et extérieur qu'au niveau même des émissions des produits de consommation : En effet, largement utilisé dans les années 50, son élimination des produits de consommation a été proposée par le US Consumer Product Safety Commission en 1978. Quelques années plus tard, l'IARC classait le benzène parmi les composés cancérogènes pour l'homme (IARC, 1982). En France, l'Arrêté du 30 avril 2009 relatif aux conditions de mise sur le marché des produits de construction et de décoration contenant des substances cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégorie 1 ou 2 stipule que les produits de construction et de décoration ne peuvent être mis sur le marché que s'ils émettent moins de 1 µg m⁻³ pour chacune des substances visées l'arrêté dont le benzène..

1.1.4 PRODUITS DE CONSOMMATION ET REGLEMENTATION

Largement utilisé dans les années 50, l'élimination du benzène des produits de consommation a été proposée par le US Consumer Product Safety Commission en 1978. Quelques années plus tard, l'IARC classait le benzène parmi les composés cancérogènes pour l'homme (IARC, 1982).

En Europe, la directive 1999/13/CE sur la réduction des émissions des COV a pour conséquence indirecte la réduction de l'emploi du benzène alors que la directive 87/677/CE limite à 0,1 % en poids la teneur en benzène des préparations industrielles (sauf pour les carburants et les préparations industrielles ne permettant pas l'émission de benzène en quantité supérieure à la législation existante). La directive 98/70/CE limite la concentration en benzène dans les carburants à 1 % en

Volume.

En France, l'Arrêté du 30 avril 2009 relatif aux conditions de mise sur le marché des produits de construction et de décoration contenant des substances cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégorie 1 ou 2 stipule que les produits de construction et de décoration ne peuvent être mis sur le marché que s'ils émettent moins de 1 µg m⁻³ dans les conditions d'essais pour l'évaluation des émissions et pour chacune des substances visées par l'arrêté dont le benzène.

Ainsi, malgré la décroissance de ses émissions dans l'atmosphère, le benzène n'en reste pas moins une substance cancérogène sans seuil, d'intérêt prioritaire, surveillée en air intérieur et pour laquelle des valeurs guide ont été établies.

1.2 TOXICITE ET EXPOSITION

La voie d'exposition majeure au benzène est l'inhalation. Une fois inhalé, le benzène est rapidement absorbé et facilement accumulé dans les tissus adipeux, métabolisé dans le foie, la moelle osseuse... Une exposition aiguë au benzène entraîne une dépression du système nerveux central et respiratoire. Une exposition chronique non cancérogène a des répercussions sur la moelle osseuse. Quant aux effets cancérogènes et génotoxiques, une relation entre exposition au benzène et survenue de leucémies a clairement été mise en évidence (Fiche de données toxicologiques et environnementales, INERIS, 2006³). Afin de protéger les populations de ces différents effets, l'ANSES a proposé des valeurs guide de la qualité de l'air intérieur (AFSSET, 2008). En juin 2010, le HCSP a établi des valeurs repère d'aide à la gestion (HCSP, 2010).

1.2.1 LES VALEURS GUIDE DE QUALITE DE L'AIR INTERIEUR (VGAI) DE L'ANSES

³ Fiche de données toxicologiques et environnementales, disponible sur <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/439>

VGAI long terme 10 $\mu\text{g m}^{-3}$ pour une durée d'exposition supérieure à un an

VGAI intermédiaire : 20 $\mu\text{g m}^{-3}$ en moyenne sur un an pour les effets hématologiques non cancérogènes prenant en compte des effets cumulatifs du benzène

VGAI court terme : 30 $\mu\text{g m}^{-3}$ en moyenne sur 14 jours pour les effets hématologiques non cancérogènes prenant en compte des effets cumulatifs du benzène.

1.2.2 L'AVIS DU HAUT CONSEIL DE SANTE PUBLIQUE (HCSP)

2 $\mu\text{g m}^{-3}$ comme valeur cible à atteindre en 5 ans,

5 $\mu\text{g m}^{-3}$ comme valeur repère de qualité d'air en dessous de laquelle aucune action corrective spécifique n'est préconisée aujourd'hui. A partir de 2012, cette valeur repère évoluera avec une pente de décroissance de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par an jusqu'à la valeur cible qui devra être atteinte en 2015.

10 $\mu\text{g m}^{-3}$ comme une valeur d'action rapide au-delà de laquelle les sources en cause doivent être rapidement identifiées et neutralisées dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère, soit 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012. Un délai de mise en conformité de quelques semaines à quelques mois est accordé du fait qu'il s'agit de protéger d'un effet à long terme.

1.2.3 LA DIRECTIVE EUROPEENNE INTEGREE 2008/50/CE : VALEUR LIMITE AIR AMBIANT

Il est également important de rappeler la valeur limite en air ambiant pour une moyenne annuelle de 5 $\mu\text{g m}^{-3}$ fixée par la Directive Européenne intégrée 08/50/CE

2. CONCENTRATIONS EN BENZENE MESUREES EN AIR INTERIEUR

Le tableau ci-dessous présente la synthèse des études recensées dans la littérature faisant état de mesures de benzène en air intérieur. Il reprend la moyenne des concentrations mesurées en Europe, en France, aux Etats Unis et en Asie. Même si ce travail bibliographique vise en tout premier lieu les établissements recevant du public, les mesures réalisées en résidences privées ont également été considérées.

Sont ainsi indiqués, par type de lieu (Résidences, cafés, restaurants, Immeubles publics, écoles, crèches...), le nombre de sites de mesure sur l'ensemble des études recensées pour même localisation géographique (Europe, France, Etats Unis et Asie) d'établissements ou de résidences instrumentés, les concentrations médianes ou moyennes mesurées en air extérieur, les concentrations médianes, moyennes, maximales et minimales mesurées en air intérieur.

Il est enfin important de rappeler que ce tour d'horizon des études portant sur les mesures de benzène en air intérieur ne prétend aucunement à l'exhaustivité.

Tableau 1 : Synthèse des études recensées dans la littérature. NR : non renseigné. Toutes les concentrations sont données en $\mu\text{g m}^{-3}$.

Lieu	Nbr de sites	Mesure ext	C moy	C méd	C min	C max	Référence
Résidences Europe	473	3,7	4,80	NR	NR	NR	Lai et al., 2007, Gallego et al., 2008
Résidences France	569	LQ		2,70	2,50	6,80	OQAI, 2006, Fraboulet 2009
Résidences USA	322	0,98	2,71	1,21		47,3	Jia et al 2008
Résidences Asie	71	3,69	4,65			39,61	Ohura et al 2009
Café Europe	51	2,91	1,61	9,57		17,10	Parra et al., 2008, Ballesta et al., 2006, Bolte et al., 2008
Restaurant Asie	4	7,27	10,34	9,77	3,67	18,30	Guo et al., 2003
Immeubles publics Europe	NR	5,29	9,41		4,26	16,34	Bruin et al., 2006 (projet AIRMEX),
Immeubles publics France	1		0,26		0,56		Déléry et al, 2002
Immeubles publics Asie	6	7,78	11,54	11,47	1,11	42,58	Guo et al., 2003
Ecoles Europe	NR	3,17	3,08		2,36	7,83	Bruin et al., 2006, Ballesta et al 2006, Starnger et al 2008
Ecoles France	171	2,26	2,0		1,0	11,8	Campagne pilote 2010, OQAI 2002, ASPA, 2005, ASCOPARG, 2008, COPARLY, 2009, Ligair 2009, Air PL 2010
Ecoles USA	9	0,06	0,09			1,60	Godwin and Batterman, 2006
Ecoles Asie	27	25,44	12,74	10,83	6,65	23,76	Guo et al 2003, Ruchirawat et al in press
Crèches France	105	1,70	1,77		1,03	4,50	Campagne nationale écoles et crèches 2010, Domsic 2001, ASPA, 2005, ORAMIP, 2007
Jardins d'enfants Asie	3	1,50	2,40				Gokhale et al in press
Bureaux Europe	NR	3,53		4,83		12,78	Ballesta et al 2006
Bureaux France	102			2,15		0,50	ASPA, 2005, Dusséaux 2001, ORAMIP, 2006
Bureaux Asie	6	4,97	4,40	4,06	1,62	8,09	Guo et al 2003
Métro Europe		3,20		6,00		8,00	Ballestas et al 2006
Métro France	NR		1,42	0,93	1,15	10,03	Air Breizh 2005, ORAMIP, 2006
Lieux divers France	15		2,16			2,80	ASPA, 2005, Le Moullec, 2004
Aéroport France	21		0,69	0,68	0,58	0,85	ORAMIP , 2002, AIRAQ, 2008

3. RESUME ET COMMENTAIRES

Globalement, les niveaux en benzène les plus élevés sont observés en Asie. Cependant, dans cette partie « résumé et commentaires » un focus est réalisé sur l'Europe uniquement dans un premier temps, puis sur la France en prenant comme valeur de référence les valeurs repère proposées fixées par le HCSP et les valeurs guides proposées par l'ANSES.

3.1 FOCUS EUROPE ET FRANCE

Si l'on excepte les études ayant identifié le tabagisme comme source principale de benzène, sur les 72 études recensées :

- 36 % présentent des concentrations moyennes inférieures ou égales à $2 \mu\text{g m}^{-3}$
- 45 % présentent des concentrations comprises entre 2 et $5 \mu\text{g m}^{-3}$
- 10 % présentent des concentrations comprises entre 5 et $10 \mu\text{g m}^{-3}$
- Enfin, 1 % présente des concentrations supérieures ou égales à $30 \mu\text{g m}^{-3}$.

De manière générale, les concentrations les plus élevées sont mesurées dans les villes du sud (Ballesta et al., 2006; Bruin et al., 2006; Kotzias et al., 2009). Ceci pourrait s'expliquer par une régulation de trafic moins stricte que dans les pays du nord (Athènes qui se caractérise par des dépassements de la valeur limite de $5 \mu\text{g m}^{-3}$ est connue pour l'intensité de son trafic), ou des moyens de chauffage vétustes (Catania en Sicile).

Les environnements présentant les concentrations les plus élevées ($> 5 \mu\text{g m}^{-3}$) sont les bureaux, les immeubles recevant du public ainsi que les résidences de particuliers. En ce qui concerne les bureaux et les immeubles recevant du public, l'emploi de produits d'entretien dont la composition est peu maîtrisée pourrait être une explication. Quant aux résidences de particuliers, les sources peuvent être plus diverses que dans les autres environnements intérieurs : la combustion de bougies odorantes ou d'encens est en effet connue pour être source de benzène (voir paragraphe 1.1). Il est possible de constater que dans 80 % des cas, les concentrations moyennes mesurées restent inférieures à la valeur limite de surveillance en air ambiant de $5 \mu\text{g m}^{-3}$.

Notons que toutes les mesures réalisées en France présentent des valeurs moyennes inférieures à $5 \mu\text{g m}^{-3}$.

il semble intéressant de noter que, dans les écoles et les crèches, sur l'ensemble des références considérées ici, 64 % présentent des concentrations moyennes en benzène inférieures à $2 \mu\text{g m}^{-3}$ et 36 % comprises entre 2 et $5 \mu\text{g m}^{-3}$. Si l'on s'intéresse aux concentrations maximales mesurées, elles sont comprises entre 1,2 et $5,8 \mu\text{g m}^{-3}$, la valeur maximale de 5,8 étant atteinte à Grenoble en période hivernale. Cette région est connue, à cette période de l'année, pour être marquée par une forte contribution du chauffage au bois, source potentielle de benzène.

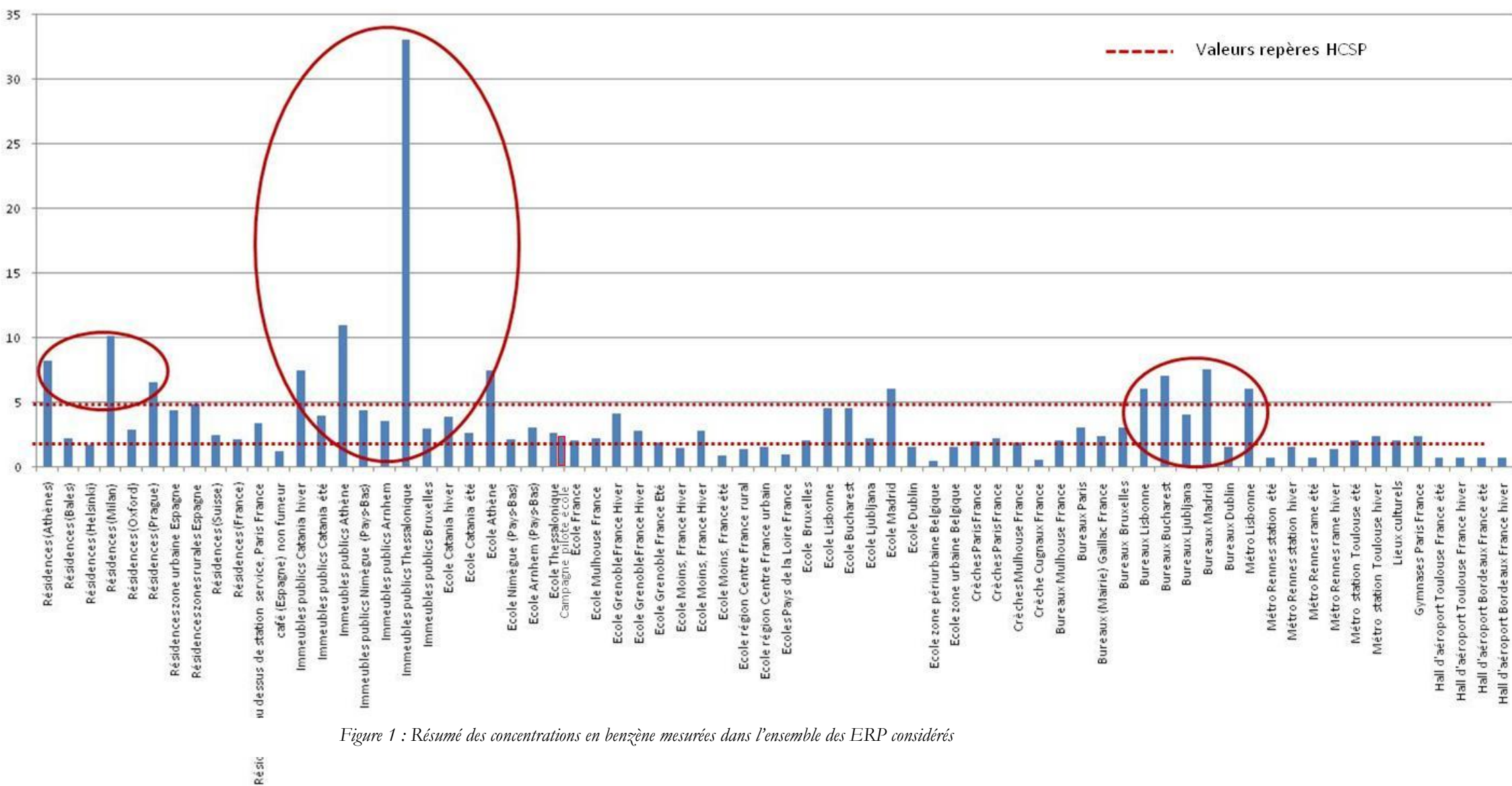


Figure 1 : Résumé des concentrations en benzène mesurées dans l'ensemble des ERP considérés

3.2 TENDANCES SAISONNIERES ET SPATIALES, SOURCES MAJORITAIRES DE BENZENE

Si l'on excepte les mesures réalisées dans des résidences en Chine, toutes les études s'étant intéressées aux variations saisonnières des concentrations en benzène concluent à une augmentation des niveaux de benzène en période hivernale. Les moyens de chauffage domestiques mais également un renouvellement d'air moins fréquent pourrait expliquer ce phénomène.

En ce qui concerne l'étude de la variabilité spatiale, elle concerne principalement les écoles où plusieurs classes peuvent être instrumentées. Les études considérées ici ne font pas état de différences majeures entre les différentes salles de classes lorsque des mesures ont été réalisées sur l'ensemble de l'école. Seule l'étude de Stranger et al., 2008 conclue à une influence de l'étage avec des concentrations plus importantes mesurées au rez-de-chaussée. Cette observation devra être confrontée aux résultats de la campagne écoles et crèches au cours de laquelle des mesures de grande ampleur, sur un nombre important d'établissement ont pu être réalisées.

Mis à part quelques cas particuliers, la grande majorité des auteurs concluent à une très large prédominance de la source extérieure sur les niveaux intérieurs de benzène.

Ce tour d'horizon des études visant à évaluer les niveaux de benzène dans les ERP a mené aux conclusions suivantes :

- Les niveaux en benzène les plus élevés sont observés en Asie (concentrations supérieures à $10 \mu\text{g m}^{-3}$).
- Globalement, les environnements présentant les concentrations les plus élevées ($> 5 \mu\text{g m}^{-3}$) sont les bureaux, les immeubles recevant du public ainsi que les résidences de particuliers
- En Europe, les niveaux les plus élevés sont mesurés dans les villes du sud (Athènes, Madrid, Thessalonique, Catania...).
- En Europe, les périodes hivernales sont marquées par des niveaux de benzène en air intérieur plus importants qu'en période estivale.
- En Europe, dans 80 % des cas, les concentrations moyennes mesurées sont inférieures à la valeur limite de surveillance en air ambiant de $5 \mu\text{g m}^{-3}$.
- En France, dans 100 % des études considérées, les valeurs moyennes sur l'ensemble des mesures réalisées au cours de chaque étude, sont inférieures à $5 \mu\text{g m}^{-3}$.
- France et en Europe, ponctuellement, les concentrations en benzène peuvent atteindre des valeurs supérieures à $5 \mu\text{g m}^{-3}$ ($12 \mu\text{g m}^{-3}$ ont par exemple été atteints dans une école au cours de la campagne pilote nationale)

Même si ses niveaux restent faibles en air intérieur et en particulier en France, le benzène n'en reste pas moins une substance d'intérêt majeur de part ses effets sanitaires. Ses concentrations peuvent en effet ponctuellement atteindre des valeurs préoccupantes pour la santé, en particulier dans les écoles et crèches.

La surveillance des niveaux en benzène semble donc indispensable afin de s'assurer, sur le long terme, que la tendance de réduction de concentrations initiée par la réglementation européenne et la réglementation sur les produits de consommation, se poursuit. Elle ne doit en revanche pas faire oublier la surveillance d'autres composés tels les particules, préoccupants d'un point de vue sanitaire et dont les niveaux peuvent atteindre des concentrations considérables en air intérieur et ne s'inscrivent malheureusement pas aujourd'hui dans une tendance de diminution.

Enfin, les conclusions de cette étude, en particulier celles portant sur la France, sont similaires aux conclusions de la 1^{ère} phase de la campagne pilote nationale menée en 2009 dans 157 écoles et crèches où les concentrations moyennes de $2,3 \mu\text{g m}^{-3}$ sont inférieures à la valeur de $5 \mu\text{g m}^{-3}$ comme 100 % des études menées en France.

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFSSET, C. (2008). "Valeurs guides de la qualité de l'air intérieur: le benzène." Rapport d'expertise collective disponible sur <http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/693734283663878146439921874278/afsset-rapport-benzene-VGAI-vdef.pdf>.

Air Pays de la Loire (2009). "Evaluation de la qualité de l'air intérieure dans deux établissements scolaires nantais."

Allemand, N., J. L. Besombes, et al. (2008). "Evaluation de l'impact des appareils de chauffage à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur " Rapport DRC-08-70201-15219A.

ASCOPARG (2008). "Diagnostic de la qualité de l'air dans les établissements scolaires de la Métro." Disponible sur http://www.atmo-rhonealpes.org/Site/article/voir/toutes_nos_publications.

ASPA (2005). "Campagne de mesure dans les lieux publics sur l'agglomération mulhousienne." Disponible sur http://www.atmo-alsace.net/medias/produits/Campagne_de_mesure_dans1.pdf.

Ballesta, P. P., R. A. Field, et al. (2006). "Population exposure to benzene: One day cross-sections in six European cities." *Atmospheric Environment* **40**(18): 3355-3366.

Batterman, S., C. Jia, et al. (2007). "Migration of volatile organic compounds from attached garages to residences: A major exposure source." *Environmental Research* **104**(2): 224-240.

Bilan QA DGEC , D. G. d. l. E. e. d. C. (2010). "Bilan de la qualité de l'air en France en 2009." Disponible sur http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/bilan_air_complet.pdf.

Bolte, G., D. Heitmann, et al. (2008). "Exposure to environmental tobacco smoke in German restaurants, pubs and discotheques." *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* **18**: 262-271.

Bruin, Y. B. D., K. Koistinen, et al. (2006). The AIRMEX Project; Comparison of Indoor, Outdoor and Personal Exposure Concentrations of VOCs Across European Cities. **17**: S454-S455.

Charles, S. M., S. A. Batterman, et al. (2007). "Composition and emissions of VOCs in main- and side-stream smoke of research cigarettes." *Atmospheric Environment* **41**(26): 5371-5384.

COPARLY (2009). "Diagnostic de la qualité de l'air intérieur: école primaire de Mions (69)." Disponible sur http://www.atmo-rhonealpes.org/Site/News/Voir/qualite_de_lair_interieur_groupe_scolaire_pasteur.

Déléry, L. (2002). "Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions de tétrachloroéthylène par deux installations françaises de nettoyage à sec." **INERIS-DRC ERSA Lde-02-25419-337 pour le ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables**.

Dodson, R. E., J. I. Levy, et al. (2008). "Influence of basements, garages, and common hallways on indoor residential volatile organic compound concentrations." *Atmospheric Environment* **42**(7): 1569-1581.

Fraboulet, I. and L. Chiappini (2009). "Impact local des stations-service sur les concentrations de benzène dans l'environnement (air intérieur et extérieur) – Etude de terrain sur deux sites parisiens." Rapport pour le MEEDDAT: DRC-09-104235-03943A.

Gallego, E., F. X. Roca, et al. (2008). "Indoor and outdoor BTX levels in Barcelona City metropolitan area and Catalan rural areas." *Journal of Environmental Sciences* **20**(9): 1063-1069.

Gokhale, S., T. Kohajda, et al. (2008). "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**(1): 122-138.

Guo, H., S. C. Lee, et al. (2003). "Source characterization of BTEX in indoor microenvironments in Hong Kong." *Atmospheric Environment* **37**(1): 73-82.

HCSP, H. C. d. l. S. P. (2010). "Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le benzène dans l'air des espaces clos." 16 juin 2010 **Disponible sur http://www.hcsp.fr/docspdf/avisrapports/hcspa20100616_benzenespclus.pdf.**

IARC (1982). "IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risks of chemical to humans." **29**: 416.

ICRT (2005). "Emission of chemicals by air fresheners: tests on 74 consumer products sold in Europe " Test conducted for the BEUC, the European Consumer Organization.

INERIS (2006). "Fiche de données toxicologiques et environnementales." <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/439>.

Jia, C., S. Batterman, et al. (2008). "VOCs in industrial, urban and suburban neighborhoods, Part 1: Indoor and outdoor concentrations, variation, and risk drivers." *Atmospheric Environment* **42**(9): 2083-2100.

Kotzias, D. (2005). "Indoor air and human exposure assessment - needs and approaches." *Experimental and Toxicologic Pathology* **57**(Supplement 1): 5-7.

Kotzias, D., O. Geiss, et al. (2009). "Exposure to multiple air contaminants in public buildings, schools and kindergartens: the European Indoor Air Monitoring and Exposure Assessment (AIRMEX) study " *Fresenius Environmental Bulletin* **18**: 670-681.

Kwon, K. D., W. K. J., et al. (2007). "Characterization of emissions composition for selected household products available in Korea." *Journal of Hazardous Materials* **148**: 192-198.

Lai, H. K., M. J. Jantunen, et al. (2007). "Determinants of indoor benzene in Europe." *Atmospheric Environment* **41**(39): 9128-9135.

- Leoz-Garziandia, E., N. Allemand, et al. (2008). "Évaluation de l'impact des appareils de chauffage domestique à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur." Rapport pour le MEEDDEM, DRC-08-70801-15219A.
- Leoz-Garziandia, E., J. L. Besombes, et al. (2009). "Contribution du chauffage au bois à la qualité de l'air extérieur : données existantes et études en cours en France." Pollution Atmosphérique **Numéro spécial mars 2009**.
- Lig'Air (2010). "AICOLE: L'Air à l'Intérieur des éCOles en région centre - Etat des lieux de la qualité de l'air à l'intérieur des classes."
- Mandin, C. and S. Kirschner (2010). "Santé et confort des travailleurs dans les immeubles de bureaux en France : lancement d'une campagne nationale." disponible sur http://www.actineo.fr/IMG/pdf/Poster_OQAI_Bureaux.pdf.
- Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (2006). "Campagne de surveillance nationale sur la qualité de l'air intérieur dans les logements français." Available: http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/901096605168212697057874284367/qualite_air_interieur_oqai_2006.pdf.
- Ohura, T., T. Amagai, et al. (2009). "Comparative study on indoor air quality in Japan and China: Characteristics of residential indoor and outdoor VOCs." Atmospheric Environment **43**(40): 6352-6359.
- OQAI (2006). "Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Campagne de surveillance nationale sur la qualité de l'air intérieur dans les logements français." Available: http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/901096605168212697057874284367/qualite_air_interieur_oqai_2006.pdf.
- Parra, M. A., D. Elustondo, et al. (2008). "Quantification of indoor and outdoor volatile organic compounds (VOCs) in pubs and cafés in Pamplona, Spain." Atmospheric Environment **42**(27): 6647-6654.
- Stranger, M., S. S. Potgieter-Vermaak, et al. (2008). Characterization of indoor air quality in primary schools in Antwerp, Belgium. **18**: 454-463.
- Weschler, C. J. (2009). "Changes in indoor pollutants since the 1950s." Atmospheric Environment **43**(1): 153-169.