

RAPPORT D'ÉTUDE

25/06/2010

N° -DRC -09-104235-03943A-

**Impact local des stations-service sur les concentrations de benzène dans l'environnement (air intérieur et extérieur) – Etude exploratoire sur deux sites parisiens**



Surveillance de la Qualité de  
l'Air en Ile-de-France

**INERIS**

maîtriser le risque |  
pour un développement durable |



**Impact local des stations-service sur les concentrations de benzène dans l'environnement (air intérieur et extérieur) – Etude exploratoire sur deux sites parisiens**



*maîtriser le risque |  
pour un développement durable |*

**Ministère de l'Écologie, de l'Énergie  
du Développement durable  
et de la Mer**

Grande Arche  
Tour Pascal A et B  
92055 La Défense CEDEX

Liste des personnes ayant participé à l'étude : B. Brouard (INERIS), L. Chiappini (INERIS), S. Fable (INERIS), I. Fraboulet (INERIS), J. Gauduin (Airparif), G. Le Nir (Airparif), H. Marfaing (Airparif)



## PRÉAMBULE

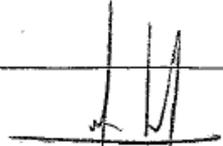
Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

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	I.Fraboulet L.Chiappini	M.Durif	N. Alsac
Qualité	Responsables d'affaires au Pôle « Caractérisation de l'environnement »	Responsable de l'Unité « Milieux »	Direction des Risques Chroniques  Responsable du Pôle « Caractérisation de l'Environnement »
Visa			





Surveillance de la Qualité de l'Air  
en Ile-de-France

# IMPACT LOCAL DES STATIONS-SERVICE SUR LES CONCENTRATIONS DE BENZENE DANS L'ENVIRONNEMENT (AIR INTERIEUR ET EXTERIEUR) -- ETUDE DE TERRAIN SUR DEUX SITES PARISIENS

Mars 2009

---

Etude réalisée par :

Airparif, association de surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France – Pôle Etudes  
7, rue Crillon 75004 PARIS – Tél. : 01.44.59.47.64 - Fax : 01.44.59.47.67 - [www.airparif.asso.fr](http://www.airparif.asso.fr)

Et

INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques – Direction des Risques Chroniques  
Parc technologique Alata, BP 2, 60550 VERNEUIL-EN-HALATTE – Tél. : 03.44.55.66.77 - Fax : 03.44.55.66.99 -  
[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. RESUME</b> .....	<b>15</b>
<b>2. REMERCIEMENTS</b> .....	<b>17</b>
<b>3. INTRODUCTION</b> .....	<b>17</b>
3.1. Contexte .....	17
3.2. Objectifs .....	19
3.3. Synthèse bibliographique concernant les concentrations en benzène à proximité des stations-service .....	20
3.3.1. Sources documentaires .....	20
3.3.2. Analyse bibliographique.....	21
3.3.2.1. Air ambiant des stations .....	21
3.3.2.2. Limite de propriété et voisinage des stations.....	24
3.3.2.3. Air intérieur à proximité des stations.....	25
<b>4. PRINCIPE ET PROTOCOLE D'ETUDE</b> .....	<b>27</b>
4.1. Etape 1 : Choix des sites.....	27
4.2. Etape 2 : Prise de contact avec les industriels et les riverains .....	28
4.3. Etape 3 : Campagnes de mesure.....	28
4.3.1. Stratégie d'échantillonnage.....	29
4.3.2. Prélèvements sur le terrain .....	31
4.3.2.1. Campagne A (Station A).....	31
4.3.2.2. Campagne B (Station B).....	32
4.3.2.3. Mesures complémentaires sur deux stations du réseau permanent d'Airparif.....	32
4.3.3. Etape 4 : Analyse.....	33
<b>5. RESULTATS</b> .....	<b>35</b>
5.1. Remarques préalables .....	35
5.2. Analyse des questionnaires fournis aux participants de l'étude .....	35
5.3. Conditions de dispersion et de trafic.....	36
5.3.1. Environnement des sites de mesure.....	36
5.3.2. Conditions météorologiques .....	36
5.3.3. Conditions de trafic routier .....	37

5.4. Concentrations en benzène et toluène mesurées lors des campagnes .....	37
5.4.1. Benzène .....	37
5.4.1.1. Concentrations sur cour .....	39
5.4.1.2. Concentrations sur rue .....	40
5.4.1.2.1. Analyse de concentrations mesurées .....	40
5.4.1.2.2. Comparaison avec les données de la littérature .....	42
5.4.1.3. Concentrations à l'intérieur des logements .....	43
5.4.1.3.1. Remarques préalables .....	43
5.4.1.3.2. Analyse de concentrations mesurées .....	44
5.4.1.3.3. Comparaison avec les données de la littérature .....	45
5.4.2. Toluène .....	48
5.4.2.1. Concentrations sur cour .....	49
5.4.2.2. Concentrations sur rue .....	50
5.4.2.3. Concentration à l'intérieur des logements .....	52
5.4.2.3.1. Remarques préalables .....	52
5.4.2.3.2. Analyse de concentrations mesurées .....	52
5.4.2.3.3. Comparaison avec les données de la littérature .....	53
5.5. Synthèse des résultats .....	56
<b>6. ANALYSE DE L'EVOLUTION DES RATIOS DE CONCENTRATION.....</b>	<b>57</b>
6.1. Ratios intérieur/extérieur .....	57
6.2. Ratios toluène/benzène.....	57
<b>7. CONCLUSION.....</b>	<b>63</b>
<b>8. REFERENCES .....</b>	<b>65</b>
<b>9. LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>67</b>



## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1 : Schéma explicatif de la récupération de vapeur « stage I » .....	18
Figure 2 : Schéma explicatif de la récupération de vapeur « stage II » .....	19
Figure 3 : Configuration site d'étude - site témoin, mesure de la décroissance horizontale.....	30
Figure 4 : Instrumentation des immeubles .....	31
Figure 5 : Stations de référence choisies parmi le réseau permanent de mesure d'Airparif pour cette étude. ....	32
Figure 6 : Représentation des concentrations en benzène mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude, station A. ....	38
Figure 7 : Représentation des concentrations en benzène mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude, station B. ....	38
Figure 8 : Concentrations mesurées sur rue lors des deux campagnes et comparaison avec les niveaux mesurés par le réseau Airparif .....	40
Figure 9 : Evolution des concentrations de benzène en fonction de l'éloignement horizontal à la station A.....	41
Figure 10 : Evolution des concentrations de benzène en fonction de l'éloignement horizontal à la station B.....	41
Figure 11 : Concentrations mesurées sur rue au niveau des stations A et B, comparaison avec les données de la littérature .....	42
Figure 12 : Concentrations médianes en benzène mesurées dans l'air intérieur des logements (stations A et B), comparaison avec les données de la littérature .....	45
Figure 13 : Concentrations en benzène mesurées dans l'air intérieur, comparaison avec la répartition pondérée des résultats des concentrations en benzène dans l'air intérieur (chambre principale ou assimilée) ; campagne OQAI 2006 .....	46
Figure 14 : Représentation des concentrations en toluène mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude, station A. ....	48
Figure 15 : Représentation des concentrations en toluène mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude, station B. ....	49
Figure 16 : Concentrations mesurées sur rue lors des deux campagnes et comparaison avec les niveaux mesurés par le réseau Airparif .....	50
Figure 17 : Médianes des concentrations en toluène mesurées dans l'air intérieur des logements (stations A et B), comparaison avec les données de la littérature .....	54

Figure 18 : Concentrations en toluène mesurées dans l'air intérieur comparaison avec la répartition pondérée des résultats des concentrations en toluène dans l'air intérieur (chambre principale ou assimilée) ; campagne OQAI 2006.....	54
Figure 19 : Évolution du ratio entre les concentrations de toluène/benzène en fonction des concentrations de benzène mesurées à l'extérieur sur cour et sur rue .....	58
Figure 20 : Évolution du ratio entre les concentrations de toluène/benzène en fonction des concentrations de benzène mesurées lors des deux campagnes à l'intérieur et à l'extérieur des immeubles témoins.....	59
Figure 21 : Évolution du ratio entre les concentrations de toluène/benzène en fonction des concentrations de benzène mesurées lors des deux campagnes à l'intérieur et à l'extérieur immeubles d'étude .....	60
Tableau 1 : Synthèse des données de la bibliographie concernant les concentrations en benzène dans l'air ambiant des stations-service.....	23
Tableau 2 : Synthèse des données de la bibliographie concernant les concentrations en benzène en limite des propriétés et au voisinage des stations.....	25
Tableau 3 : Caractéristiques des stations étudiées .....	27
Tableau 4 : Plan d'expérience .....	29
Tableau 5 : Conditions météorologiques observées lors des campagnes.....	36
Tableau 6 : Comparaison des médianes et gammes de concentrations en benzène dans l'air intérieur .....	44
Tableau 7 : Concentrations en benzène et toluène dans l'air intérieur rapportées dans les guides de l'OMS sur la qualité de l'air .....	45
Tableau 10 : Comparaison des médianes et gammes de concentrations en Toluène dans l'air extérieur sur rue .....	50
Tableau 8 : Comparaison des médianes et gammes de concentrations en Toluène dans l'air intérieur .....	52
Tableau 9 : Concentrations en toluène dans l'air intérieur rapportées dans les guides de l'OMS sur la qualité de l'air .....	53

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES**

Airparif : Association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Ile de France

BTX : benzène, toluène et xylènes

BTEX : benzène, toluène ethylbenzène et xylènes

CITEPA : Centre interprofessionnel d'étude de la pollution atmosphérique

COV : composés organiques volatils

INERIS : Institut national de l'environnement industriel et des risques

JRC : Joint Research Centre

MEEDDM : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer

OPAC : Office public de l'aménagement et de la construction

OQAI : Observatoire de la qualité de l'air intérieur

Oramip : Association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Midi Pyrénées

UFIP : Union française de l'industrie pétrolière

STIIC : Service technique de l'inspection des installations classées



## **1. RESUME**

Ce rapport présente les travaux réalisés dans le cadre du programme d'appui de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) au Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM). Il s'intéresse aux concentrations en benzène et toluène mesurées dans l'air dans l'environnement des stations-service. L'objectif de ces travaux a été d'évaluer les concentrations en benzène et en toluène dans l'air intérieur et extérieur des appartements situés au dessus de deux stations-service.

Pour ce faire, deux immeubles dont les appartements sont situés au dessus de stations-service ont été sélectionnés ; la première station (A) était située dans une rue étroite à fort trafic routier, la seconde (B) était localisée sur un large boulevard offrant des conditions de dispersion plus favorables. Afin de différencier la contribution de la station-service de la contribution du trafic routier, chaque immeuble a été associé à un immeuble témoin éloigné de la station mais exposé à un niveau de trafic équivalent. Deux campagnes de mesure du benzène et du toluène ont été respectivement réalisées du 20 au 27 juin 2007 et du 19 au 26 Mars 2008. Lors de ces campagnes, des prélèvements ont été réalisés :

- à l'intérieur et à l'extérieur (côté cour et côté rue) des logements ;
- du niveau 0 au niveau 3 (jusqu'au niveau 4 pour la deuxième station) des immeubles ;
- le long de l'axe routier séparant l'immeuble d'étude de l'immeuble témoin.

Cette étude a été réalisée à Paris, en collaboration avec l'Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) en Ile-de-France, Airparif.

A caractère exploratoire, elle ne prétend pas être exhaustive, elle concernait deux sites d'étude représentatifs de situations particulières. Par ailleurs, aucune caractérisation de la ventilation des immeubles n'a été réalisée. Les résultats de cette étude n'ont pas fait l'objet d'une évaluation de risque sanitaire.

Les résultats montrent :

- que dans des conditions de dispersion favorables (station B), la présence de la station peut se traduire par une augmentation des concentrations en toluène dans l'air extérieur, alors que ce n'est pas le cas pour le benzène. Dans l'air intérieur, aucune augmentation des concentrations en benzène et en toluène n'a été observée. Au niveau de cette station, les concentrations en toluène et en benzène à l'intérieur des logements sont de l'ordre de celles observées dans les logements français (OQAI, 2006).
- que dans des conditions de dispersion non favorables, comme celles rencontrées à la station A, l'activité de la station-service peut être à l'origine de l'élévation locale des concentrations de benzène et de toluène dans l'air ambiant extérieur. Cette augmentation s'est traduite par une augmentation de la concentration dans l'air intérieur de la cage d'escalier au rez-de-chaussée pour le toluène alors que ce n'est pas le cas pour le benzène.

Les concentrations en toluène à l'intérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de la station A restent néanmoins de l'ordre de celles observées dans les logements français (OQAI, 2006).

Les concentrations en benzène mesurées à l'intérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de la station A sont supérieures à celles observées dans les logements français (OQAI, 2006), ces concentrations restent cependant de l'ordre de celles rapportées par l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 2000).

L'exploitation des concentrations seules n'a pas permis de préciser l'origine de l'impact de la station-service sur la qualité de l'air. L'interprétation de ratios toluène / benzène a montré un impact probable de l'évaporation de carburant de la station-service sur les concentrations de benzène et de toluène mesurées dans l'air intérieur des premiers étages et dans l'air extérieur sur rue au niveau des immeubles d'étude des deux stations. En effet, le toluène étant plus réactif que le benzène, lorsque la masse d'air vieillit, c'est-à-dire lorsqu'on s'éloigne de la source d'émission, le ratio toluène/benzène a tendance à diminuer (INERIS, 2004). Un ratio toluène/benzène plus élevé indique donc une plus grande proximité à la source d'émission. Cette interprétation permet de tracer qualitativement la source de l'impact.

## **2. REMERCIEMENTS**

Nous remercions l'ensemble des personnes ayant accepté de participer à l'étude, et nous ayant laissé accéder à leurs logements pour réaliser les prélèvements. Nous souhaitons également témoigner notre gratitude à l'office public de l'aménagement et de la construction (OPAC) de Paris pour nous avoir mis en contact avec certains résidents et pour sa contribution à l'organisation d'une des deux campagnes de mesure.

## **3. INTRODUCTION**

### **3.1. CONTEXTE**

Les émissions de benzène, toluène, ethylbenzène et xylènes (BTEX), lors du remplissage des cuves de stockage des stations-service et des réservoirs de véhicules, représentaient en 2003 1,3% (CITEPA, 2005) des émissions anthropogéniques des COV dans l'Union Européenne. Ces composés jouent un rôle important dans la photochimie et ont de ce fait un impact négatif sur la qualité de l'air, notamment urbain. Parmi ces composés, le benzène reconnu en tant que cancérigène est un polluant étudié pour son impact sanitaire. A ce titre :

- la concentration annuelle en benzène dans l'air ambiant, est limitée à  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par la Directive Européenne du 16 novembre 2000 (Directive 2000/69/CE).
- un décret français (décret n° 2002-213) fixe, un objectif qualité de l'air en concentration annuelle en benzène à  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Des informations concernant la toxicité, les sources, les concentrations dans l'environnement, les méthodes de mesure du benzène et de ses isomères sont consultables dans le « Position Paper » de l'Union Européenne (Commission of European Communities, 1998) et peuvent être téléchargées sur le site internet de l'INERIS (INERIS, 2004 et INERIS, 2006-1).

Il n'existe pas de réglementation relative aux concentrations en toluène mesurées dans l'air ambiant extérieur et intérieur. Pour la qualité de l'air, la concentration en toluène recommandée vis-à-vis de la santé humaine par l'OMS est de  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne hebdomadaire. En 2004, une étude INSERM (Clavel, 2004) conclut à des excès de cas de cancer chez les enfants habitant au voisinage de stations-service. En écho à cette étude, l'Union Française des Industries Pétrolières (UFIP) a réalisé un programme de mesures pour évaluer les concentrations de benzène au voisinage des stations-service (UFIP, 2006). Cette étude concernait l'impact des stations-service en périphérie de sites. Suite à ces travaux, le MEEDDM a mandaté l'INERIS pour qu'il réalise une étude visant à caractériser l'exposition des personnes vivant au dessus de stations-service situées sous immeubles d'une part et à connaître la contribution relative des stations-service et du trafic aux concentrations de benzène mesurées dans l'air ambiant, d'autre part.

Plusieurs études se sont intéressées à l'impact des émissions de COV des stations-service sur la qualité de l'air (JRC, 1995 ; INERIS, 2002 ; ORAMIP, 2004 ;

UFIP, 2006 ; Que Choisir, 2006 ; Wu et al, 2006 ; Karakitsios et al, 2007 ; De Oliveira et al, 2007). Ces approches ont majoritairement concerné l'air extérieur au niveau des pompes, en limite de propriété, et au voisinage des installations, mais n'ont pas concerné la qualité de l'air intérieur dans les logements avoisinants. Deux études (Laue et al, 1994 et Que Choisir, 2006) se sont intéressées aux concentrations en benzène dans l'air intérieur des logements avoisinants. Aucune de ces études n'a cependant spécifiquement traité le cas de stations-service situées sous des immeubles d'habitation.

Au niveau réglementaire, le décret n° 2001-349 du 18 avril 2001 portant sur les émissions d'hydrocarbures par les stations-service a été publié en 2001 par le ministère chargé de l'environnement. Il porte sur la mise en place, en deux étapes, de systèmes de récupération de COV dans la distribution de carburants.

La première étape, « stage I », concerne les stations-service délivrant un débit annuel de plus de 500 m<sup>3</sup>/an. Elle impose que les cuves des stations-service et les flottes de camions qui les ravitaillent soient équipées de systèmes de récupération des vapeurs de COV lors du dépotage (voir Figure 1).

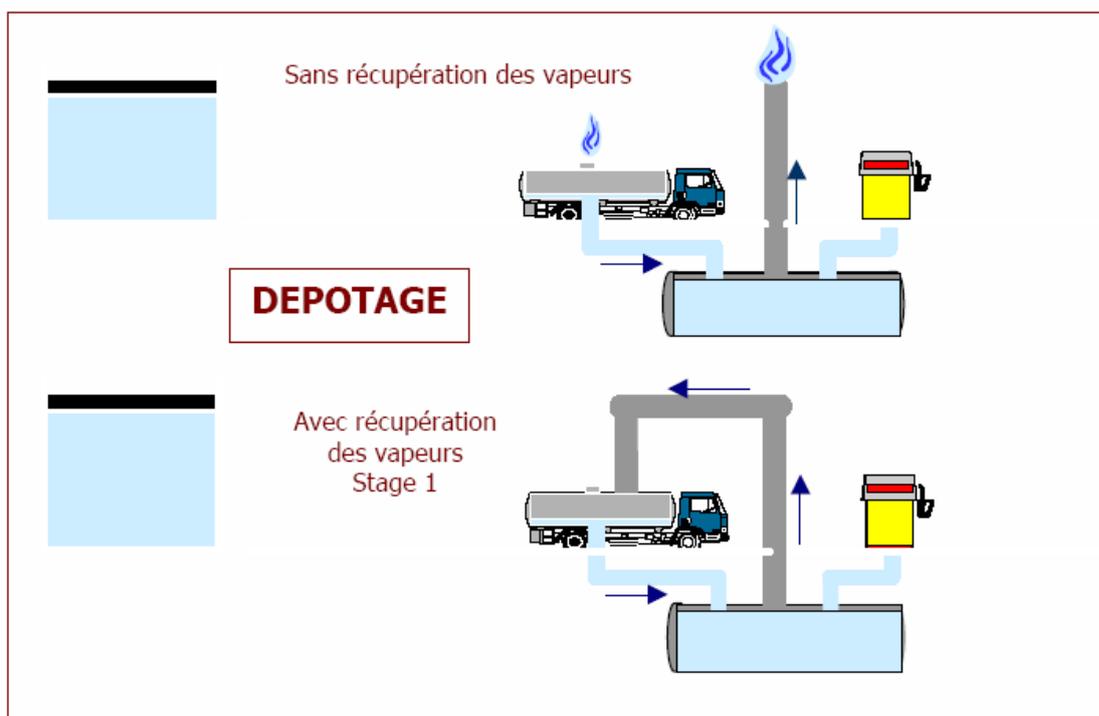


Figure 1 : Schéma explicatif de la récupération de vapeur « stage I »

La seconde étape, « stage II » concerne les stations-service dont le débit est supérieur à 3000 m<sup>3</sup>/an. Elle impose la récupération des vapeurs COV au niveau des volucompteurs d'essence des stations-service d'au moins 80 % des émissions fugitives de COV provenant des réservoirs fixes (voir Figure 2).

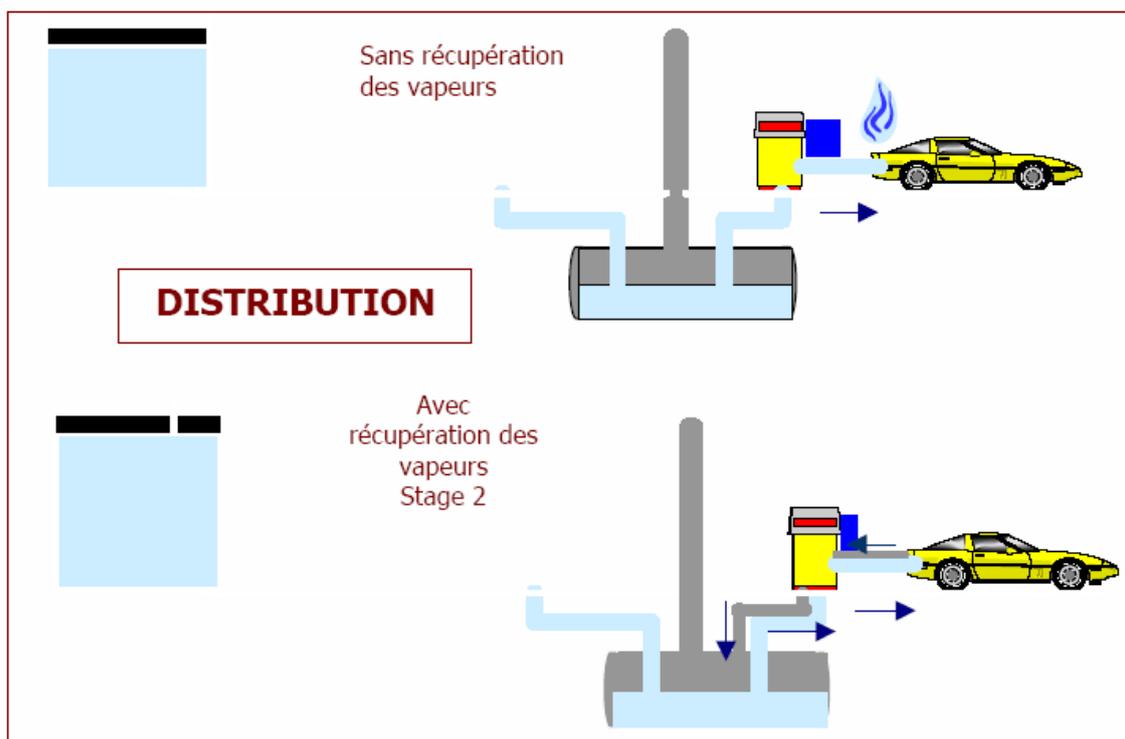


Figure 2 : Schéma explicatif de la récupération de vapeur « stage II »

Depuis l'arrêté du 19 Décembre 2008 (Arrêté du 19/12/08), l'implantation de nouvelles stations sous des immeubles est interdite.

Les stations existantes restent autorisées à condition qu'elles soient équipées, à compter du 1er janvier 2020 :

- d'un système de détection des vapeurs d'hydrocarbures, d'une installation de ventilation d'urgence dont le déclenchement est asservi au système de détection et d'un arrêt d'urgence automatique des appareils de distribution asservi à ces mêmes détecteurs ;
- de systèmes de récupération des vapeurs au remplissage des installations de stockage et au ravitaillement en essence des véhicules à moteur.

### 3.2. OBJECTIFS

Dans ce contexte, l'INERIS à la demande du ministère de l'écologie, a mené des travaux complémentaires visant à :

- évaluer l'exposition par inhalation au benzène des personnes vivant au-dessus de deux stations-service ;
- évaluer la contribution de la station-service, par rapport au trafic, aux concentrations de benzène rencontrées dans les logements ;
- étudier l'évolution des concentrations en benzène en fonction de l'éloignement vertical de la station (dans les étages des immeubles).

Cette étude à caractère exploratoire ne prétend pas être représentative de l'ensemble des stations-service en France, elle concernait deux sites d'étude représentatifs de situations particulières (voir p. 27). Elle présente l'originalité

d'avoir caractérisé en parallèle les concentrations au niveau d'un immeuble situé au dessus d'une station-service et d'un immeuble témoin exposé de manière homologue au trafic mais ne subissant pas l'impact de la station-service. Ces travaux ont été menés à Paris en collaboration avec Airparif.

Le protocole mis en œuvre peut être appliqué à toute problématique où l'on cherche à déterminer l'impact d'une activité située sous immeuble sur la qualité de l'air intérieur et extérieur.

### **3.3. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE CONCERNANT LES CONCENTRATIONS EN BENZÈNE À PROXIMITÉ DES STATIONS-SERVICE**

#### **3.3.1. SOURCES DOCUMENTAIRES**

Une étude Allemande publiée en 1994 a concerné la mesure des concentrations en benzène dans l'air intérieur des logements situés à proximité des stations-service non équipées en système de récupération des vapeurs. (Laue et al, 1994).

Une étude publiée par le JRC en 1995 s'est intéressée aux concentrations en BTX au voisinage de quatre stations-service situées en Belgique et en Espagne. Les mesures ont été réalisées en 20 points par prélèvement passif et prélèvement actif sur tubes d'adsorption (JRC, 1995).

En 2002, l'INERIS s'est intéressé aux concentrations de BTX au voisinage d'une station-service équipée d'un système de récupération de vapeurs de type « stage II ». Cette étude a été réalisée en combinant des mesures de concentration sur site à un modèle de dispersion. Les mesures ont été réalisées en 20 points par prélèvement passif sur tubes d'adsorption (INERIS, 2002).

L'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Midi Pyrénées (ORAMIP) a mené une étude en 2004. Son objectif était la comparaison de concentrations en BTX mesurées au niveau de pompes de distribution équipées ou non de systèmes de récupération des vapeurs (ORAMIP, 2004).

L'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Auvergne (Atmo Auvergne) a réalisé en 2006 une campagne de mesure des BTEX à proximité des stations-service de la communauté d'agglomération du bassin d'Aurillac (CABA). Cette étude a consisté à mesurer sur 21 sites correspondant aux stations-service et 2 sites de proximité automobiles, les concentrations en BTEX entre le 15 février et le 28 mars de l'année 2006. Les mesures ont été réalisées par prélèvement passif sur tubes d'adsorption (Atmo Auvergne, 2007).

L'UFIP a publié, en 2006, une étude dont l'objectif était la caractérisation des concentrations en benzène au niveau des pompes de distribution, en limite de propriété et dans le bruit de fond de différents types de stations : stations hors agglomération, stations urbaines, stations urbaines sous immeubles. Les mesures ont été réalisées par prélèvement passif sur tubes d'adsorption (UFIP, 2006).

Une étude de « Que choisir », publiée en 2006, a porté sur la mesure de benzène au niveau des pompes de distribution et des logements avoisinants (intérieur et extérieur) de stations-service urbaines. Les mesures ont été réalisées sur tubes d'adsorption par prélèvement actif au niveau des pompes de distribution et par

prélèvement passif au niveau des logements. Que choisir n'a pas distingué les stations urbaines situées sous des immeubles des autres stations urbaines. Aucune caractérisation des concentrations en benzène dans des logements témoins non exposés aux stations-service n'a été menée dans le cadre de cette étude (Que Choisir, 2006).

L'observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a publié en 2006 une étude concernant la qualité de l'air de 567 logements français. Le benzène et le toluène figuraient parmi la liste des polluants mesurés (OQAI, 2006).

Une étude réalisée à Taiwan et publiée en 2006 s'est intéressée à la caractérisation et à l'impact des émissions de COV aux heures de pointe au niveau de stations-service. Les résultats de cette étude ont fait l'objet d'une évaluation de risque sanitaire (Wu et al, 2006).

Une étude grecque publiée en 2007 s'est intéressée à la contribution d'une station-service aux concentrations de benzène mesurées à son voisinage et au risque sanitaire associé. Comme pour l'étude INERIS de 2002, cette étude a combiné des mesures sur site à une approche par modélisation de la dispersion des émissions. Les mesures ont été réalisées en 16 points dans l'air extérieur par prélèvement actif et passif sur tubes d'adsorption (Karakitsios et al, 2007). Le niveau d'équipement de ces stations en système de récupération des vapeurs n'y était pas précisé.

Une étude Brésilienne publiée en 2007, a étudié l'exposition aux COV et à l'éthanol dans l'environnement d'une station-service de Rio de Janeiro délivrant des essences d'éthanol et un mélange à base d'éthanol (De Oliveira et al, 2007).

### **3.3.2. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE**

#### **3.3.2.1. AIR AMBIANT DES STATIONS**

Dans l'étude conduite à Taïwan (Wu et al, 2006), des prélèvements de benzène de 30 secondes ont été réalisés par canister au dessus des zones de stockage équipées ou non de systèmes de récupération des vapeurs type « stage I ». Les raisons ayant mené à la sélection d'une durée d'échantillonnage aussi courte ne sont pas mentionnées dans l'article. Une telle durée d'échantillonnage suggère des problèmes de représentativité de l'échantillon.

Des mesures de benzène dans l'air au niveau des pompes de distribution ont été réalisées lors des études INERIS, UFIP, Que Choisir, ORAMIP et De Oliveira. Les mesures réalisées diffèrent par les stratégies de prélèvement mises en œuvre. Des prélèvements passifs sur une période de 14 jours ont été réalisés par l'UFIP. L'INERIS a réalisé des prélèvements passifs sur tube sur une période de 24h. Le JRC a réalisé des prélèvements actifs sur tube sur une période de 24h. Les études Que Choisir, ORAMIP et De Oliveira ont procédé à des prélèvements actifs de quelques minutes sur tube ou par canister lors de l'utilisation des pompes de distribution. On rappelle ici que les mesures réalisées dans l'étude brésilienne ont concerné des stations-service délivrant des biocarburants. Cette étude a par ailleurs comparé les profils en COV mesurés au niveau des pompes à ceux mesurés en un point de prélèvement situé à 200 m de la station et exposé à un trafic équivalent.

D'un point de vue métrologique, les modes de prélèvement actif ou passif ainsi que le type d'adsorbant sélectionné peuvent influencer les résultats obtenus et induire des stratégies d'intégration dans le temps différentes. Puisque l'utilisation des pompes de distribution n'est pas continue, un prélèvement actif réalisé pendant quelques minutes lors de l'utilisation d'une pompe de distribution pourra par exemple donner des résultats très supérieurs à un prélèvement intégrant les périodes d'utilisation et de non utilisation de la pompe. Les résultats obtenus par ces différentes stratégies d'échantillonnage ne peuvent donc pas être comparés. L'ensemble des méthodologies mises en œuvre dans le cadre de ces études ainsi que les résultats associés sont synthétisés dans le Tableau 1.

L'étude Laue publiée en 1994 ne s'est pas intéressée aux concentrations en benzène dans l'air extérieur des stations. Elle fait cependant référence à une autre étude réalisée en 1989 en Allemagne et ayant mesuré les concentrations en benzène au niveau des pompes de distribution lors de leur utilisation et les concentrations moyennes sur huit heures (Rümmelt et al, 1989).

L'enquête Que choisir conclut que la présence de récupérateur permet de réduire les émissions de benzène de 90%, ce qui confirme les résultats de l'étude ORAMIP (réduction observée 68%). En revanche elle ne permet pas de déterminer, si la présence de récupérateurs de vapeurs permet de réduire les concentrations mesurées dans les logements avoisinants. L'étude UFIP ne permet pas de conclure sur l'efficacité des récupérateurs de vapeurs, mais ne remet pas en cause les résultats de l'étude ORAMIP.

L'étude d'Atmo Auvergne n'a pas observé de différence entre les concentrations en benzène mesurées dans l'air ambiant des stations équipées de système de récupération des vapeurs type « stage II » par rapport aux autres stations. Les écarts observés d'une station à l'autre ont été attribués aux différentes conditions de dispersion qui peuvent être rencontrées et donc à la configuration spatiale de chaque station-service. Un facteur 5 a pu être déterminé sur l'ensemble des points de mesure entre les concentrations en toluène et en benzène mesurées. D'un point de vue réglementaire, il est mentionné que l'objectif Français de qualité de l'air de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  défini pour le benzène dans l'air ambiant extérieur est susceptible d'être dépassé en proximité des stations service. Il y est d'autre part précisé que, compte tenu des conditions météorologiques rencontrées pendant les 6 semaines de campagnes, jugées plus favorables à une bonne dispersion que d'ordinaire; la valeur limite de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pourrait être dépassée dans l'environnement des stations les plus exposées.

**Tableau 1 : Synthèse des données de la bibliographie concernant les concentrations en benzène dans l'air ambiant des stations-service**

Etude	Point de prélèvement	Stratégie de prélèvement	Concentration moyenne en benzène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Niveaux d'équipement en système de récupération des vapeurs
UFIP (France)	Pompes de distribution	Tubes, Passif, 14 jours	Stations urbaines 10.7	3 stations "stage I" 16 stations "stage II"
			Stations sous immeubles 31.3	3 stations "stage I" 6 stations "stage II"
Que Choisir (France)	Pompes de distribution	Tubes, Actif, quelques minutes	181	« stage II »
			597	« stage I »
ORAMIP (France)	Pompes de distribution	Tubes, Actif, quelques minutes	150	« stage II »
			463	« stage I »
De Oliveira (Brésil)	Pompes de distribution de biocarburants	Canister, 2 minutes	144.5	non équipées
JRC (Belgique et Espagne)	Air ambiant 4 stations	Actif, 24h	8,3-115	non précisé
		Passif, 14 jours	3,3-187,6*	
Wu (Taiwan)	Cuves de stockage	Canister, 30s	64	non équipées
			15	« stage I »
Karakitsios (Grèce)	Pompes de distribution	Passif, 7 jours	50	non précisé
INERIS	Proximité pompes de distribution	Passif,	<5	« stage I »
			<5	« stage II »
Rümmelt (Allemagne)	Pompes de distribution	Non précisé	3000-27000	non équipée
	Air ambiant station		500-1500	
Atmo Auvergne	Air ambiant 21 stations agglomération AURILLAC, proximité des pompes, événements	Tubes passifs, 7 jours	0.9-3.1	21 stations au total 7 stations « stage II », autres non précisées

\*valeur à considérer avec précaution, débit de prélèvement validé jusqu'à  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

### 3.3.2.2. LIMITE DE PROPRIETE ET VOISINAGE DES STATIONS

La mesure des concentrations en benzène en limites de propriété et au voisinage des stations a été réalisée dans les différentes études par prélèvement passif sur tubes d'adsorption. Dans certains cas (INERIS, 2002 ; Karakitsios et al, 2007), ces prélèvements ont été associés à des modèles de dispersion afin de déterminer l'impact lorsque la distance à la station augmente.

La comparaison des mesures réalisées par l'UFIP en limite de propriété avec celles réalisées par Que Choisir sur les balcons des appartements avoisinants montre une bonne cohérence des résultats. En effet, les concentrations moyennes en limite de propriétés des stations urbaines sont de l'ordre de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alors que les concentrations moyennes rencontrées au niveau des balcons sont de l'ordre de  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ces résultats sont de l'ordre de la valeur limite de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en air ambiant, imposée par la Directive Européenne pour 2010 (Directive 2000/69/CE) et supérieurs à l'objectif de qualité de l'air de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Décret n° 2002-21). Les résultats obtenus au niveau des pompes et dans l'environnement de la station lors de l'étude INERIS sont inférieurs à  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ce qui est faible en comparaison avec l'étude UFIP.

L'étude réalisée à Taïwan, sur des stations-service équipées ou non de systèmes de récupération, a identifié le methyl tertio butyl ether (MTBE), le toluène et l'isobutane en tant que contributeurs majoritaires aux émissions de composés organiques volatils (COV). Les concentrations de COV à proximité des stations non équipées de dispositif de récupération des vapeurs (stage I) étaient environ sept fois plus importantes que celles déterminées autour des stations équipées.

*Tableau 2 : Synthèse des données de la bibliographie concernant les concentrations en benzène en limite des propriétés et au voisinage des stations*

Etude	Point de prélèvement	Stratégie de prélèvement	Concentration moyenne en benzène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
UFIP (France)	Limite de propriété	Tubes, Passif, 14 jours	19 stations urbaines « stage I et II » 5
			9 stations urbaines sous immeubles « stage I et II »
Que Choisir (France)	Balcon logements	Tubes, Passif, 7 jours	4
Wu (Taiwan)	15 m de la station	Canister, 30s	non équipée 14
			« stage I » 2
Karakitsios (Grèce)	Rayon de 100 m autour de la station	Passif, 7 jours	non précisé Contribution aux concentrations air ambiant + 6-8
INERIS	15-30m de la station	passif	« stage I » 1-3
			« stage II » 1-3

### 3.3.2.3. AIR INTERIEUR A PROXIMITE DES STATIONS

Deux études ont concerné la caractérisation des concentrations de benzène dans l'air intérieur de logements situés au-dessus de stations-service (Que Choisir, 2006 ; Laue et al, 1994).

L'étude Allemande (Laue et al, 1994) réalisée dans les années 90 a concerné exclusivement des stations non équipées alors que l'étude Que choisir s'est intéressée à des stations équipées ou non de systèmes de récupérations des vapeurs. Les résultats de l'étude Allemande ont montré une augmentation des concentrations en benzène dans l'air intérieur des logements situés au-dessus des stations-service. La médiane des concentrations en benzène mesurée dans l'air intérieur de logements situés au dessus de stations-service était de  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (min  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - max  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) contre  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (min  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - max  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans des logements témoins.

La concentration moyenne rencontrée lors de l'étude Que Choisir dans les appartements est de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentration maximale enregistrée est  $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il n'y est pas précisé si des logements situés à différents étages des immeubles ont été considérés afin de déterminer l'évolution des concentrations de benzène en fonction de l'éloignement vertical relatif à la station-service. Enfin, l'utilisation de logements témoins situés à une distance importante d'une station-service, n'a pas été mentionnée. Il est donc difficile de conclure sur la contribution réelle des stations-service voisines et/ou du trafic aux concentrations en benzène mesurées dans ces logements.

## 4. PRINCIPE ET PROTOCOLE D'ETUDE

### 4.1. ETAPE 1 : CHOIX DES SITES

La première étape de sélection des sites à étudier a consisté à prendre contact avec :

- l'UFIP lors de la définition du plan d'expérience,
- le Service technique de l'inspection des installations classées (STIIC). Ceci a permis d'obtenir la liste d'un certain nombre de stations-service situées dans Paris et localisées sous des immeubles d'habitation. Pour chaque station, les paramètres suivants ont été collectés :
  - localisation ;
  - configuration station - immeuble avoisinant ;
  - volume de carburant délivré ;
  - niveau d'équipement en récupération des vapeurs ;
  - présence d'une source interférente.

Lors de cette même étape, un repérage a été réalisé sur dix sites d'étude présélectionnés. Ce travail a permis la sélection de deux sites en considérant la configuration de la station et la possibilité matérielle d'y mener une campagne de mesure. Parmi ces stations, certaines ont été éliminées du fait de la présence de sources potentielles d'interférence (atelier de peinture, parking, etc.). D'autres n'ont pas été retenues pour des considérations pratiques telles que :

- l'impossibilité de trouver un site témoin à proximité ;
- la configuration de l'immeuble non adaptée ;
- la configuration immeuble-station non adaptée.

Au final, les deux stations retenues pour la réalisation des campagnes de mesure présentent les caractéristiques présentées dans le Tableau 3.

*Tableau 3 : Caractéristiques des stations étudiées*

Station	Débit	Equipement de récupération des vapeurs	Stockage	Position stockage	Position pompes de distribution	Type d'immeuble
A	2300 m <sup>3</sup> /an	Au dépotage (« stage I »)	3 cuves de 10m <sup>3</sup> , fosse maçonnée simple enveloppe enterrée	Sous immeuble	Sous immeuble	Etude: années 50-70 Témoin: Haussmanien
B	<3000 m <sup>3</sup> /an	Au dépotage (« stage I »)	3 cuves 20 m <sup>3</sup> et 10 m <sup>3</sup> en fosse 30 m <sup>3</sup> double enveloppe	Sous immeuble	Sous immeuble	Etude: années 50-70 Témoin: Années 80-90

Les principales différences entre les deux sites sont :

- la configuration de l'environnement et les conditions de dispersion qui les caractérisent : la station A est située dans une rue étroite à forte circulation routière, la station B est localisée sur un grand boulevard ouvert.
- la période de construction des immeubles où les prélèvements ont été réalisés (Tableau 3).
- les périodes de prélèvement ; les campagnes n'ont pas été réalisées simultanément, les conditions météorologiques et le bruit de fond atmosphérique diffèrent donc d'un site à l'autre.

#### **4.2. ETAPE 2 : PRISE DE CONTACT AVEC LES INDUSTRIELS ET LES RIVERAINS**

Les groupes industriels concernés ont été informés de la tenue des campagnes de mesure par l'intermédiaire des contacts qui nous ont été transmis par l'UFIP et le STIIC. Une étape importante a consisté à sélectionner les logements où installer les tubes de prélèvement. La première difficulté a été de rencontrer des personnes :

- habitant aux différents étages au-dessus de la station-service ;
- intéressées par l'étude ;
- disponibles pendant la période de prélèvement ;
- permettant l'accès à leur logement pour l'installation et la désinstallation du matériel de mesure.

Lors des visites chez les riverains susceptibles de participer à l'étude, les informations suivantes ont été collectées par l'intermédiaire d'un questionnaire (Annexe 1) :

- présence de mobiliers récents ;
- type de revêtement présent au sol et aux murs,
- habitudes de vie des résidents en termes d'aération, d'utilisation de produit chimique, de consommation de tabac. Compte tenu des émissions de benzène liées à la combustion de cigarettes, la consommation de tabac était un motif d'exclusion d'un logement de l'étude ;
- réalisation récente de travaux de décoration.

L'analyse à posteriori de ces questionnaires permet d'identifier d'éventuelles sources supplémentaires de benzène.

#### **4.3. ETAPE 3 : CAMPAGNES DE MESURE**

Chaque point d'échantillonnage a été équipé de deux tubes de prélèvement, l'un fourni et analysé par Airparif et l'autre par l'INERIS.

Le benzène et le toluène ont été collectés par prélèvement passif, sur tubes à diffusion radiale de type Radiello<sup>1</sup> (corps diffusif jaune code 120-2, cartouche absorbante code 145). Un descriptif du principe de prélèvement est présenté en

---

<sup>1</sup> Fondazione Salvatore Maugeri IRCSS, Italia

Annexe 2. Les échantillonneurs sont exposés durant 7 jours, puis récupérés, fermés hermétiquement et acheminés jusqu'au laboratoire.

L'analyse du toluène en complément du benzène permet de calculer les ratios de concentrations. Leur exploitation peut permettre de différencier les éventuelles sources de toluène et de benzène pouvant être à l'origine des concentrations mesurées (voir section 6).

#### 4.3.1. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE

Afin d'évaluer la contribution relative des stations-service et du trafic automobile aux concentrations en benzène ; à chaque immeuble d'étude, a été associé un immeuble « témoin ». L'immeuble témoin est un immeuble jugé équivalent en ce qui concerne l'impact du trafic automobile, et situé à une distance d'environ 500 m de l'immeuble d'étude.

Des tubes échantillonneurs de benzène et de toluène ont été positionnés :

- à l'intérieur et à l'extérieur des logements situés dans l'immeuble témoin et l'immeuble d'étude des stations A et B. Les points de prélèvement destinés à la caractérisation de l'air intérieur ont été en général placés dans le salon des logements à hauteur des voies respiratoires;
- sur le domaine public, en limite de propriété des stations ainsi qu'entre le site d'étude et le site témoin.

Le plan d'expérience mis en œuvre est résumé dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Plan d'expérience

Nombre de sites d'étude	2
Nombre de sites témoins	2
Nature du prélèvement	Tube passif radiello
Durée du prélèvement	7 jours
Nombre de tube par point de prélèvement	2 (1 analysé par l'INERIS, 1 analysé par AIRPARIF)
Nombre de blancs par site	4

Les blancs de site consiste en un tube fermé hermétiquement conservé sur site, non exposé lors de la campagne et ayant subi les mêmes étapes de conditionnement, de stockage et de transport sur site qu'un tube échantillon.

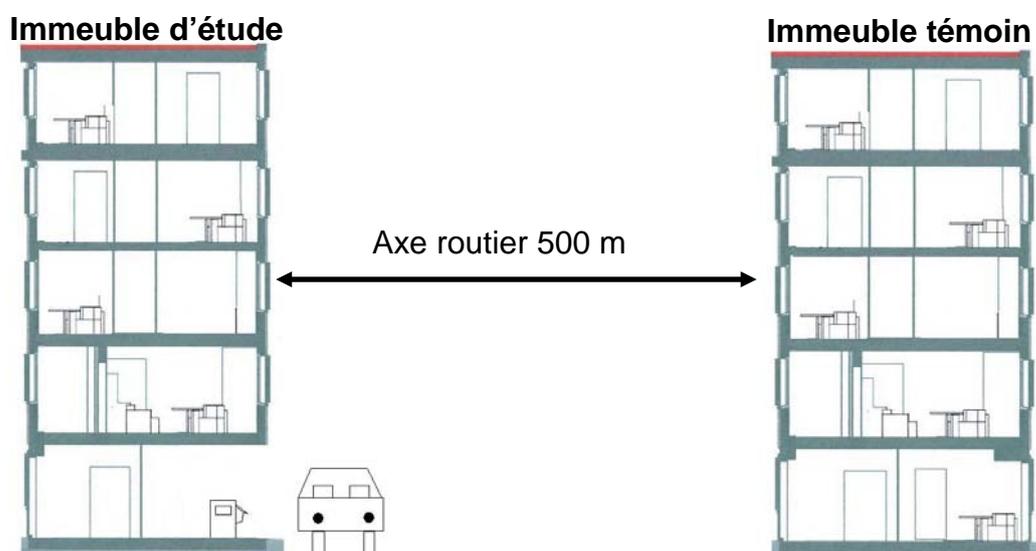
#### ➤ Configuration site d'étude - site témoin

Afin de garantir un impact homogène du trafic automobile sur les sites d'étude et sites témoins, ceux-ci sont situés dans la même rue, à une distance de 500 m l'un de l'autre (Figure 3). Toutefois, certains aménagements urbains (carrefours, feux tricolores) peuvent influencer de façon locale les niveaux en benzène et toluène.

La décroissance horizontale des concentrations en benzène est évaluée en réalisant des mesures à distance croissante de la station; (tous les 25-30 m, dans les 150 premiers mètres qui séparent les deux immeubles) et au niveau de l'immeuble témoin.

**Remarques :**

- Le point RDC des immeubles d'étude, est localisé dans la cage d'escalier.
- Les immeubles de la station A ont été instrumentés jusqu'au troisième étage.
- Les immeubles de la station B ont été instrumentés jusqu'au quatrième étage. Au niveau de la station B, le troisième étage de l'immeuble d'étude n'a pas été instrumenté car le résident était fumeur.



*Figure 3 : Configuration site d'étude - site témoin, mesure de la décroissance horizontale*

### ➤ Instrumentation des sites

Le principe d'instrumentation des immeubles est présenté dans la Figure 4.

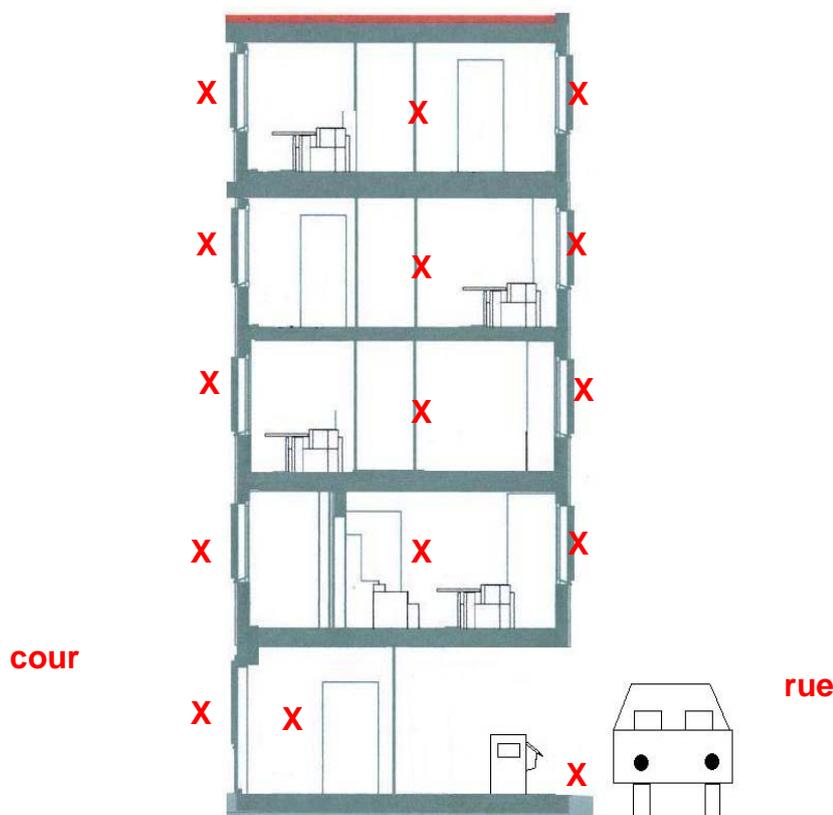


Figure 4 : Instrumentation des immeubles

X : point d'échantillonnage

## 4.3.2. PRELEVEMENTS SUR LE TERRAIN

### 4.3.2.1. CAMPAGNE A (STATION A)

La première campagne de prélèvement s'est déroulée du 20 au 27 juin 2007. La station concernée est équipée d'un dispositif « stage I » de récupération des vapeurs (récupération des vapeurs lors des étapes de remplissage des cuves).

Le site d'étude et le site témoin étaient situés le long d'un axe routier étroit (largeur 20 m) et à fort trafic (double sens, voie de bus), à 550 m l'un de l'autre. Les deux immeubles sont dans des configurations de trafic et de congestion similaires, c'est à dire caractérisés par un trafic moyen annuel (TMJA) journalier<sup>2</sup> de 14000 véhicules environ et situés à proximité d'un feu tricolore.

<sup>2</sup> Source Mairie de Paris, chiffres 2004

#### 4.3.2.2. CAMPAGNE B (STATION B)

La seconde campagne de prélèvement a été réalisée du 19 au 26 mars 2008. La station concernée est équipée d'un dispositif « stage I » de récupération des vapeurs (récupération des vapeurs lors des étapes de remplissage des cuves).

Le site d'étude et le site témoin étaient situés sur le même axe routier large étroit (largeur 40 m) et à fort trafic (TMJA<sup>3</sup> à 13 500 véhicules devant la station-service, 11 500 devant l'immeuble témoin), à 540 m l'un de l'autre. Il s'agit d'un axe large présentant un trafic automobile important (double sens). Des zones latérales de stationnement et de larges trottoirs sont respectivement présents devant le site d'étude et le site témoin ; ils sont donc situés à une distance équivalente de l'axe, d'où un impact du trafic routier proche. En revanche, l'immeuble d'étude est situé à proximité d'un feu tricolore.

#### 4.3.2.3. MESURES COMPLEMENTAIRES SUR DEUX STATIONS DU RESEAU PERMANENT D'AIRPARIF

En plus des mesures effectuées à proximité des sites d'étude et témoin, des relevés ont été effectués pour les deux campagnes de mesure sur deux stations permanentes du réseau de surveillance d'Airparif :

- Mesures à la station de fond de Paris Les Halles (1<sup>er</sup>) : située loin des sources d'émissions et de leur influence directe, elle a été choisie pour caractériser les niveaux de fond pendant cette campagne ;
- Mesures à la station de proximité (site trafic) Place V. Basch (14<sup>ème</sup>) : installée à proximité d'un gros carrefour parisien, elle caractérise l'exposition des piétons.



Paris Les Halles



Place Victor Basch

*Figure 5 : Stations de référence choisies parmi le réseau permanent de mesure d'Airparif pour cette étude.*

<sup>3</sup> Source Mairie de Paris, chiffres 2005

#### **4.3.3. ETAPE 4 : ANALYSE**

Les échantillons ont été analysés par désorption thermique couplée à la chromatographie gazeuse équipée d'un détecteur à ionisation de flamme.

Pour garantir une bonne homogénéité des résultats entre les deux laboratoires (INERIS et Airparif), un exercice de comparaison des résultats d'analyse de tubes dopés à une concentration connue de benzène et toluène a été réalisé. Les résultats de ces comparaisons sont présentés en Annexe 2.

Chaque laboratoire réalise l'analyse de la moitié des blancs et des échantillons qu'il a positionnés à chaque point de prélèvement. Ce mode de répartition doit permettre de limiter l'impact de l'écart analytique entre les deux laboratoires sur l'interprétation des données.



## **5. RESULTATS**

### **5.1. REMARQUES PREALABLES**

- les données de validation des résultats sont présentées en Annexe 2 ;
- dans le cas où les résultats obtenus par les deux laboratoires sont validés, le résultat présenté correspond à la moyenne des doublons ;
- dans le cas où l'un des résultats est indisponible (échantillon dégradé, résultat invalidé pour cause d'interférence par un autre composé), le seul résultat disponible est pris en compte ;
- conformément au projet de guide de recommandations concernant la mesure du benzène dans l'air ambiant (LCSQA, 2007), une incertitude de 25% est attribuée aux résultats de benzène ;
- une incertitude arbitraire de 30% a été attribuée aux résultats de toluène ;
- une seule campagne de mesure a été réalisée à chaque station-service. Il s'agit par conséquent de résultats ponctuels qu'il n'est pas possible de généraliser à d'autres situations ;
- ces deux sites illustrent des situations particulières en termes de topographie, trafic routier et conditions météorologiques. Ces paramètres ont un impact sur les concentrations mesurées ; la comparaison des résultats de mesure obtenus sur ces deux sites doit être interprétée avec prudence ;
- les résultats bruts sont présentés en Annexe 3 ;
- les niveaux mesurés dans cette étude ont été comparés avec ceux mesurés dans le cadre d'études visant à caractériser la qualité de l'air des logements en général d'une part et lors d'études relatives à l'impact des stations-service sur leur environnement d'autre part.

### **5.2. ANALYSE DES QUESTIONNAIRES FOURNIS AUX PARTICIPANTS DE L'ETUDE**

D'après les réponses données aux questionnaires :

- aucun des participants à l'étude n'est fumeur ;
- tous les participants à l'étude procèdent à l'aération de leur logement au moins une fois par jour ;
- les appartements situés station A immeuble témoin 3<sup>ème</sup> étage et station B immeuble étude 3<sup>ème</sup> étage ont fait l'objet de travaux de peinture récents ; les peintures sont des sources de COV parmi lesquels figure le toluène.

- l'appartement situé station A immeuble étude 3<sup>ème</sup> étage a été instrumenté en tube d'adsorption par le résident.

### 5.3. CONDITIONS DE DISPERSION ET DE TRAFIC

#### 5.3.1. ENVIRONNEMENT DES SITES DE MESURE

Comme mentionné en 4.1, les deux stations retenues pour l'étude présentent des configurations différentes. La station A est située dans une rue étroite à forte circulation routière, la station B est localisée sur un grand boulevard ouvert. On peut donc considérer qu'en termes de topographie les conditions de dispersion sont plus favorables au niveau de la station B qu'au niveau de la station A.

#### 5.3.2. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les conditions météorologiques jouent un rôle très important sur l'accumulation et la dispersion des polluants dans la mesure où pour un même niveau d'émission plus les conditions sont dispersives, plus les niveaux observés sont faibles. Ces conditions de stabilité ou de dispersion peuvent être définies par un ou plusieurs paramètres météorologiques, comme notamment la hauteur de la couche de mélange, les inversions de température ou la vitesse de vent. Tandis que les deux premiers favorisent l'accumulation de la pollution et permettent d'appréhender la stabilité verticale de l'atmosphère, c'est la vitesse de vent qui peut être considérée comme représentative de la dispersion. Ainsi les conditions les plus défavorables à la dispersion de la pollution atmosphérique se rencontrent lorsque les vitesses de vent sont nulles ou très faibles (0 à 1 m/s) alors que la vitesse moyenne observée en agglomération parisienne est d'environ 3 m/s<sup>4</sup>.

*Tableau 5 : Conditions météorologiques observées lors des campagnes*

	Campagne A	Campagne B
Saison	Été	hiver
Observations	Ciel couvert, pluie	Ciel généralement perturbé, accompagné de pluies voire de neige
Températures	Minimales : 14°C Maximales : 21°C	Minimales : 3°C Maximales : 10°C
Vent	Direction : Sud à Ouest Vitesse : 3,6 m/s	Direction : Nord-Ouest Vitesse : 4 m/s
Indices Atmo <sup>5</sup>	3-4	3-4
Evaluation des conditions de dispersion	Plutôt favorables	Plutôt favorables

<sup>4</sup> Source : station Météo-France à Montsouris (Paris XIVème) pour les années 1998 à 2002.

<sup>5</sup> L'indice Atmo, qui caractérise la qualité de l'air globale sur l'agglomération parisienne, est un indice déterminé à partir des niveaux de pollution mesurés au cours de la journée par les stations de fond urbaines et périurbaines de l'agglomération et prend en compte les différents polluants atmosphériques, traceurs des activités de transport, urbaines et industrielles (O3, PM10, NO2 et SO2). Il varie de 1 (qualité de l'air très bonne) à 10 (très mauvaise).

Les conditions météorologiques enregistrées durant les deux campagnes de mesure ont été globalement favorables à une bonne dispersion des polluants.

### **5.3.3. CONDITIONS DE TRAFIC ROUTIER**

Les conditions de trafic sont également à prendre en compte. Ainsi la semaine de mesure du 20 au 27 juin 2007 (Station A) a connu un trafic moyen dans Paris, inférieur d'environ 5%<sup>6</sup> à un jour type ouvré. Le trafic était beaucoup moins dense lors de la 2<sup>ème</sup> série de mesure entre le 19 et le 26 mars 2008, où le trafic était globalement inférieur de 13% à un jour moyen ouvré. Les émissions globales du trafic routier étaient donc moins importantes lors de la 2<sup>ème</sup> campagne (Station B). Ces résultats concernent les principaux axes routiers parisiens, ils ne prennent pas en compte une éventuelle spécificité des axes où se trouvent les immeubles étudiés ici.

## **5.4. CONCENTRATIONS EN BENZENE ET TOLUENE MESUREES LORS DES CAMPAGNES**

Une comparaison des concentrations mesurées en benzène (Figure 6 et 7) et toluène (Figures 8 et 9) sur le site témoin et le site d'étude a été schématisée pour chaque type d'environnement : à savoir cour, rue et intérieur du logement. Les immeubles représentés sont illustratifs.

Les concentrations mesurées au niveau des deux sites sont présentées conjointement. L'objectif de cette présentation des résultats n'est pas de comparer les résultats obtenus aux sites A et B qui ne sont pas en toute rigueur comparables car influencés par les conditions météorologiques et le bruit de fond qui leur sont propres. Cette comparaison permet néanmoins d'illustrer la gamme des concentrations mesurées dans cette étude.

### **5.4.1. BENZENE**

A titre d'information, on rappelle que :

- la valeur limite en concentration annuelle dans l'air ambiant est fixée à  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par la directive air ambiant du 16 novembre 2000 (DIRECTIVE 2000/69/CE) ;
- l'objectif qualité de l'air en concentration annuelle est fixé par décret à  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (décret n° 2002-213).

En effet, si on ne peut strictement comparer les données obtenues dans le cadre de cette étude à ces valeurs annuelles (faible représentativité temporelle des données hebdomadaires), elles permettent néanmoins de positionner nos résultats par rapport à un contexte réglementaire.

---

<sup>6</sup> Source : Modèle de trafic mis en place pour Airparif dans le cadre du projet d'HEAVEN (Healthier Environment through the Abatement of Vehicle Emissions and Noise, "un environnement plus sain grâce à la réduction des émissions des véhicules et du bruit").

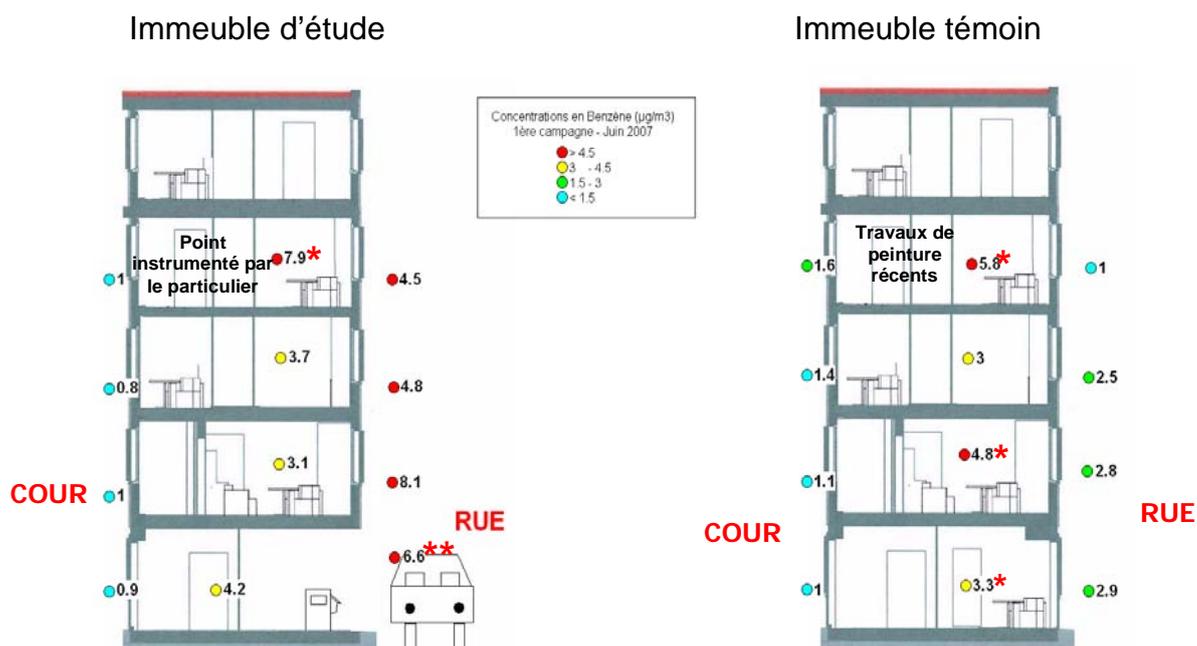


Figure 6 : Représentation des concentrations en benzène mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude, station A.

\* résultat obtenu à partir d'une seule valeur pour cause d'invalidation d'un des résultats due à l'interférence par un autre produit

\*\* résultat obtenu à partir d'une seule valeur pour cause de disparition d'un des tubes pendant la période de prélèvement

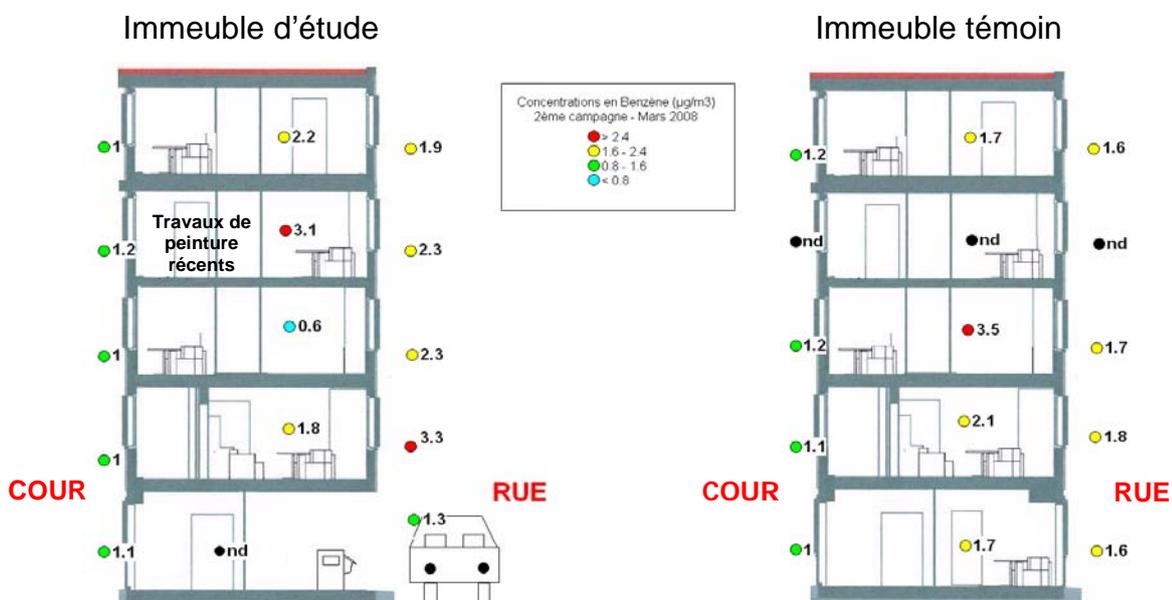


Figure 7 : Représentation des concentrations en benzène mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude, station B.

nd : non déterminé en raison de : étage non accessible, tube endommagé/perdu, interférence à l'analyse

#### 5.4.1.1. CONCENTRATIONS SUR COUR

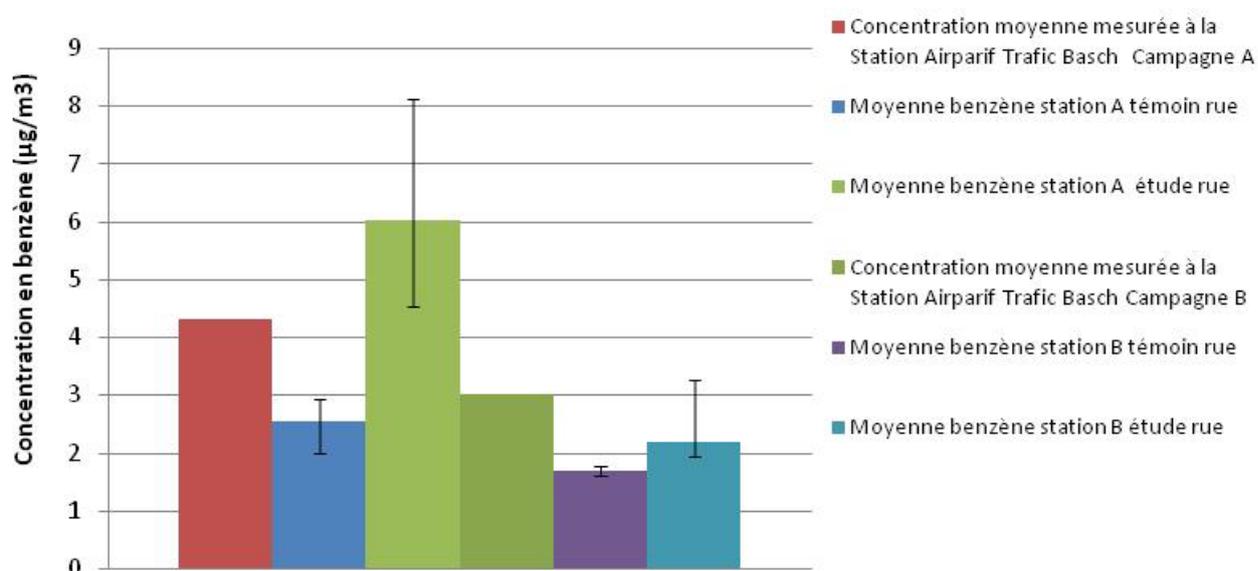
Les résultats obtenus sur cour à l'extérieur des sites témoin et d'étude des deux stations sont inférieurs à  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ils sont en accord avec les concentrations moyennes de  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Campagne A) et  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Campagne B) mesurées en simultané à la station de fond urbain de Paris 1<sup>er</sup> Les Halles.

Les concentrations mesurées dans la cour de l'immeuble d'étude et de l'immeuble témoin des deux stations sont de l'ordre de grandeur des concentrations extérieures de benzène obtenues pour plus de 60% des logements étudiés par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) dans son étude publiée en 2006.

## 5.4.1.2. CONCENTRATIONS SUR RUE

### 5.4.1.2.1. ANALYSE DE CONCENTRATIONS MESUREES

La Figure 8 présente les concentrations mesurées sur rue au niveau des deux stations.



*Figure 8 : Concentrations mesurées sur rue lors des deux campagnes et comparaison avec les niveaux mesurés par le réseau Airparif, les barres d'erreur représentent les valeurs minimales et maximales observées*

Pour la station B, les concentrations mesurées sur rue au niveau de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude sont comparables à celles mesurées au niveau de l'immeuble témoin de la station A. Les concentrations mesurées au niveau de la station B sont inférieures à ce qui a été mesuré à la même période au niveau du site trafic d'Airparif situé boulevard Victor Basch Paris 14<sup>ème</sup>. Les concentrations mesurées au niveau de l'immeuble témoin de la station A sont inférieures à  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les concentrations en benzène mesurées sur rue au niveau du site d'étude de la station A sont comprises entre 4,5 et  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Elles dépassent la valeur de  $4,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mesurée à la même période au site trafic d'Airparif situé boulevard Victor Basch Paris 14<sup>ème</sup>. Les valeurs plus élevées mesurées au niveau de l'immeuble d'étude de la station A sont liées à un effet combiné du bruit de fond plus élevé (trafic routier plus élevé en général et conditions topographiques de dispersion moins favorables) au niveau de cette station ; et de la présence de la station-service, puisque les concentrations sont plus élevées au niveau de l'immeuble d'étude que de l'immeuble témoin.

L'évolution des concentrations en benzène en fonction de l'éloignement horizontal par rapport aux stations est présentée sur des photographies aériennes de chacun des sites d'étude (figures 9 et 10).



Figure 9 : Evolution des concentrations de benzène en fonction de l'éloignement horizontal à la station A.

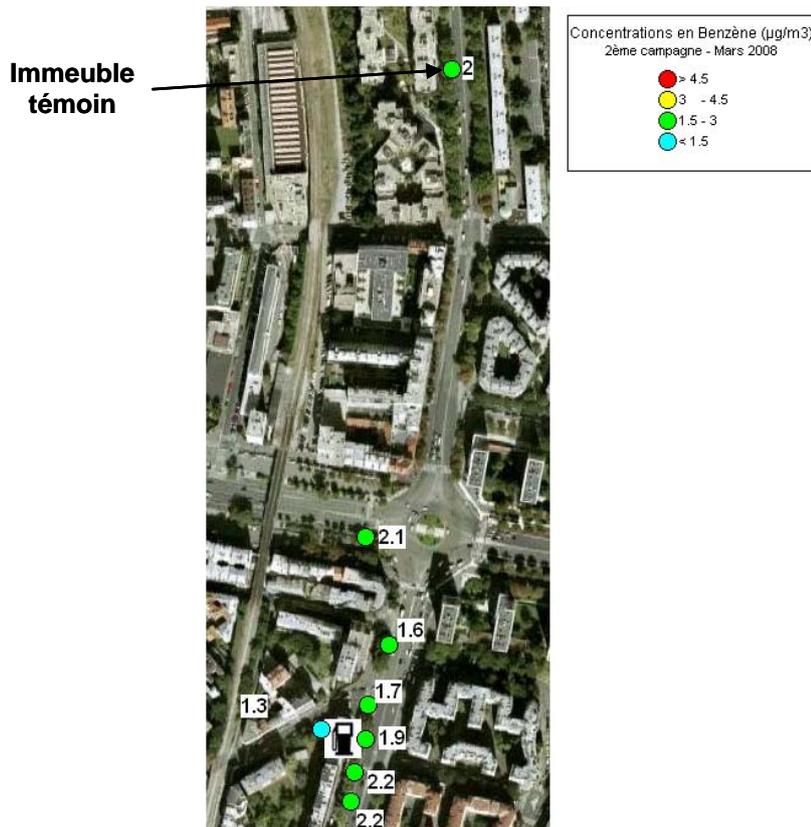
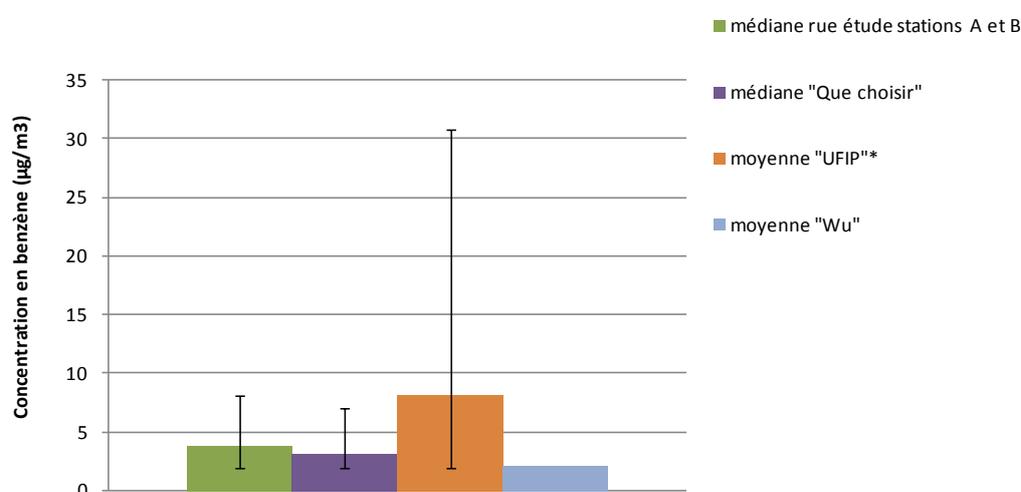


Figure 10 : Evolution des concentrations de benzène en fonction de l'éloignement horizontal à la station B.

Les concentrations maximales sont observées au niveau ou à proximité immédiate de la station A ; ces concentrations décroissent lorsqu'on s'en éloigne pour atteindre  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  au niveau de l'immeuble témoin. Cette variation n'a pas été observée au niveau de la station B. Cette observation confirme l'impact de la station A sur l'air extérieur.

#### 5.4.1.2.2. COMPARAISON AVEC LES DONNEES DE LA LITTERATURE

Une comparaison des valeurs médianes calculées pour le benzène mesuré sur rue au niveau des stations A et B avec les données de la littérature est présentée en Figure 11.



*Figure 11 : Concentrations mesurées sur rue au niveau des stations A et B, comparaison avec les données de la littérature, les barres d'erreur représentent les valeurs minimales et maximales observées, \*les prélèvements de l'étude UFIP ont été réalisés en limite de propriétés*

Les concentrations mesurées sur rue au niveau de l'immeuble témoin de la station A et des immeubles d'étude et témoin de la station B sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par les études Que Choisir (Que Choisir, 2006) et Wu (Wu et al, 2006).

Les concentrations en benzène mesurées sur rue au niveau du site d'étude station A sont comprises entre  $5$  et  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , c'est à dire entre les valeurs observées dans les études Que Choisir (Que Choisir, 2006) et Wu (Wu et al, 2006) et celles déterminées par UFIP (UFIP, 2006) en limite de propriété ( $8,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### 5.4.1.3. CONCENTRATIONS A L'INTERIEUR DES LOGEMENTS

#### 5.4.1.3.1. REMARQUES PREALABLES

Compte tenu des différences entre les deux sites (année de construction des immeubles, conditions de ventilation), la comparaison des résultats de mesure obtenus sur ces deux sites doit être interprétée avec prudence.

Au niveau de la station A, certaines valeurs de concentration ( $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  témoin étage 0 ;  $4,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  témoin étage 1 ;  $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  témoin étage 3 ;  $7,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  étude étage 3) ont été déterminées<sup>7</sup> à partir de l'analyse d'un seul tube et n'ont pu être confirmées par le doublon. En effet, l'analyse du doublon a révélé la présence d'un interférent susceptible de fausser le résultat de mesure. Ces résultats ne sont ni associés à une concentration élevée de toluène dans l'air intérieur ni à une concentration élevée de benzène à l'extérieur sur rue au même niveau. Ces valeurs sont donc à prendre en compte avec précaution et resteraient à confirmer.

Parmi ces points :

- la concentration maximale, d'une valeur de  $7,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a été mesurée au 3<sup>ème</sup> étage de l'immeuble d'étude de la station A ; qui en raison de contraintes organisationnelles, a dû être instrumenté par le résident du logement. La rigueur du protocole et le fait qu'il n'y ait pas de doublon ne permet pas de la prendre en compte dans le protocole comparatif, elle fournit néanmoins une indication importante sur le maximum possible;
- la valeur de  $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a été mesurée dans un appartement où les peintures avaient été refaites moins d'un an avant la campagne de prélèvements. Même si les peintures ne figurent pas parmi les sources de benzène dans l'air intérieur recensées par l'OQAI (OQAI 2006), elles sont sources d'autres COV susceptibles d'interférer lors de l'analyse du benzène réalisée par ionisation de flamme sur les tubes échantillonneurs.

Compte tenu de la double incertitude (présence d'un interférent à l'analyse et évènement révélé par l'analyse des questionnaires) associée aux résultats obtenus au niveau des points situés au troisième étage de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de la station A, il convient de ne pas les prendre en compte dans l'analyse des résultats.

---

<sup>7</sup> Si cette concentration a été quantifiée à partir d'un pic validé, le mode de détection par ionisation de flamme utilisé ici ne permet pas d'identifier les composés responsables du pic observé en chromatographie

#### 5.4.1.3.2. ANALYSE DE CONCENTRATIONS MESUREES

Le Tableau 6 indique que les valeurs mesurées lors des campagnes A et B sont différentes. En effet, les concentrations mesurées dans les logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de la station B sont globalement inférieures à celles mesurées dans les logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de la station A. En revanche, aucune différence n'a été observée entre les concentrations mesurées au niveau de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de chaque station.

*Tableau 6 : Comparaison des médianes et gammes de concentrations en benzène dans l'air intérieur*

Immeuble	Benzène Médiane calculée des concentrations mesurées dans l'air intérieur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Benzène Gamme de concentrations dans l'air intérieur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Station A, témoin	3.7	3.3 – 4.8
Station A, étude	3.3	3.1 – 4.2
Station B, témoin	1.9	0.6 - 3.1
Station B, étude	2.0	1.7 - 3.5

Ces observations témoignent :

- d'un niveau de bruit de fond plus faible mesuré pendant la campagne B ;
- d'un impact plus faible du trafic au niveau de la station B, qui s'explique par des émissions du trafic routier plus faibles à cette période associées à de meilleures conditions topographiques de dispersion au niveau de la station B.

Les concentrations mesurées dans les logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de la station B sont comprises entre  $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les concentrations mesurées dans les logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de la station A sont comprises entre  $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $4,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Pour les deux sites, aucune décroissance des concentrations de benzène liée à l'étage (l'éloignement vertical aux stations) n'a été observée au niveau des immeubles d'étude.

### 5.4.1.3.3. COMPARAISON AVEC LES DONNEES DE LA LITTERATURE

Le guide de l'OMS concernant la qualité de l'air publié en 2000 (WHO Air Quality Guidelines for Europe, 2000), fait état des niveaux de concentration en benzène mesurés dans l'air intérieur dans plusieurs pays (tout environnement); les valeurs sont rassemblées dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Concentrations en benzène dans l'air intérieur rapportées dans les guides de l'OMS sur la qualité de l'air

Pays	Concentration en benzène mesurée dans l'air intérieur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Etats-Unis	7 (médiane)
Canada	7,4 (moyenne)
Allemagne	6,5 (médiane)

La Figure 12 présente les valeurs médianes déterminées à partir des résultats de mesure et comparées aux données de la littérature. La Figure 13 présente les résultats au regard de la répartition pondérée déterminée par l'OQAI. La concentration plus élevée associée à l'étude Laue (Laue et al, 1994) est en partie liée au fait que ces essais ont été réalisés au niveau de stations non équipées de systèmes de récupération des vapeurs.

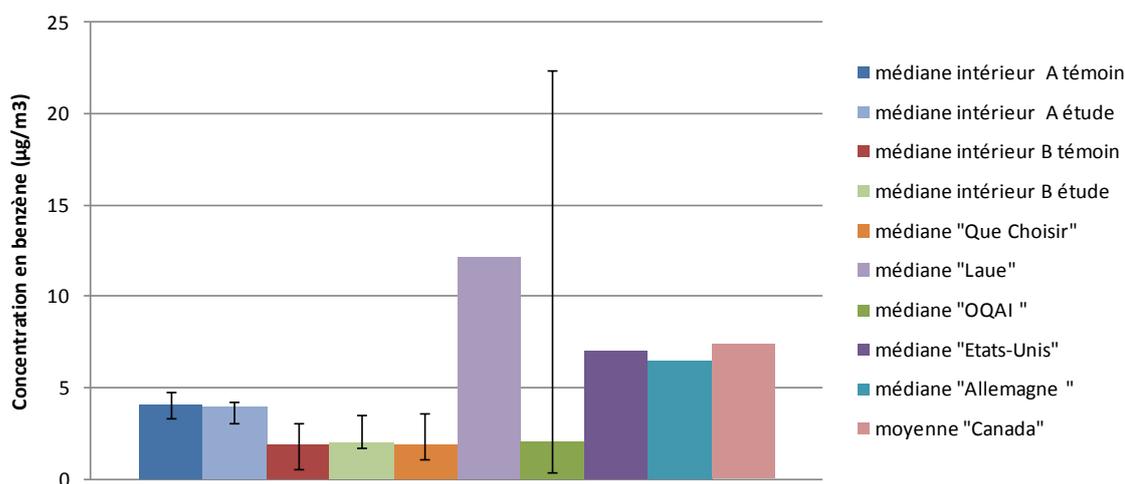


Figure 12 : Concentrations médianes en benzène mesurées dans l'air intérieur des logements (stations A et B), comparaison avec les données de la littérature, les barres d'erreur représentent les valeurs minimales et maximales observées

Les concentrations mesurées dans les logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de la station A sont globalement comprises entre 3,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et 4,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ce qui est plus élevé que ce qui a été mesuré dans l'air intérieur lors de l'étude Que Choisir (2006). Elles sont également supérieures à la valeur médiane de 2,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  déterminée par l'étude OQAI (2006). Elles sont inférieures à celles observées aux Etats-Unis, au Canada et en Allemagne. Les concentrations mesurées dans les logements au niveau de la station A sont supérieures à celles mesurées au niveau de la station B.

La médiane des concentrations en benzène mesurées dans les logements au niveau de la station B est de l'ordre de la médiane de l'OQAI et de ce qui a été mesuré dans l'étude Que choisir. Elle est inférieure aux valeurs médianes rapportées aux Etats-Unis, et en Allemagne.

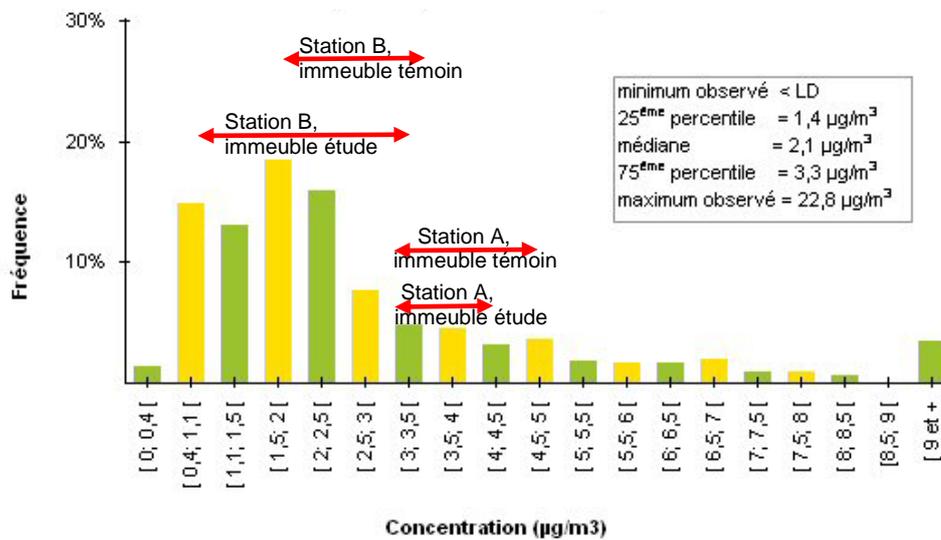


Figure 13 : Concentrations en benzène mesurées dans l'air intérieur, comparaison avec la répartition pondérée des résultats des concentrations en benzène dans l'air intérieur (chambre principale ou assimilée) ; campagne OQAI 2006

Sur la station B, l'immeuble témoin et l'immeuble d'étude présentent des niveaux de concentration équivalents. Ces niveaux sont de l'ordre de ce qui a été mesuré en site trafic à la même période (Airparif, 2007 et 2008) et des concentrations observées dans les logements en France (OQAI, 2006) pour l'air intérieur.

Dans des conditions de dispersion non favorables (rue étroite) et de fort trafic, comme celles rencontrées à la station A :

- on observe un impact du trafic sur les concentrations de benzène dans l'air extérieur. Il semble se traduire par une augmentation des concentrations en benzène dans l'air intérieur (immeuble témoin et immeuble d'étude). Les niveaux de concentrations atteints dans l'air intérieur de ces immeubles sont supérieurs à la médiane des concentrations observées dans les logements en France (OQAI, 2006) ; ces concentrations restent cependant de l'ordre de celles rapportées par l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO Air Quality Guidelines for Europe, 2000).
- la présence de la station-service au niveau de l'immeuble d'étude contribue localement à une augmentation des concentrations en benzène dans l'air ambiant extérieur ; cette augmentation peut être liée soit aux opérations de remplissage des cuves et de distribution de carburant aux véhicules soit au trafic supplémentaire généré par la présence de la station-service. Elle ne semble pas accroître les concentrations de benzène dans l'air intérieur dans une même proportion.

## 5.4.2. TOLUENE

Selon l'arrêté du 20 avril 1994 (Arrête modifié du 20 Avril 1994), le toluène est considéré comme un produit facilement inflammable, nocif et irritant. En revanche, selon ce même arrêté, il n'est pas classé comme dangereux pour l'environnement. Il n'existe pas de réglementation relative aux concentrations en toluène mesurées dans l'air ambiant extérieur et intérieur. Pour la qualité de l'air, la concentration en toluène recommandée vis-à-vis de la santé humaine par l'OMS est de  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne hebdomadaire. Des informations concernant la toxicité, les sources, les concentrations dans l'environnement, les méthodes de mesure du toluène peuvent être téléchargées sur le site internet de l'INERIS (INERIS 2006-2).

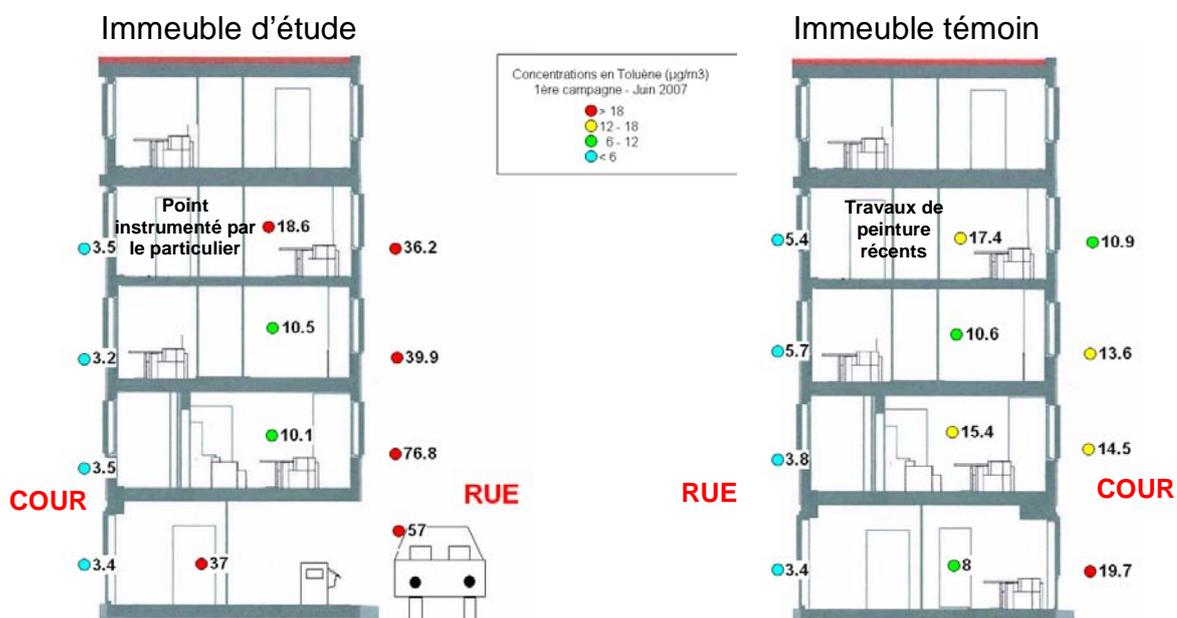


Figure 14 : Représentation des concentrations en toluène mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude, station A.

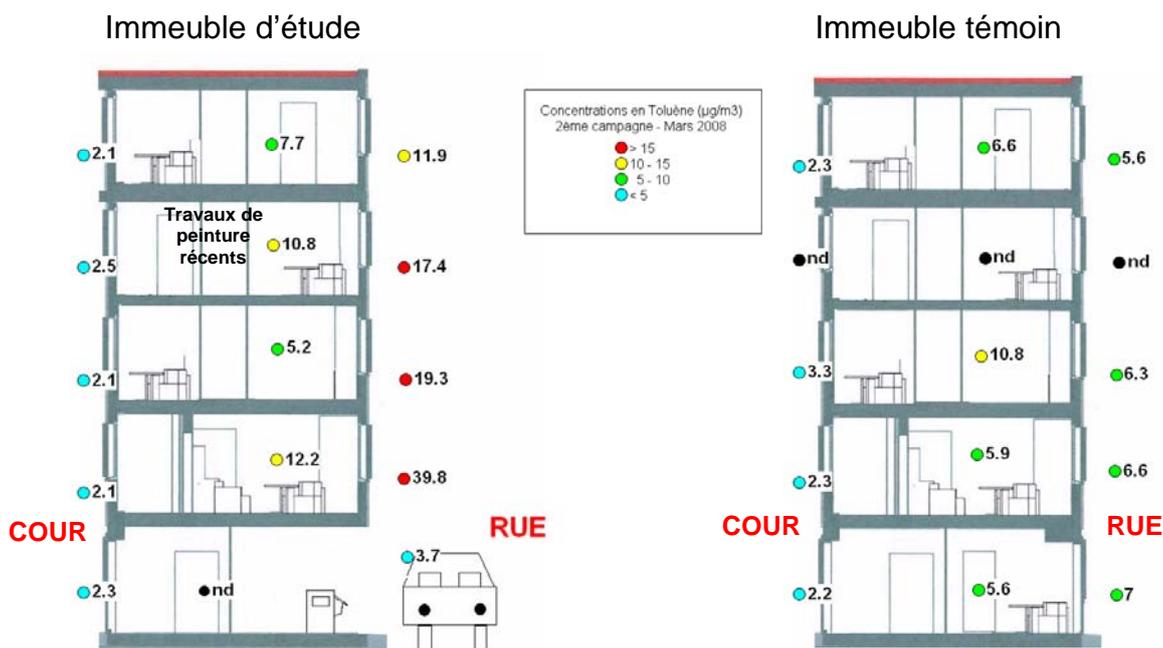


Figure 15 : Représentation des concentrations en toluène mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude, station B.

nd : non déterminé en raison de : étage non accessible, tube endommagé/perdu, interférence à l'analyse

#### 5.4.2.1. CONCENTRATIONS SUR COUR

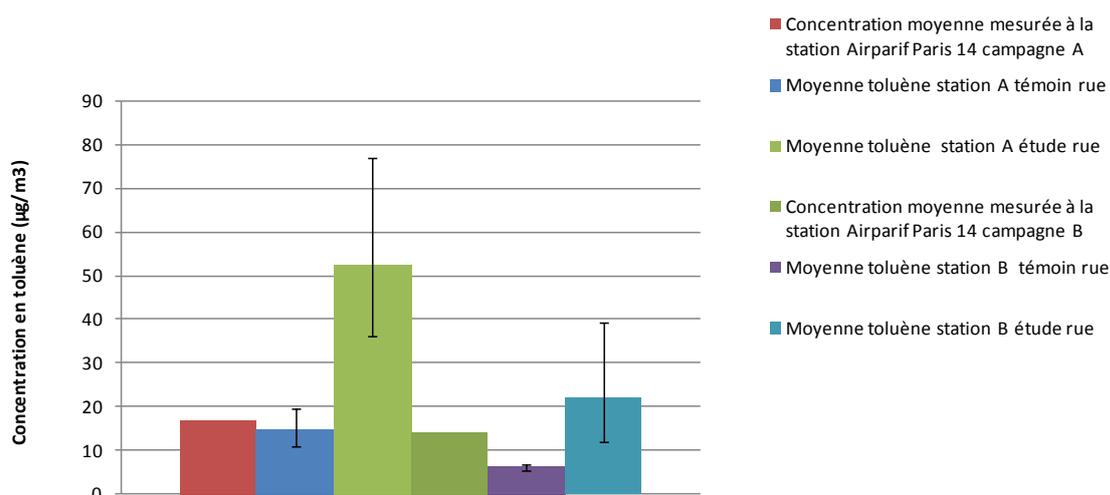
En ce qui concerne le toluène, les valeurs déterminées sur cour sont faibles et stables puisque respectivement comprises entre 3,2 et 5,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et 2,1 et 3,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  au niveau des immeubles des stations A et B. Les résultats de mesures à la station de fond de Paris 1<sup>er</sup> Les Halles s'élèvent à 3,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la Campagne A et 2,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la Campagne B. Les concentrations en toluène mesurées sur cour sont de l'ordre de grandeur de la médiane de 3,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et inférieures au percentile 75 de l'ensemble des résultats de mesure qui ont été obtenus dans l'étude OQAI.

### 5.4.2.2. CONCENTRATIONS SUR RUE

Le tableau suivant rassemble les valeurs médianes et gamme de concentrations en toluène déterminées lors des deux campagnes dans l'air extérieur côté rue.

*Tableau 8 : Comparaison des médianes et gammes de concentrations en Toluène dans l'air extérieur sur rue*

Immeuble	Toluène Concentration médiane dans l'air extérieur sur rue ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Toluène Gamme de concentrations dans l'air extérieur sur rue ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Station A, témoin	14.0	10.9 - 19.7
Station A, étude	48.4	39.9 - 76.8
Station B, témoin	6.5	5.6 – 7.0
Station B, étude	18.4	3.7 - 39.8



*Figure 16 : Concentrations mesurées sur rue lors des deux campagnes et comparaison avec les niveaux mesurés par le réseau Airparif, les barres d'erreur représentent les valeurs minimales et maximales observées*

Les concentrations mesurées (min  $36,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - max  $76,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sur rue au niveau de l'immeuble d'étude de la station A sont de deux à quatre fois supérieures à celles déterminées (min  $10,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  - max  $19,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour l'immeuble témoin. Les concentrations sur rue mesurées au niveau de l'immeuble témoin de la station A sont de l'ordre de ce qui a pu être observé ( $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sur la même période au niveau du site trafic d'Airparif situé boulevard Victor Basch Paris 14<sup>ème</sup>.

Au niveau de la station B, mise à part une concentration très faible observée par les deux laboratoires au RDC, les concentrations en toluène mesurées sur rue sont globalement plus élevées au niveau de l'immeuble d'étude mais dans une moindre mesure (par rapport à ce qui a été observé au niveau de la station A) : 11,9 à 38,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  côté rue pour l'immeuble d'étude, contre 5,6 à 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'immeuble témoin. Les résultats de mesures à proximité du trafic routier étaient de 14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur cette période.

Ces résultats sur le toluène confirment les observations faites sur le benzène. La configuration du site A (fort trafic et conditions de dispersion défavorables) induit une augmentation des concentrations en toluène dans l'air extérieur.

On observe sur les immeubles d'études (présence de stations-service) des niveaux de concentration en toluène supérieurs aux immeubles témoins et aux niveaux de concentration qui ont été mesurés en site trafic à la même période (Airparif, 2007 et 2008).

### 5.4.2.3. CONCENTRATION A L'INTERIEUR DES LOGEMENTS

#### 5.4.2.3.1. REMARQUES PREALABLES

On mentionne ici que :

- la concentration de 18,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a été mesurée au 3<sup>ème</sup> étage de l'immeuble d'étude de la station A; qui en raison de contraintes organisationnelles, a dû être instrumenté par le résident du logement. La rigueur du protocole nous invite donc à considérer cette valeur avec précaution

les valeurs de 10,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (station B immeuble étude étage 3) et 17,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ont été mesurées dans des appartements où les peintures avaient été refaites moins d'un an avant la campagne de prélèvements. Les peintures figurent parmi les sources de toluène dans l'air intérieur recensées par l'OQAI (OQAI 2006). Le Tableau 9 rassemble les valeurs médianes calculées et les gammes de concentrations en toluène déterminées lors des deux campagnes dans l'air intérieur avec prise en compte et non prise en compte de ces trois points.

#### 5.4.2.3.2. ANALYSE DE CONCENTRATIONS MESUREES

Mis à part le point RDC immeuble d'étude station A (37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), les concentrations en toluène mesurées dans l'air intérieur de l'ensemble des immeubles sont équivalentes.

*Tableau 9 : Comparaison des médianes et gammes de concentrations en toluène dans l'air intérieur*

Immeuble	Toluène Médiane calculée des concentrations mesurées dans l'air intérieur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tous points pris en compte	Toluène Gamme de concentrations dans l'air intérieur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tous points pris en compte	Toluène Médiane calculée des concentrations mesurées dans l'air intérieur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) non prise en compte des points mentionnés en 5.4.2.3.1	Toluène Gamme de concentrations dans l'air intérieur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) non prise en compte des points mentionnés en 5.4.2.3.1
Station A, témoin	13.0	8 - 17.4	10.6	8 - 15.4
Station A, étude	14.5	10.1 - 37	10.5	10.1 - 37
Station B, témoin	6.2	5.6 - 10.8	6.2	5.6 - 10.8
Station B, étude	9.2	5.2 - 12.2	7.7	5.2 - 12.2

La valeur maximale de 37 µg/m<sup>3</sup> observée au RDC dans la cage d'escalier de l'immeuble d'étude station A est très supérieure à la concentration mesurée au même niveau pour l'immeuble témoin ainsi qu'aux concentrations mesurées dans les étages supérieurs.

Cette forte concentration est due soit à un impact direct de la station-service compte tenu de la configuration des lieux (seul immeuble ayant une cage d'escalier communiquant directement avec la station-service), soit à un usage de produits ménagers dans la cage d'escalier qui ne peut être exclu. En effet, le toluène est présent à un taux important dans les produits ménagers (INERIS, 2004).

#### 5.4.2.3.3. COMPARAISON AVEC LES DONNEES DE LA LITTERATURE

Le Tableau 10 rassemble les niveaux de concentration en toluène mesurés dans l'air intérieur dans plusieurs pays et mentionnés dans le guide de l'OMS concernant la qualité de l'air publié en 2000 (WHO Air Quality Guidelines for Europe, 2000).

La Figure 17 présente les concentrations médianes en toluène dans l'air intérieur déterminées à partir des résultats de mesure et comparées aux données de la littérature. La Figure 17 présente les résultats au regard de la répartition pondérée déterminée par l'OQAI.

*Tableau 10 : Concentrations en toluène dans l'air intérieur rapportées dans les guides de l'OMS sur la qualité de l'air*

Pays	Concentration en toluène mesurée dans l'air intérieur (µg/m <sup>3</sup> )
Canada	36 (moyenne)
Hollande	43 (moyenne)

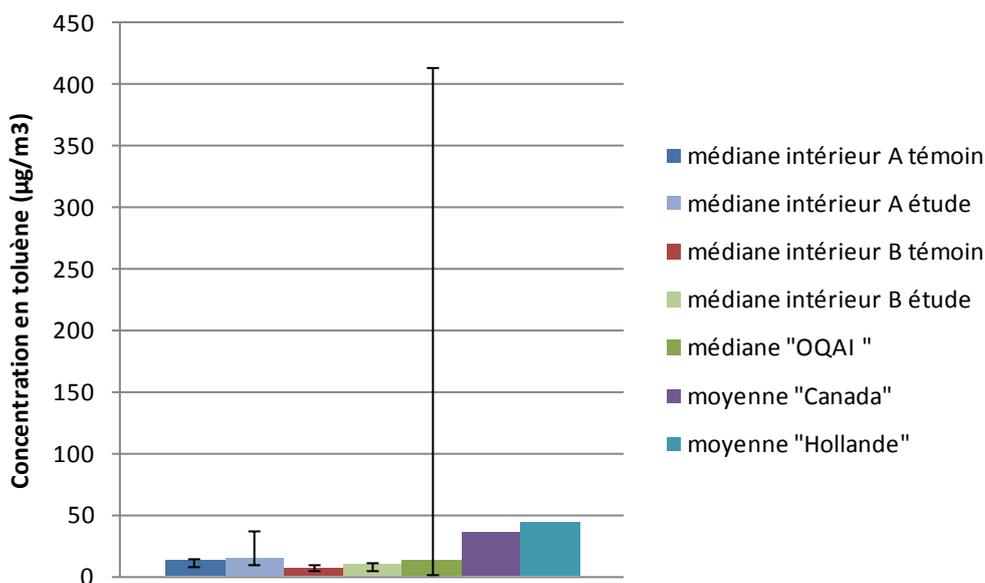


Figure 17 : Médianes des concentrations en toluène mesurées dans l'air intérieur des logements (stations A et B), comparaison avec les données de la littérature, les barres d'erreur représentent les valeurs minimales et maximales observées

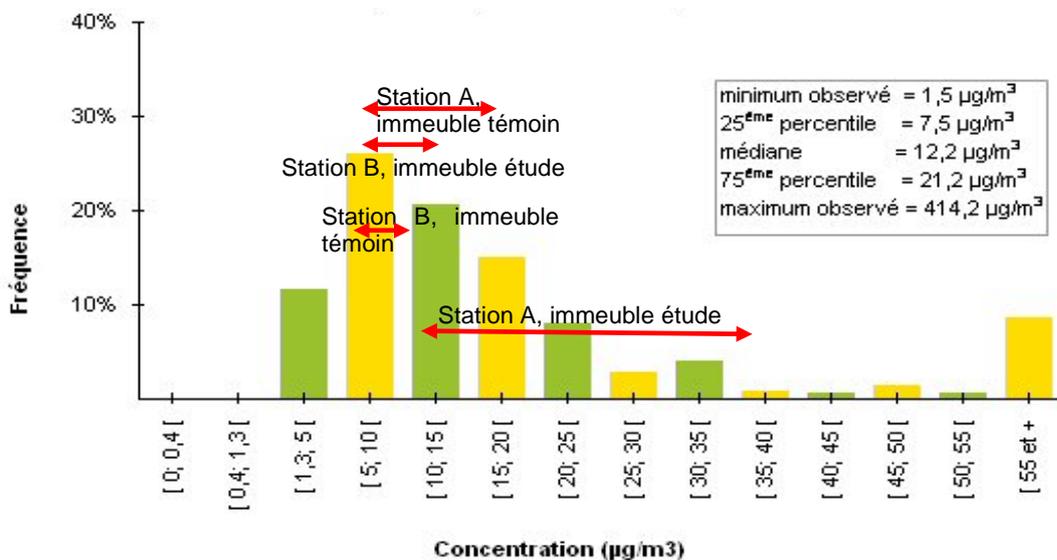


Figure 18 : Concentrations en toluène mesurées dans l'air intérieur comparaison avec la répartition pondérée des résultats des concentrations en toluène dans l'air intérieur (chambre principale ou assimilée) ; campagne OQAI 2006

Pour la majorité des points d'échantillonnage, hormis le rez-de-chaussée (RDC) de la cage d'escalier du site d'étude A où elle approche les  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , les concentrations en toluène mesurées à l'intérieur des logements sont inférieures ou égales aux concentrations mesurées dans l'air intérieur dans l'étude OQAI ainsi qu'au Canada et en Hollande.

**Les résultats obtenus sur le toluène confirment les observations faites sur le benzène. La configuration du site A (fort trafic et conditions de dispersion défavorables) induit une augmentation des concentrations en toluène dans l'air extérieur.**

**On observe sur les immeubles d'études (présence de stations-service) des niveaux de concentration en toluène dans l'air extérieur supérieurs aux immeubles témoins et aux niveaux de concentration qui ont été mesurés en site trafic à la même période (Airparif, 2007 et 2008).**

**Ces observations montrent un impact des stations-service sur les concentrations en toluène dans l'air extérieur quelle que soit la configuration du site. Les écarts observés sont d'autant plus élevés que le trafic est fort et que les conditions de dispersion défavorables (site A).**

**Pour la majorité des points d'échantillonnage, les concentrations en toluène mesurées à l'intérieur des logements sont inférieures ou égales aux concentrations observées dans les logements français (OQAI, 2006).**

## 5.5. SYNTHÈSE DES RESULTATS

- Sur la station B, l'immeuble témoin et l'immeuble d'étude présentent des niveaux de concentration en benzène équivalents.
- Les résultats obtenus sur le benzène et le toluène montrent que la configuration du site A (fort trafic et conditions de dispersion défavorables) induit une augmentation des concentrations dans l'air extérieur.
- Les observations montrent un impact des stations-service sur les concentrations en toluène dans l'air extérieur quelle que soit la configuration du site. Les écarts observés sont d'autant plus élevés que le trafic est fort et que les conditions de dispersion défavorables (site A). Pour le benzène, l'impact des stations-service sur les concentrations dans l'air ambiant extérieur est visible uniquement au niveau de la station A.
- Dans des conditions de dispersion non favorables (rue étroite) et de fort trafic, comme celles rencontrées à la station A, l'augmentation des concentrations dans l'air ambiant extérieur se traduit par une augmentation des concentrations dans l'air intérieur au RDC de la cage d'escalier pour le toluène alors que ce n'est pas le cas pour le benzène.
- Pour la majorité des points d'échantillonnage (mis à part le point RDC cage d'escalier station A étude), les concentrations en toluène mesurées à l'intérieur des logements sont inférieures ou égales aux concentrations observées dans les logements français (OQAI, 2006).
- Pour le benzène, au niveau de la station B, les concentrations en benzène à l'intérieur des logements sont de l'ordre de celles observées dans les logements français (OQAI, 2006). Les concentrations en benzène mesurées à l'intérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de la station A sont supérieures à celles observées dans les logements français (OQAI, 2006), ces concentrations restent cependant de l'ordre de celles rapportées par l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 2000).
- L'exploitation des concentrations en benzène et toluène n'a pas permis de déterminer si l'origine de l'impact des stations-services était due aux opérations de remplissage des cuves et de distribution de carburant aux véhicules ou au trafic supplémentaire généré par la présence de la station-service.

## **6. ANALYSE DE L'EVOLUTION DES RATIOS DE CONCENTRATION**

L'objectif de cette partie est d'exploiter les ratios de concentration pouvant être calculés à partir des résultats de mesure, afin de différencier la source station-service.

### **6.1. RATIOS INTERIEUR/EXTERIEUR**

Les ratios entre les concentrations dans l'air intérieur et dans l'air extérieur sur rue ont été déterminés pour le benzène et le toluène. Leur exploitation n'a pas permis d'apporter d'information supplémentaire.

### **6.2. RATIOS TOLUENE/BENZENE**

Les ratios entre les concentrations en toluène et en benzène mesurées à chaque point de prélèvement ont été déterminés, ils sont présentés dans les Figures 19 à 21. Pour les Figures 20 et 21, les points mentionnés en 5.4.1.3.1 et 5.4.2.3.1 n'ont pas été pris en compte. L'objectif d'une telle détermination était de différencier les éventuelles sources de toluène et de benzène pouvant être à l'origine des concentrations mesurées dans l'air ambiant et dans l'air intérieur.

En effet, le toluène étant plus réactif que le benzène, lorsque la masse d'air vieillit, c'est-à-dire lorsqu'on s'éloigne de la source d'émission, le ratio toluène/benzène a tendance à diminuer (INERIS, 2004). Un ratio toluène/benzène plus élevé indique donc une plus grande proximité à la source d'émission.

Il est d'autre part intéressant de noter que le ratio toluène/benzène dans les gaz d'échappement d'un moteur à essence est de l'ordre de 5 (Guibet, J.C., 2005), alors que dans l'essence il est rapporté par plusieurs sources comme étant de l'ordre de 9 (ECB, 2003).

La Figure 19 indique que dans l'air extérieur, les ratios déterminés sur rue au niveau de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude sont plus élevés que ceux déterminés sur cour. Cette observation est cohérente avec une diminution des ratios toluène/benzène proportionnelle à l'éloignement à la source, puisque les points sur rue sont plus proches des sources potentielles de benzène et de toluène que sont le trafic et les émissions des stations-service.

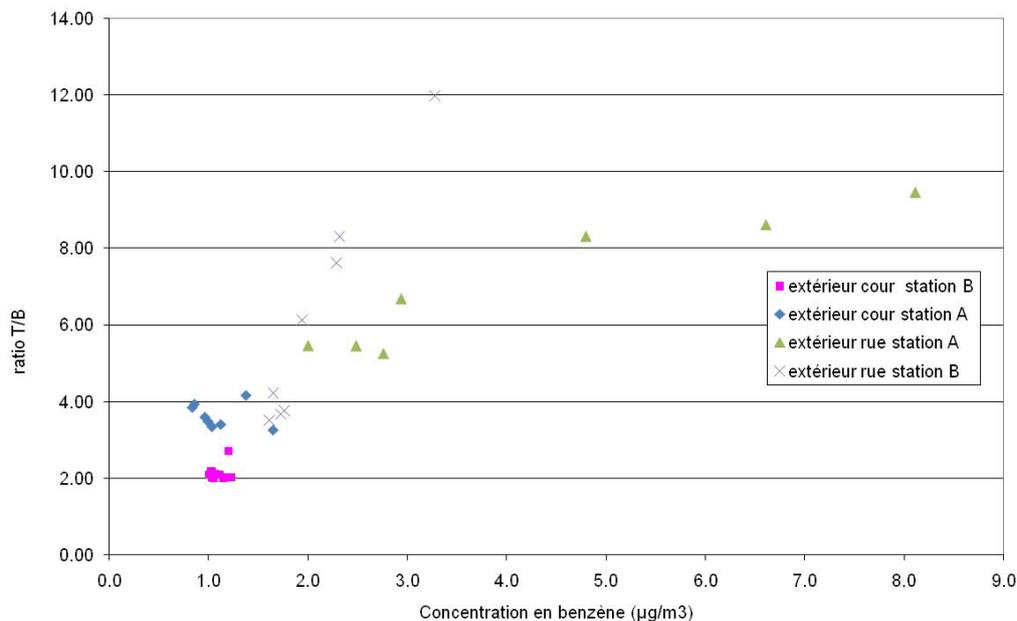


Figure 19 : Évolution du ratio entre les concentrations de toluène/benzène en fonction des concentrations de benzène mesurées à l'extérieur sur cour et sur rue

Les ratios toluène/benzène associés aux concentrations déterminées dans l'air intérieur et extérieur des immeubles témoins sont présentés en Figure 20, ceux obtenus au niveau des immeubles d'étude sont présentés en Figure 21. Au niveau des immeubles témoins, ces ratios sont respectivement compris entre 2 et 7. Ces valeurs sont proches des ratios observés dans le gaz d'échappement, ce qui indique que ces points d'échantillonnage sont sous l'influence de la source trafic.

Au niveau des immeubles d'étude, les ratios déterminés sur rue et dans les premiers étages sont compris entre 6 et 12. Ces valeurs sont de l'ordre du ratio de 9 mentionné pour l'essence. Ces valeurs laissent donc à penser qu'ils sont plus proches de la source d'émission, qui pourrait être l'évaporation de carburant au niveau des cuves de stockage et des pompes de distribution de la station-service. En revanche, les valeurs de ratios déterminés dans les étages élevés et sur cour sont inférieures à 5, ce qui indique que ces points d'échantillonnage, de par leur éloignement à la source sont peu ou pas impactés par l'évaporation de carburant.

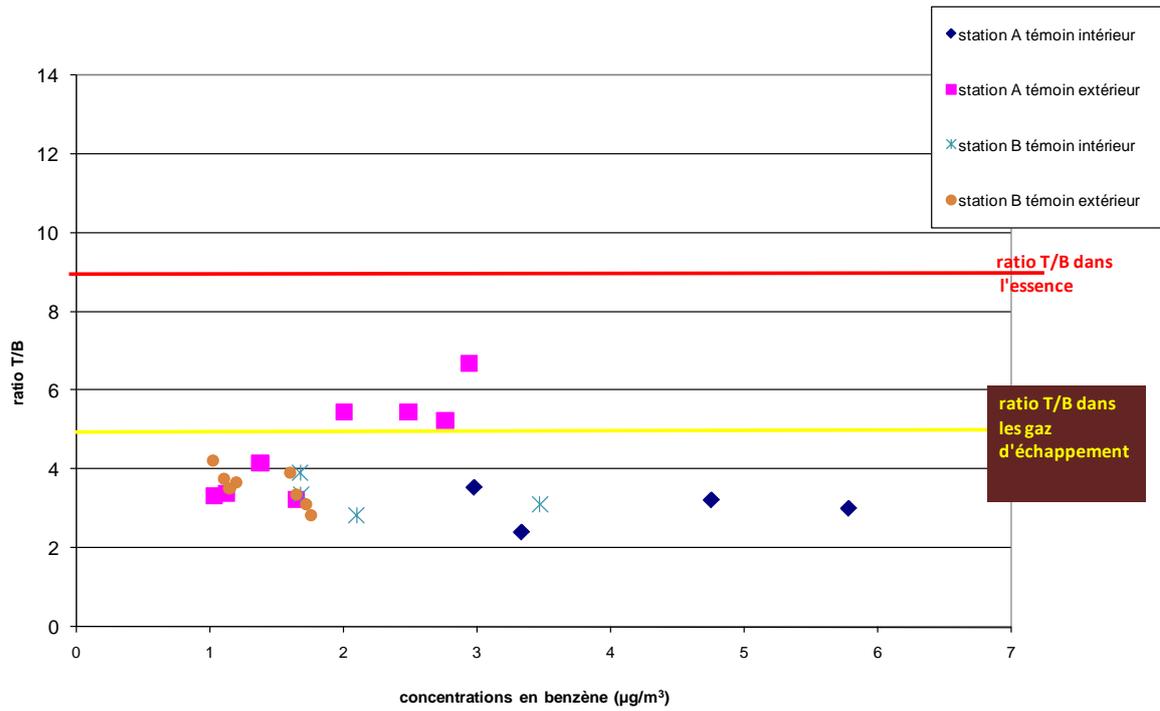
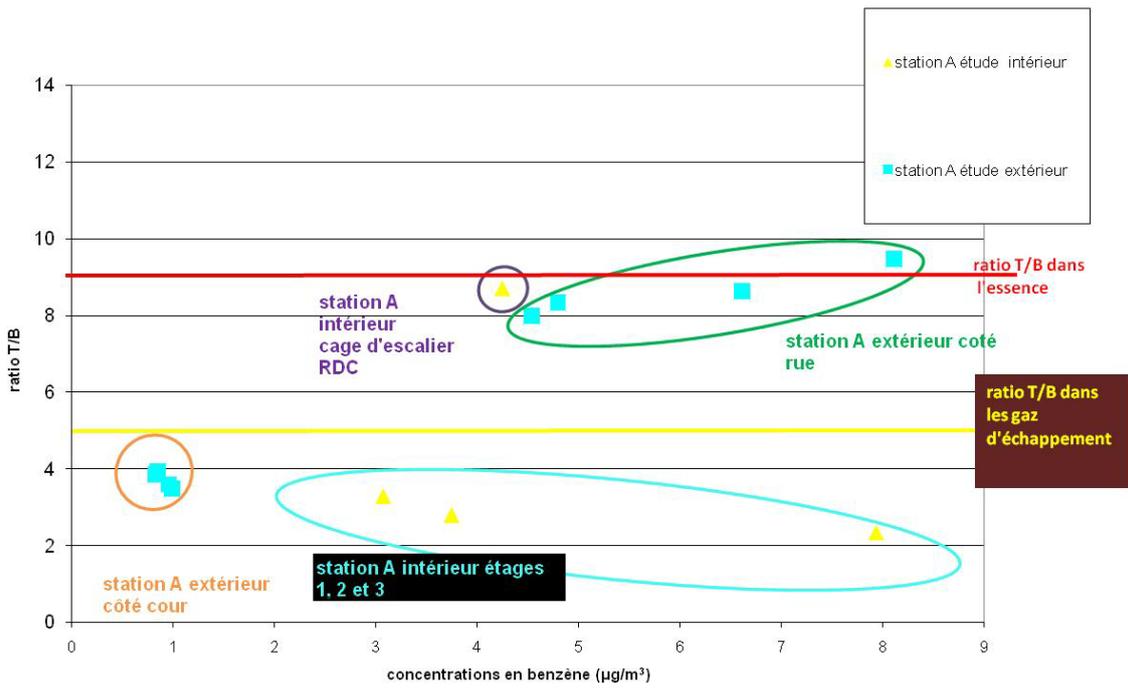
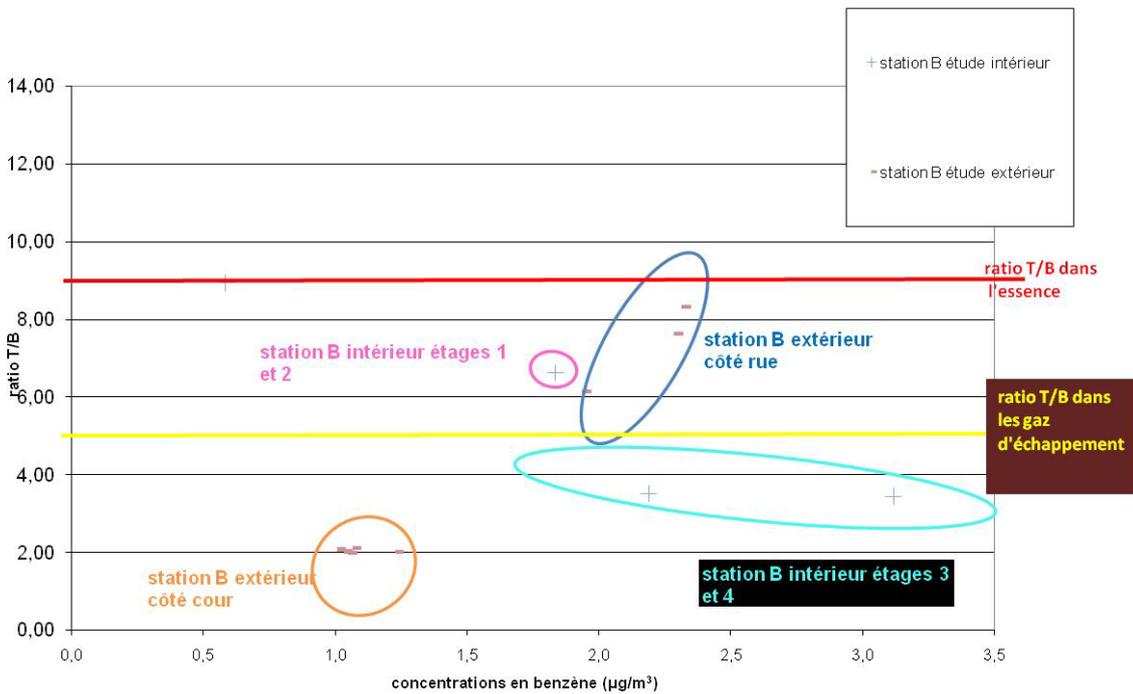


Figure 20 : Évolution du ratio entre les concentrations de toluène/benzène en fonction des concentrations de benzène mesurées lors des deux campagnes à l'intérieur et à l'extérieur des immeubles témoins



(a) Station A



(b) Station b

Figure 21 : Évolution du ratio entre les concentrations de toluène/benzène en fonction des concentrations de benzène mesurées lors des deux campagnes à l'intérieur et à l'extérieur immeubles d'étude

**L'interprétation de ratios toluène / benzène montre un impact de l'évaporation de carburant de la station-service sur les concentrations de benzène et de toluène mesurées dans l'air intérieur des premiers étages et dans l'air extérieur sur rue au niveau des immeubles d'étude des deux stations.**

**Cette interprétation qui permet de tracer qualitativement la source de l'impact ne permet pas de conclure quantitativement sur la contribution de cette source aux concentrations en benzène et en toluène mesurées.**



## **7. CONCLUSION**

Deux campagnes de mesure du benzène et du toluène ont été respectivement réalisées du 20 au 27 juin 2007 et du 19 au 26 mars 2008 dans le cadre d'un programme d'appui de l'INERIS au MEEDDM (programme 181, DRC09) sur le thème de l'exposition au benzène des personnes vivant au voisinage des stations-service. Elles ont plus spécifiquement concerné l'air intérieur et extérieur (balcons) des immeubles situés au dessus de deux stations-service dans Paris, l'une (A) située dans une rue étroite à fort trafic, l'autre (B) localisée sur un large boulevard offrant des conditions de dispersion plus favorables. Lors de ces campagnes, des prélèvements ont été réalisés à l'intérieur et à l'extérieur (côté cour et côté rue) des logements du niveau 0 au niveau 3 (niveau 4 pour la station B) de l'immeuble d'étude et d'un immeuble témoin éloigné de la station, ainsi que le long de l'axe routier les séparant.

Sur la station B, l'immeuble témoin et l'immeuble d'étude présentent des niveaux de concentration en benzène équivalents. Les résultats obtenus sur le benzène et le toluène montrent que la configuration du site A (fort trafic et conditions de dispersion défavorables) induit une augmentation des concentrations dans l'air extérieur.

Les observations montrent un impact des stations-service sur les concentrations en toluène dans l'air extérieur quelle que soit la configuration du site. Les écarts observés sont d'autant plus élevés que le trafic est fort et que les conditions de dispersion défavorables (site A). Pour le benzène, l'impact des stations-service sur les concentrations dans l'air ambiant extérieur est visible uniquement au niveau de la station A.

Dans des conditions de dispersion non favorables, comme celles rencontrées à la station A, l'activité de la station-service peut être à l'origine de l'élévation locale des concentrations de benzène et de toluène dans l'air ambiant extérieur. Cette augmentation s'est traduite par une augmentation de la concentration dans l'air intérieur de la cage d'escalier au rez-de-chaussée pour le toluène alors que ce n'est pas le cas pour le benzène.

Pour le toluène les concentrations mesurées à l'intérieur des logements restent néanmoins de l'ordre de celles observées dans les logements français (OQAI, 2006).

Pour le benzène, au niveau de la station B, les concentrations en benzène à l'intérieur des logements sont de l'ordre de celles observées dans les logements français (OQAI, 2006). Les concentrations en benzène mesurées à l'intérieur des logements de l'immeuble témoin et de l'immeuble d'étude de la station A sont supérieures à celles observées dans les logements français (OQAI, 2006), ces concentrations restent cependant de l'ordre de celles rapportées par l'Organisation Mondiale de la Santé (WHO, 2000).

L'exploitation des concentrations seules n'a pas permis de préciser l'origine de l'impact de la station-service sur la qualité de l'air. L'interprétation de ratios toluène / benzène a montré un impact de l'évaporation de carburant de la station-service sur les concentrations de benzène et de toluène mesurées dans l'air intérieur des premiers étages et dans l'air extérieur sur rue au niveau des immeubles d'étude des deux stations. Cette interprétation qui permet de tracer qualitativement la source de l'impact ne permet pas de conclure quantitativement sur la contribution de cette source aux concentrations en benzène et en toluène mesurées.

A ce jour, nous ne disposons pas d'éléments permettant de montrer une possible surexposition au benzène des populations vivant au dessus des stations-service. Cependant, il a pu être observé que dans des conditions de dispersion non favorables, l'activité d'une station-service pouvait contribuer de manière significative à une augmentation des concentrations de benzène dans l'air extérieur.

Au vu des résultats, le toluène pourrait apparaître comme un meilleur traceur de l'impact de l'activité station-service sur la qualité de l'air intérieur que le benzène.

Enfin, les carburants étant des mélanges d'hydrocarbures complexes, d'autres composés, non mesurés dans cette étude pourraient, tout comme le toluène, être émis et se concentrer dans les appartements situés au-dessus.

## **8. REFERENCES**

Arrêté du 19/12/08 fixant les règles générales et prescriptions techniques applicables aux stations-service soumises à autorisation sous la rubrique n° 1434 (Installation de remplissage ou de distribution de liquides inflammables)

Arrêté modifié du 20 Avril 1994 relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances chimiques complété jusqu'à la directive 2004/73/CE de la commission du 29 avril 2004 portant la 29<sup>ème</sup> adaptation au progrès technique de la directive 67/548/CEE.

Central Laboratory of air pollution, Joint research centre (JRC), European Commissions, (1995); Benzene, toluene and xylene measurements in the vicinity of petrol stations,

CITEPA (2005); Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France-séries sectorielles et analyses étendues en France, format SECTEN. Rapport d'inventaire national, février 2005, [www.citepa.org](http://www.citepa.org),

Clavel JC, INSERM (2004); Acute childhood leukemia and environmental exposure to potential sources of benzene and other hydrocarbons: a case control study,

Commission of european communities, Council Directive on ambient air quality assessment and management, Working group on benzene, (1998) ; Position Paper

Décret n°2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des directives 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.

Décret n° 2001-349 du 18 avril 2001 relatif à la réduction des émissions de composés organiques volatils liées au ravitaillement des véhicules dans les stations-service,

Directive 2000/69/CE du parlement européen et du conseil du 16 novembre 2000 concernant les valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant,

De Oliveira, K., et al. (2007); Exposure to volatile organic compounds in an ethanol and gasoline service station. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 79(2):237-241,

Karakitsios, S.P. et al (2007); Contribution to ambient benzene concentrations in the vicinity of petrol stations: Estimation of the associated health risk, Atmospheric Environment 41 (2007) 1889-1902,

INERIS (2002); BTX Concentrations near a stage II implemented petrol station, N. Gonzalez-Flesca et al, Environmental Science and pollution research, 9(3) 5A (2002),

INERIS (2004) ; Exposition par inhalation au benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) dans l'air ; Sources, mesures et concentrations ; Rapport N° INERIS DRC-04-56770-AIRE-n°1056-IZd, Décembre 2004, <http://www.ineris.fr> rubrique : expertise/rapports d'études/risques chroniques

INERIS (2006-1) ; Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, Benzène <http://www.ineris.fr> rubrique : expertise/toxicologie et environnement

INERIS (2006-2) ; Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, Toluène <http://www.ineris.fr> rubrique : expertise/toxicologie et environnement

INERIS (2007) ; Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions de tétrachloroéthylène par trois installations françaises de nettoyage à sec, Rapport INERIS N° DRC-07-85296-09788B, Octobre 2007,

Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air, LCSQA (2007) ; mesure du Benzène, Projet de guide de recommandations concernant la mesure du benzène dans l'air ambiant, <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/mesure-du-benzene>,

Meuwese-Mulder (2000); The ratio of benzene and toluene in measurements of a background urban site at different weather conditions, T Meuwese-Mulder, Synspec , Nederland, 2000 [http://www.synspec.nl/ar\\_scientific.html](http://www.synspec.nl/ar_scientific.html),

ORAMIP (2004) ; Etude ORAMIP Emissions de benzène, de toluène, d'éthylbenzène et de xylènes provenant des stations-service, Novembre 2004,

OQAI (2006) ; Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Campagne nationale Logements, Etat de la qualité de l'air dans les logements français Rapport final, Novembre 2006,

Palmgren et al.(2001); Benzene emission from the actual car fleet in relation to petrol composition in Denmark, Atmospheric Environment 35 Supplement No. 1 (2001) S35} S42,

Plan de protection de l'atmosphère Ile de France 2005, Fiches techniques, Mesures réglementaires 5 : stations service,

Que Choisir (2006) ; Teneurs en benzène, comme une odeur de scandale.441- Octobre 2006, p 55-57 UFIP, (2006) Etude Benzène en limite de propriété des stations-service,

Rümmelt, H, et al. (1989): Arbeitsplatz und Umweltbelastung durch Treibstoff-Emissionen an Großtankstellen, Münich. med. Wschr. 131, S. 437,

WHO (World Health Organisation) / OMS (Organisation Mondiale de la Santé) Air Quality Guidelines for Europe (2000),

chap. 5-2, benzene : [http://www.euro.who.int/document/aig/5\\_2benzene.pdf](http://www.euro.who.int/document/aig/5_2benzene.pdf)  
chap. 5-14, toluene : [http://www.euro.who.int/document/aig/5\\_14toluene.pdf](http://www.euro.who.int/document/aig/5_14toluene.pdf) ,

Wu, B.Z. et al. (2006); Determination and impact of Volatile Organics emitted during rush hours in the ambient air around gasoline stations, ISSN 1047-3289 Journal of Air and waste management Association 2006, 56 :1342-1348,

## 9. LISTE DES ANNEXES

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>	<b>Nombre de pages</b>
Annexe 1	Eléments d'information collectés dans le questionnaire d'étude	3 A4
Annexe 2	Détermination des concentrations en benzène et toluène par prélèvements passifs sur tubes d'adsorption, principe et validation des résultats	6 A4
Annexe 3	Résultats bruts	4 A4



# **ANNEXE I**

Éléments d'information collectés dans le questionnaire  
d'étude

## Eléments d'information collectés dans le questionnaire d'étude

Station-service :

Immeuble :                      témoin                      étude

Individu :

Etat civil :

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Numéro : \_\_\_\_\_

Type de voie (boulevard, rue)... : \_\_\_\_\_

Etage : \_\_\_\_\_

Code postal : \_\_\_\_\_

Commune : \_\_\_\_\_

Email : \_\_\_\_\_

Telephone : \_\_\_\_\_

passe ses journées  à l'intérieur                       à l'extérieur de l'appartement

Habitudes :

Consommation de tabac :

Etes-vous fumeur ? \_\_\_\_\_

Quelqu'un fume-t-il à la maison ? \_\_\_\_\_

Aération des pièces situées au dessus de la station-service :

Aérez-vous ? \_\_\_\_\_

A quelle fréquence ? \_\_\_\_\_

Logement :

Quelle est l'orientation de l'appartement ?

Au dessus station-service/rue :  oui                       non

Autre ouverture ? :  oui                       non

Y a t-il une rue à fort trafic en façade de votre logement ?

oui                       non

Des opérations de rénovation, de réparation (exemple : peintures, revêtement sol, isolation, vitrification, plomberie...) ont-elles été effectuées dans votre logement depuis moins de 1 an.

oui             non

Si oui, précisez le type de rénovation ou de réparation \_\_\_\_\_

Quel type de revêtement de sol avez-vous ?

• dans votre cuisine :

• dans votre séjour/salon :

Moquette

moquette

Parquet stratifié

parquet stratifié

Sol en plastique

sol en plastique

Carrelage

carrelage

Bois massif

bois massif

Autres (précisez) \_\_\_\_\_

autres (précisez) \_\_\_\_\_

Possédez-vous des meubles récents en bois aggloméré (mobilier...) dans votre salon/séjour ?

oui             non

Présence d'une VMC dans l'appartement ?

oui    quelle pièce ?

non

Fenêtres simples ou double vitrage ?

simple

double

Avez- vous une cheminée dans votre logement ?

oui             non

Si oui,

vous utilisez régulièrement votre cheminée pour le chauffage

vous utilisez votre cheminée en agrément uniquement

vous ne l'utilisez jamais

Quel type de cuisinière utilisez-vous ?

Electrique

Gaz

Mixte (gaz/électrique)

Autres (précisez) \_\_\_\_\_

Quelle pièce donne sur le boulevard/station-service et recevra le moyen de mesure ?

Chambre/bureau

Cuisine

Salon

Autres (précisez) \_\_\_\_\_

Détails sur cette pièce :

- mur

Type de revêtement sol :

Habitude d'aération :  oui  non

Si oui, fréquence :

Où sera installé le moyen de mesure ?

Détails particuliers (cheminée, bois cire, etc..)

Combien de personnes habitent de l'appartement ?

Habitude de présence (heure de pose pour le matériel) ?

Souhaite-t-il installer le matériel lui-même ?  oui  non

CI :

La personne est-elle d'accord pour participer à l'étude ?

oui  non

La personne est-elle d'accord pour installer elle-même le matériel de mesure ?

oui  non

## **ANNEXE II**

**Détermination des concentrations en benzène et toluène  
par prélèvements passifs sur tubes d'adsorption,  
principe et validation des résultats**

## DETERMINATION DES CONCENTRATIONS EN BENZENE ET TOLUENE PAR PRELEVEMENTS PASSIFS SUR TUBES D'ADSORPTION, PRINCIPE ET VALIDATION DES RESULTATS

### PRINCIPE

L'échantillonneur passif utilisé dans le cadre de cette étude se présente sous forme d'une cartouche adsorbante remplie de carbograph 4 insérée dans un corps diffusif poreux maintenu en position horizontale par le biais d'un support triangulaire, au sein d'un abri de protection (cf. Figure 1a).

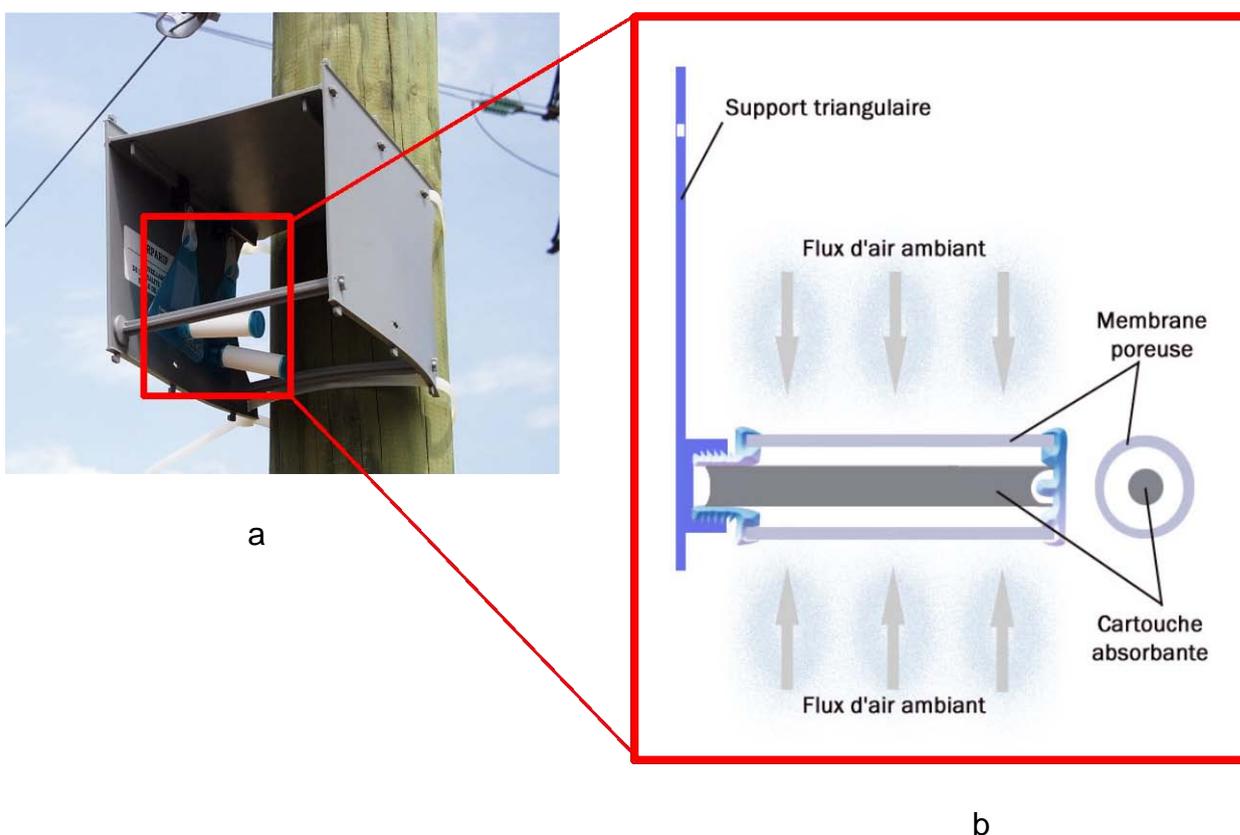


Figure 1 : (a) Echantillonneurs passifs installés à l'intérieur de l'abri de protection.

(b) Schéma de fonctionnement d'un échantillonneur passif (d'après radiello®).

Les cartouches adsorbantes piègent les composés organiques volatils recherchés, au fur et à mesure que l'air circule avec un débit connu à travers le corps poreux (cf. Figure 1b). Le tube est accroché à l'intérieur d'un abri de protection lors de la pose sur le terrain du dispositif de mesure. L'abri de protection permet de protéger l'échantillonneur de l'impact direct du vent, du soleil et de la pluie, optimisant ainsi les conditions de mesure afin de fiabiliser le processus de diffusion et de piégeage des polluants.

## INCERTITUDE ASSOCIEE AUX RESULTATS

Toute méthode de mesure (comme les analyseurs automatiques ou les échantillonneurs passifs) est entachée d'une incertitude. Dans le domaine de la qualité de l'air, des directives européennes fixent les seuils relatifs à l'incertitude maximale acceptable associée à la mesure des différents polluants réglementés pour ces deux techniques.

Dans le cas des échantillonneurs passifs utilisés pour cette étude, l'incertitude de mesure peut avoir différentes origines : la fabrication, l'applicabilité de la théorie de la diffusion passive selon les conditions météorologiques ou encore l'analyse en laboratoire. L'incertitude globale associée, égale à la combinaison des incertitudes provenant de chacune des sources individuelles d'erreur, (prélèvement et analyse) est limitée à 30% pour le du benzène. L'échantillonneur passif utilisé pour la mesure indicative du benzène et d'autres COV a fait l'objet de tests de validation par le laboratoire de la Commission Européenne dans le cadre du projet européen LIFE « RESOLUTION »<sup>8</sup> et l'incertitude maximale de 30 % a été vérifiée.

Conformément aux résultats des travaux du LCSQA 2007 (LCSQA, 2007) une incertitude de 25% est attribuée aux résultats de benzène. D'autre part, une incertitude arbitraire de 30% a été attribuée aux résultats de toluène.

### Validation des résultats

La comparabilité des résultats obtenus par l'INERIS et Airparif, a été assurée par la réalisation d'intercomparaison de tubes dopés ainsi que par la comparaison des résultats obtenus sur le terrain.

Des intercomparaisons consistant à doper des tubes témoins à des niveaux de concentration connus et à les analyser ont d'une part été réalisées. Ces tubes sont préparés en injectant sur le support adsorbant une solution de benzène et de toluène, vaporisée sous flux d'hélium balayant longitudinalement le tube. Il est intéressant de noter que ce dopage par injection d'une solution d'étalon et diffusion axiale des composés sur la phase adsorbante ne mime pas parfaitement le mode de prélèvement de ces mêmes tubes exposés sur le terrain dans la mesure où la diffusion se fait de manière radiale sur toute la surface du tube. Il permet cependant de réaliser une inter comparaison simple des laboratoires effectuant les analyses.

Une première série de dix tubes a donc été dopée par Airparif, parmi ces dix tubes cinq ont été analysés par Airparif et cinq par l'INERIS.

Une seconde série de dix tubes a été dopée par un tierce laboratoire à savoir l'Ecole des Mines de Douai (EMD). Comme précédemment, cinq tubes ont été analysés par Airparif et cinq par l'INERIS.

Les résultats de concentrations en benzène et toluène obtenus par les deux laboratoires lors des campagnes de terrain ont d'autre part été comparés.

---

<sup>8</sup> Rapport européen de LIFE 99ENV/IT/081 : *Relazione finale, Risultati del progetto* (en italien)

## RESULTATS DE DOPAGE

- Première série de dopage

La première série de tests sur tubes dopés a été réalisée avant la campagne de mesure au niveau de la station A.

Les résultats de cette première série ont été les suivants :

- Les résultats de benzène obtenus par les deux laboratoires sont tout à fait comparables avec un écart moyen à la concentration de consigne de -3% pour Airparif et de 1% pour l'INERIS.
- Pour le toluène les résultats obtenus par l'INERIS présentaient un écart moyen de 36% par rapport à la concentration de consigne du système de dopage d'Airparif. Une série de tests supplémentaires a fait apparaître une influence significative du sens de désorption des tubes par rapport à leur sens de dopage, sur la masse de toluène mesurée. Une désorption réalisée dans le même sens que le dopage résulte en effet en une sous-estimation de 13 à 30 % de la masse de toluène. Dans les analyses suivantes, une attention particulière a donc été apportée au sens dans lequel les tubes dopés ont été désorbés.

- Deuxième série de dopage

Une série 10 tubes dopés par un tierce laboratoire (EMD) dopés a été analysée par les deux laboratoires avant la campagne de mesure au niveau de la station B.

*Tableau 1 : Comparaison des résultats d'analyse des tubes dopés par l'EMD obtenus par l'INERIS et Airparif*

Tubes dopés	Echantillon en ng			
	Benzène		Toluène	
	AIRPARIF	INERIS	AIRPARIF	INERIS
1	455	470	502	575
2	427	495	465	590
3	434	450	504	545
4	440	418	503	519
5	426	404	481	517
Moyenne	436	448	491	549
Dispersion	3 %	8 %	6 %	4 %
Consigne	490	490	597	597
Ecart relatif	- 11.6 %	.9 %	- 19.5 %	- 8.3 %

Les résultats obtenus pour le benzène et le toluène montrent des écarts à la consigne corrects pour les deux laboratoires.

## CORRELATION DES CONCENTRATIONS MESUREES SUR SITE

### VALEURS DE BLANCS

Les valeurs de blanc obtenues lors des deux campagnes ont été considérées comme acceptables.

### RESULTATS DE BENZENE

Les résultats de concentrations massiques en benzène mesurées sur site par les deux laboratoires sont comparés dans les Figures 2 et 3. Les figures indiquent que les résultats de benzène des campagnes 1 et 2 obtenus par les deux laboratoires sont corrélés.

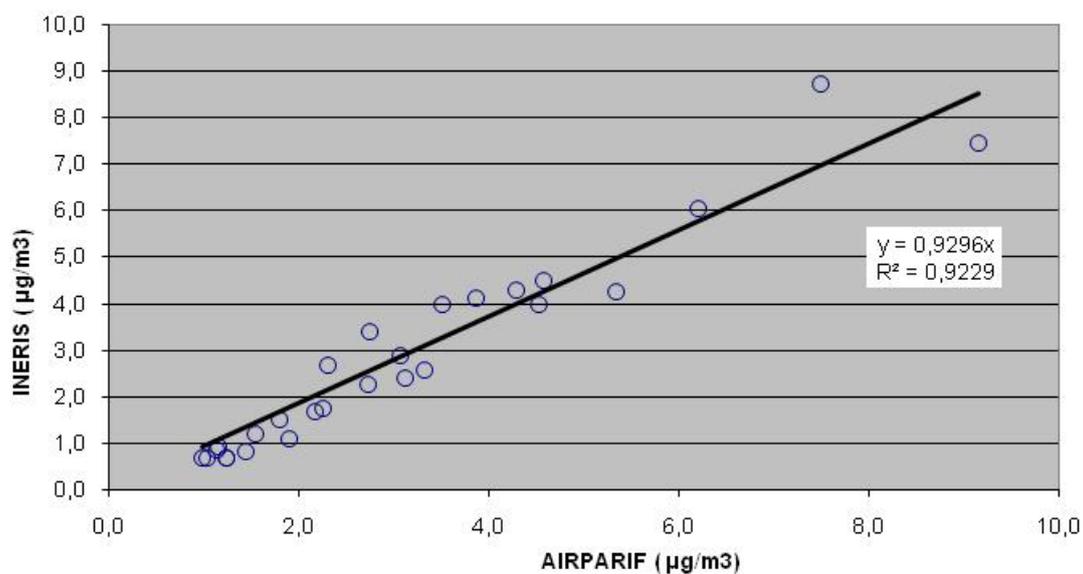


Figure 2 : Corrélation entre les résultats de benzène INERIS /AIRPARIF obtenus sur site lors de la première campagne

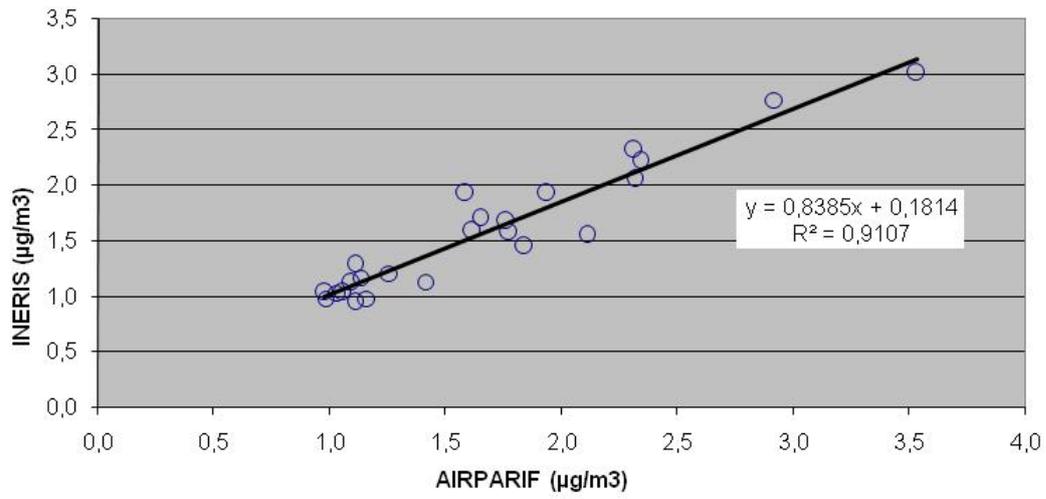


Figure 3 : Corrélation entre les résultats de benzène INERIS /AIRPARIF obtenus sur site lors de la seconde campagne

## RESULTATS DE TOLUENE

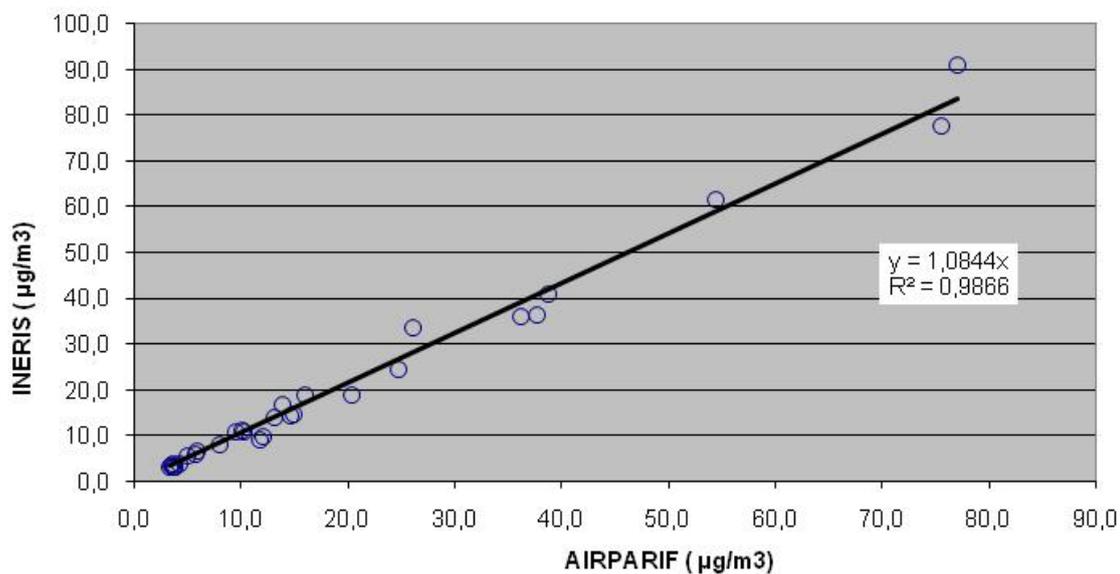


Figure 4 : Corrélation entre les résultats de toluène INERIS /AIRPARIF obtenus sur site lors de la première campagne

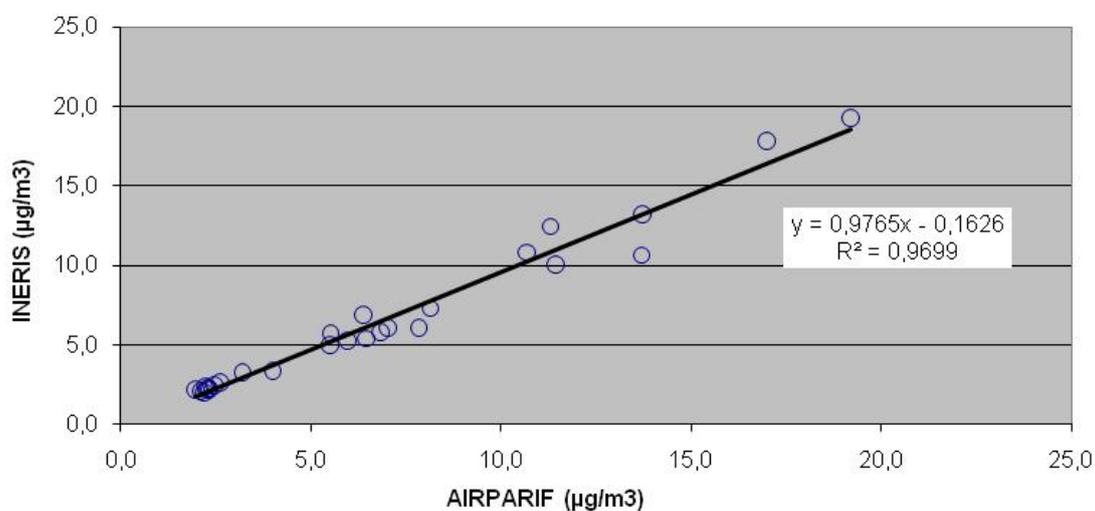


Figure 5 : Corrélation entre les résultats de toluène INERIS /AIRPARIF obtenus sur site lors de la seconde campagne

Une bonne corrélation entre les résultats de toluène obtenus par les deux laboratoires a été observée lors des deux campagnes.

Les résultats de ces intercomparaisons confirment la comparabilité des résultats de l'INERIS et d'AIRPARIF pour la mesure du benzène et du toluène. Les résultats de concentration de benzène et toluène obtenus par les deux laboratoires sont donc concordants et comparables. En conséquence, la concentration massique prise en compte pour l'évaluation de l'exposition des personnes correspond (sauf problème analytique sur un des résultats) à la moyenne des résultats obtenus par les deux laboratoires.

## **ANNEXE III**

**Résultats bruts**

## RESULTATS BRUTS

*Tableau 1 : Récapitulatif des résultats obtenus sur les sites témoin et d'étude lors de la première campagne*

Site	Etage	Localisation	Concentration moyenne en benzène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentration moyenne en toluène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Témoin	0	cour	$1.0 \pm 0.7$	$3.4 \pm 1$
Témoin	0	intérieur	$3.3^* \pm 0.8$	$8.0 \pm 2.4$
Témoin	0	rue	$2.9 \pm 0.7$	$19.7 \pm 5.9$
Témoin	1	cour	$1.1 \pm 0.3$	$3.8 \pm 1.1$
Témoin	1	intérieur	$4.8^* \pm 1.2$	$15.4 \pm 4.6$
Témoin	1	rue	$2.8 \pm 0.7$	$14.5 \pm 4.4$
Témoin	2	cour	$1.4 \pm 0.3$	$5.7 \pm 1.7$
Témoin	2	intérieur	$3.0 \pm 0.7$	$10.6 \pm 3.2$
Témoin	2	rue	$2.5 \pm 0.6$	$13.6 \pm 4.1$
Témoin	3	cour	$1.6 \pm 0.4$	$5.4 \pm 1.6$
Témoin	3	intérieur	$5.8^* \pm 1.4$	$17.4 \pm 5.2$
Témoin	3	rue	$2.0 \pm 0.5$	$10.9 \pm 3.3$
Etude	0	cour	$0.9 \pm 0.2$	$3.4 \pm 1.0$
Etude	0	intérieur	$4.2 \pm 1.1$	$37.0 \pm 11.1$
Etude	0	rue	$6.6^{**} \pm 1.7$	$57.0^{**} \pm 17.1$
Etude	1	cour	$1.0 \pm 0.2$	$3.5 \pm 1$
Etude	1	intérieur	$3.1 \pm 0.8$	$10.1 \pm 3$
Etude	1	rue	$8.1 \pm 2.0$	$76.8 \pm 23$
Etude	2	cour	$0.8 \pm 0.2$	$3.2 \pm 1$
Etude	2	intérieur	$3.7 \pm 0.9$	$10.5 \pm 3.1$
Etude	2	rue	$4.8 \pm 1.2$	$39.9 \pm 12$
Etude	3	cour	$1.0 \pm 0.2$	$3.5 \pm 1.0$
Etude	3	intérieur	$7.9^* \pm 2.0$	$18.6 \pm 5.6$
Etude	3	rue	$4.5 \pm 1.1$	$36.2 \pm 10.9$

\* résultat obtenu à partir d'une seule valeur pour cause d'invalidation d'un des résultats due à l'interférence par un autre produit

\*\* résultat obtenu à partir d'une seule valeur pour cause de disparition d'un des tubes pendant la période de prélèvement

Tableau 2 : Récapitulatif des résultats obtenus sur les sites témoin et d'étude lors de la seconde campagne

Site	Etage	Localisation	Benzène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Toluène ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Témoin	0	cour	$1.0 \pm 0.3$	$2.2 \pm 0.67$
Témoin	0	intérieur	$1.7 \pm 0.4$	$5.6 \pm 1.69$
Témoin	0	rue	$1.6 \pm 0.4$	$7.0 \pm 2.09$
Témoin	1	cour	$1.1 \pm 0.3$	$2.3 \pm 0.7$
Témoin	1	intérieur	$2.1 \pm 0.5$	$5.9 \pm 1.78$
Témoin	1	rue	$1.8 \pm 0.4$	$6.6 \pm 1.99$
Témoin	2	cour	$1.2 \pm 0.3$	$3.3 \pm 0.98$
Témoin	2	intérieur	$3.5 \pm 0.9$	$10.8 \pm 3.23$
Témoin	2	rue	$1.7 \pm 0.4$	$6.3 \pm 1.90$
Témoin	3	cour	Non déterminé	Non déterminé
Témoin	3	intérieur	Non déterminé	Non déterminé
Témoin	3	rue	Non déterminé	Non déterminé
Témoin	4	cour	$1.2 \pm 0.3$	$2.3 \pm 0.69$
Témoin	4	intérieur	$1.7 \pm 0.4$	$6.6 \pm 1.97$
Témoin	4	rue	$1.6 \pm 0.4$	$5.6 \pm 1.69$
Etude	0	cour	$1.1 \pm 0.3$	$2.3 \pm 0.58$
Etude	0	intérieur	Non déterminé	Non déterminé
Etude	0	rue	$1.3 \pm 0.3$	$3.7 \pm 1.1$
Etude	1	cour	$1.0 \pm 0.3$	$2.1 \pm 0.6$
Etude	1	intérieur	$1.8 \pm 0.5$	$12.2 \pm 3.7$
Etude	1	rue	$3.3 \pm 0.8$	$39.3 \pm 11.8$
Etude	2	cour	$1.0 \pm 0.3$	$2.1 \pm 0.6$
Etude	2	intérieur	$0.6 \pm 0.1$	$5.2 \pm 1.6$
Etude	2	rue	$2.3 \pm 0.5$	$19.3 \pm 5.8$
Etude	3	cour	$1.2 \pm 0.3$	$2.5 \pm 0.7$
Etude	3	intérieur	$3.1 \pm 0.8$	$10.8 \pm 3.2$
Etude	3	rue	$2.3 \pm 0.6$	$17.4 \pm 5.2$
Etude	4	cour	$1.0 \pm 0.2$	$2.1 \pm 0.6$
Etude	4	intérieur	$2.2 \pm 0.5$	$7.7 \pm 2.3$
Etude	4	rue	$1.9 \pm 0.5$	$11.9 \pm 3.6$

