

Caractérisation de l'exposition personnelle d'un échantillon de Champlanais

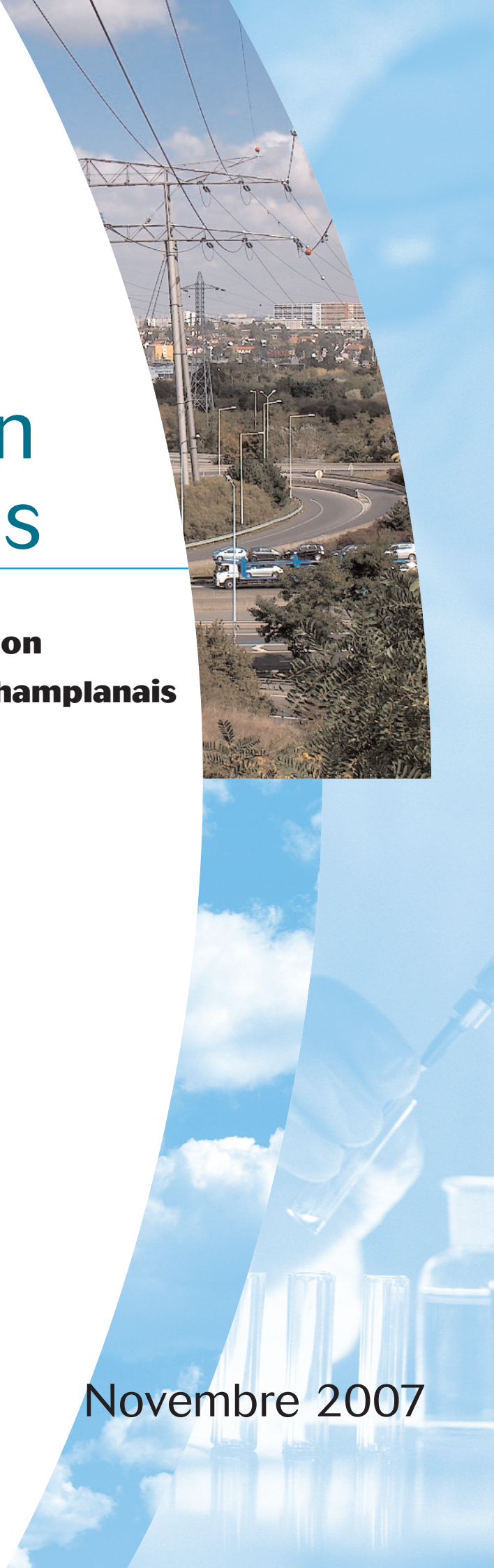
● **Etude exploratoire sur l'exposition
individuelle d'un échantillon de Champlanais
à la pollution atmosphérique**

Commande de l'Afsset à AIRPARIF -
Surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France



agence française de **sécurité sanitaire**
de l'environnement et du travail

Novembre 2007



Caractérisation de l'exposition personnelle d'un échantillon de Champlonais

En 2006, l'Afsset a passé commande à Airparif d'une étude exploratoire à caractère descriptif sur l'exposition individuelle d'un échantillon de franciliens à la pollution atmosphérique et plus particulièrement à 3 polluants : le dioxyde d'azote, le benzène et le formaldéhyde.

Les objectifs de cette étude étaient les suivants :

- caractériser la dispersion de l'exposition à la pollution atmosphérique (au cours de la journée) d'un échantillon de franciliens, sur la base d'un panel d'étude regroupant 150 personnes ;
- positionner les niveaux de concentrations auxquels sont soumis les individus par rapport aux niveaux de pollution mesurés aussi bien en air intérieur qu'à l'extérieur ;
- identifier dans quelle mesure cette exposition peut être approchée à partir des données de surveillance de la qualité de l'air couramment disponibles ;

Cette étude a consisté à :

- 1) collecter des candidatures d'habitants d'Ile-de-France qui souhaitent participer ;
- 2) sélectionner parmi les candidatures reçus 150 participants répartis dans toute l'Ile de France et ayant des modes de déplacement différents (voiture, TC, piétons...)
- 3) réaliser des tests métrologiques sur les dispositifs de mesure utilisés ;
- 4) mettre en œuvre 2 journées de campagnes de mesure (l'une en hiver, le 13 février 2007 et l'autre en été, le 12 juin 2007) au cours desquelles les participants ont porté sur eux, durant la journée, les dispositifs de mesure en question ;
- 5) réaliser les analyses des dispositifs de mesure ;
- 6) réaliser un rapport d'étude présentant les résultats et des interprétations.

Parallèlement à ce travail, un programme d'études environnementales centré autour du territoire de la commune de Champlan est piloté par l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), auquel participent l'Afsset et Airparif. Dans ce cadre, il est apparu intéressant de renforcer la connaissance de l'exposition individuelle d'un échantillon de Champlonais en sélectionnant une part notable de l'échantillon de franciliens sur la commune de Champlan.

Dans le cadre de cette étude, l'Afsset a assuré le suivi scientifique du projet. Pour ce faire, plusieurs réunions de travail et de nombreux échanges se sont tenus avec Airparif tout au long de la réalisation de l'étude en 2006 et 2007.

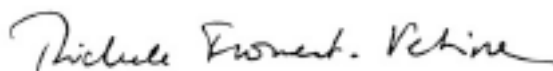
Ces travaux ont notamment permis d'assurer le respect du calendrier de réalisation de l'étude, de valider des hypothèses de travail, d'assurer un suivi des résultats de l'étude, de valider le plan et le contenu du rapport d'étude.

Cette étude a fait l'objet de valorisations communes par les deux organismes, notamment par des communiqués de presse le 12 juin 2007 à l'occasion de la 2^e journée de campagne et le 30 novembre 2007 lors de l'annonce de la publication du rapport d'étude.

Cette étude affine les connaissances sur l'exposition des franciliens à la pollution atmosphérique et permet de proposer une méthode complémentaire d'évaluation des niveaux journaliers d'exposition des individus à différents polluants.

Le présent rapport présente les résultats spécifiques relatifs à l'échantillon de Champlonais.

La directrice générale,

A handwritten signature in black ink, reading "Michèle Froment-Vedrine".

Dr Michèle FROMENT-VEDRINE



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



agence française de **sécurité sanitaire**
de l'environnement et du travail

CARACTERISATION DE L'EXPOSITION PERSONNELLE D'UN ECHANTILLON DE CHAMPLANAIS

**Rapport final relatif aux résultats des deux campagnes de
mesure**

Novembre 2007

Etude réalisée par :

AIRPARIF 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

Pour :

AFSSET Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
253 ave Général Leclerc - 94701 Maisons-Alfort cedex - Tél.:01.56.29.19.30 - Fax: 01.43.96.37.67 - - www.afsset.fr

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	3
I. INTRODUCTION	4
II. MISE EN ŒUVRE DE LA CAMPAGNE DE MESURE	5
II.1 RECRUTEMENT DES VOLONTAIRES	5
II.2. LES TRACEURS CHOISIS	6
II.2.a. <i>Les sources de benzène et ses effets sur la santé</i>	6
II.2.b. <i>Les sources de dioxyde d'azote et ses effets sur la santé</i>	7
II.2.c. <i>Les sources de formaldéhyde et ses effets sur la santé</i>	7
II.3 MISE EN PLACE DE L'ÉTUDE ET DES CAMPAGNES DE MESURE, MOYENS DE MESURE UTILISÉS	8
II.3.a. <i>Moyens de mesure utilisés</i>	8
II.3.b. <i>Déroulement de l'étude</i>	9
II.3.c. <i>Mesures complémentaires en air extérieur</i>	10
II.4 METROLOGIE	11
III. RESULTATS GENERAUX CONCERNANT LES DEUX CAMPAGNES DE MESURE	12
III.1. CONDITIONS METEOROLOGIQUES	12
III.1.a. <i>Campagne hivernale</i>	13
III.1.b. <i>Campagne estivale</i>	13
III.2. PERIODE DE MESURE	13
III.3. DONNEES STATISTIQUES DES RESULTATS	13
III.3.a. <i>Données générales</i>	13
III.3.b. <i>Boîtes à moustaches</i>	14
III.3.c. <i>Comparaison été / hiver</i>	20
III.4. SITUATION VIS-A-VIS DES NIVEAUX MESURES EN AIR INTERIEUR ET EXTERIEUR	23
III.4.a. <i>Benzène</i>	23
III.4.b. <i>Dioxyde d'azote</i>	24
III.4.c. <i>Formaldéhyde</i>	25
III.5. COMPARAISON AVEC LES AUTRES VOLONTAIRES DE L'ÉTUDE COMPLETE	26
III.5.a. <i>Benzène</i>	26
III.5.b. <i>Dioxyde d'azote</i>	27
III.5.c. <i>Formaldéhyde</i>	28
VII. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	29
ANNEXE 1	31
ANNEXE 2	35

REMERCIEMENTS

AIRPARIF remercie toutes les personnes et tout particulièrement les enfants et leurs instituteurs qui ont bien voulu se prêter à l'exercice lors des deux journées de mesure et qui ont très consciencieusement porté le matériel toute la journée. Sans eux cette étude n'aurait pu voir le jour.

I. INTRODUCTION

A ce jour, AIRPARIF dispose de 47 stations de mesure permanentes permettant la surveillance de la qualité de l'air en continu dans des environnements très contrastés. Ainsi, certaines stations dites « stations de fond » sont situées suffisamment loin des sources de pollution, telles que les grands axes routiers, pour ne pas être directement influencées par celles-ci et sont représentatives d'un quartier en général. Ces sites de fond, placés dans les zones à forte densité de population, caractérisent donc le niveau de pollution minimal auquel les riverains sont soumis. Les stations dites « de proximité au trafic » sont implantées à moins de 5 mètres des grands axes de circulation et caractérisent la pollution maximale à laquelle la population est soumise sur les trottoirs. Ces deux types de stations sont conformes aux critères définis par la réglementation européenne.

Il convient aujourd'hui d'aller plus loin vers la caractérisation plus précise de l'exposition à la pollution atmosphérique. Cette exposition dépend non seulement de la qualité de l'air extérieur mesurée par les AASQA (Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air) mais aussi de celle des lieux que l'on traverse tout au long de la journée tels que les environnements intérieurs (habitat, bureaux, magasins, ...) où nous passons la majeure partie de nos journées ou encore des modes de transport utilisés.

Dans ce contexte, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale et du Travail (AFSSET) a confié à AIRPARIF la réalisation d'investigations relatives à l'exposition à la pollution atmosphérique d'un échantillon de Franciliens en utilisant la méthodologie développée dans l'étude PEOPLE¹. Cette étude, à caractère exploratoire, consiste à mesurer directement l'exposition d'un échantillon de Franciliens à trois polluants atmosphériques connus pour avoir des effets sur la santé, à savoir le dioxyde d'azote, le benzène et le formaldéhyde, et présents dans l'air que nous respirons quotidiennement.

Le dioxyde d'azote et le benzène sont tous deux des polluants réglementés. Ce sont des traceurs reconnus du trafic routier (le benzène est plus particulièrement un traceur des véhicules à essence) mais il existe aussi des sources intérieures (dans les logements par exemple) de benzène et de dioxyde d'azote.

Le formaldéhyde est un polluant majoritairement présent dans les environnements intérieurs, émis par exemple par certains matériaux de construction (revêtements de sol, de mur, colles...), des éléments de mobilier ou encore certains produits d'entretien.

Pour les deux premiers polluants, cette étude a pour objectifs :

- d'identifier dans quelle mesure ces niveaux d'exposition sont représentés par le dispositif de surveillance de la qualité de l'air d'AIRPARIF
- d'évaluer l'influence des modes de transport utilisés pour les trajets domicile - travail sur les niveaux journaliers d'exposition à la pollution atmosphérique d'un panel de Franciliens

En ce qui concerne le formaldéhyde, l'étude consiste à documenter de manière très exploratoire les niveaux d'exposition journaliers d'un panel de franciliens et ainsi de pouvoir positionner ces niveaux par rapport à des niveaux de référence comme ceux mesurés lors de la campagne logements² par l'OQAI (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur).

D'autres études ont déjà eu lieu en Ile-de-France. L'une³ visait à caractériser l'air respiré dans les transports tandis qu'une autre évaluait l'exposition d'une population particulière⁴.

¹ « Population Exposure to Air Pollutants in Europe » (PEOPLE) , Methodological Strategy and Basic Results, European Commission, Joint Research Centre, R. A. Field, P. Pérez Ballesta, A. Baeza Caracena, I. Nikolova, R. Connolly, N. Cao, M. Gerboles, D. Buzica, L. Amantini, F. Lagler, A. Borowiak, L. Marelli, G. De Santi and E. De Saeger.

² « Campagne nationale logements – Rapport final Etat de la qualité de l'air dans les logements français », Novembre 2006, Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur.

³ Rapport LCPP-LHVP : « Evaluation de l'exposition des citoyens aux polluants d'origine automobile au cours de leur déplacement dans l'agglomération parisienne », 1996-1998

Parallèlement à ce travail, l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) pilote une étude multirisque environnementale centrée autour du territoire de la commune de Champlan, dans le secteur Sud de l'agglomération parisienne. Dans ce cadre il est apparu intéressant de renforcer la connaissance de l'exposition des Champlanais en sélectionnant spécifiquement une part notable du panel de Franciliens sur la commune de Champlan.

Parmi les volontaires, des personnes passant leur journée à Champlan, soit dans le cadre de leur travail, soit à titre personnel, ont été plus particulièrement retenues. Par ailleurs, des enfants scolarisés sur la commune de Champlan, ainsi que leurs instituteurs, ont également participé à cette étude, qui entre dans le cadre plus général du Programme d'études environnementales et sanitaires sur la commune de Champlan, à l'initiative de la Secrétaire d'Etat à l'Ecologie, Nathalie KOSCIUSKO-MORIZET et piloté par l'ADEME.

Cette note présente les résultats spécifiques relatifs aux Champlanais, un rapport global⁵ décrit l'ensemble des résultats de cette étude pour l'Ile-de-France.

II. MISE EN ŒUVRE DE LA CAMPAGNE DE MESURE

II.1 Recrutement des volontaires

Le recrutement s'est fait sur la base du volontariat. Ainsi, à partir de la fin du mois de novembre 2006, les personnes volontaires intéressées par la connaissance de leur niveau d'exposition à la pollution atmosphérique ont pu s'inscrire sur le site internet d'Airparif et répondre à un questionnaire permettant d'effectuer la sélection des candidats respectant certains critères d'inclusion (ne pas être fumeur et ne pas être soumis au tabagisme passif systématique par exemple).

Les volontaires habitant ou travaillant à Champlan (catégorie « Champlan ») ont été recrutés essentiellement grâce à l'aide de la mairie. Au total, 18 personnes ont été instrumentées de tubes passifs dans le cadre de cette étude.

Pour les écoliers et leurs instituteurs (catégorie « Ecole »), les directrices de deux écoles sélectionnées (écoles primaires des Saules et de la Butte sur la commune de Champlan) ont recruté des élèves capables de porter les dispositifs de mesure. Au final, les 10 personnes de cette catégorie sont réparties de la manière suivante :

- 2 instituteurs de l'école maternelle des Saules,
- 2 instituteurs de l'école maternelle de la Butte,
- 2 instituteurs de l'école primaire de la Butte,
- 4 enfants de l'école primaire de la Butte.

Conformément aux termes de la déclaration faite auprès de la CNIL (récépissé n°1196087), aucun nom de participant ne sera divulgué.

⁴ « Evaluation de l'exposition personnelle au benzène d'une population francilienne représentative du secteur tertiaire » Programme Primequal. Paris : Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris ; Université Paris V. Août.2001 Rapport n°99.62034, Dusseaux M, Laurent A, Le Moullec Y, Person A, Momas I.

⁵ « Caractérisation de l'exposition personnelle d'un échantillon de franciliens – Rapport final relatif aux résultats des deux campagnes de mesure – Novembre 2007 »

II.2. Les traceurs choisis

A la demande de l'AFSSET, en s'appuyant sur les autres études européennes réalisées sur l'exposition à la pollution atmosphérique et en prenant en compte les contraintes météorologiques, il a été décidé de suivre trois polluants : le **dioxyde d'azote**, le **benzène** et le **formaldéhyde** :

- Le dioxyde d'azote qui est un polluant traceur de la pollution urbaine. Il provient notamment de la combustion des combustibles des sources fixes (chaufferies, centrales électriques, ...) et mobiles (moteurs de véhicules). Il existe également des sources à l'intérieur des habitations (chauffage au gaz, cuisinière au gaz,...)
- Le benzène qui est un polluant traceur des véhicules à motorisation essence. Il existe également des sources à l'intérieur des locaux (revêtements de sols, ...)
- Le formaldéhyde qui est un polluant d'origine majoritairement intérieure présent dans les habitations et des bureaux.

Ces trois composés ont des effets observables sur la santé. Il est également possible de les mesurer sur une courte période (quelques heures) et par de petits capteurs portatifs faciles à mettre en œuvre (échantillonneurs passifs), contrairement à d'autres polluants également problématiques d'un point de vue de santé publique mais dont les moyens de mesure sont aujourd'hui beaucoup trop lourds, comme les particules par exemple. Un rappel des différentes sources d'émissions de ces trois composés ainsi que leurs effets sur la santé est présenté ici.

II.2.a. Les sources de benzène et ses effets sur la santé

Le benzène (C₆H₆) est un composant des composés organiques volatils (COV) présents dans les atmosphères urbaines.

Sources extérieures : Le benzène est un traceur reconnu de la pollution urbaine. En ville, ce sont essentiellement les véhicules à motorisation essence qui sont responsables des niveaux de contamination de l'air au benzène, de par les imbrûlés produits à la sortie de l'échappement, de par les phénomènes d'évaporation au niveau des différents organes du véhicule (réservoir, carburateur...) et de façon indirecte par la distribution de carburant.

Le benzène est également émis dans l'industrie chimique où il entre comme intermédiaire dans la fabrication de plastiques, fibres synthétiques, caoutchouc de synthèse...

Sources intérieures : le benzène est présent dans certains produits de bricolage et d'entretien (solvants notamment, mais à moins de 0.1 %), dans certains revêtements de sols ou dans des éléments de décoration. Enfin, il provient aussi de la fumée de tabac.

Effet sur la santé : Les effets aigus du benzène sur l'homme, c'est-à-dire suite à une exposition (par inhalation) importante et unique sont documentés⁶. Dans les formes légères d'intoxication, des troubles de la parole, des céphalées, des vertiges et des nausées sont rapportées. Des concentrations plus élevées entraînent une narcose, similaire à celle observée pour d'autres gaz anesthésiants pouvant s'accompagner de convulsions voire de la mort.

Les effets chroniques sur l'homme, c'est-à-dire suite à une exposition répétée dans le temps à de faibles intensités mettent en évidence une augmentation du taux de cancer au cours des expositions professionnelles au benzène. Ce composé est classé dans le groupe 1 (agent cancérigène pour l'homme) par le CIRC⁷. Des effets sur les systèmes cellulaires précurseurs des cellules sanguines et sur la réponse immunitaire sont également rapportés.

⁶ « Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques », benzène, Version n°3-1 mars 2006, INERIS-DRC-01-25590-00DR256.doc

⁷ Centre International de Recherche sur le Cancer

III.1.b. Les sources de dioxyde d'azote et ses effets sur la santé

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un composé majoritairement formé par l'oxydation du monoxyde d'azote par d'autres oxydants de l'air et présent dans les atmosphères urbaines

Sources extérieures : Le dioxyde d'azote est un traceur reconnu de la pollution urbaine. Il provient essentiellement de la combustion au niveau de sources fixes (chaufferies, centrales électriques) et mobiles (moteurs de véhicules).

Sources intérieures : Le dioxyde d'azote provient des sources de combustion utilisées dans les maisons et plus particulièrement des appareils utilisant le gaz (chauffage au gaz, cuisinières au gaz...). Il provient également de la fumée de tabac.

Effet sur la santé : Le dioxyde d'azote est un irritant des muqueuses respiratoires et oculaires. Il accroît la réactivité bronchique, les symptômes et les infections respiratoires et exacerbe les crises d'asthme chez l'asthmatique. Dans le cas d'une exposition aiguë, un œdème respiratoire peut se développer associé à une détresse respiratoire, une dyspnée et de la fièvre⁸.

III.1.c. Les sources de formaldéhyde et ses effets sur la santé

Le formaldéhyde est un polluant majoritairement présent dans les environnements intérieurs.

Sources intérieures : Les sources qui influent sur les concentrations de formaldéhyde dans l'air intérieur peuvent être divisées en 2 catégories :

La combustion :

Les sources du formaldéhyde provenant de la combustion englobent principalement les cheminées à foyers ouverts (combustion du bois), les cigarettes ainsi que les autres produits du tabac.

Emissions gazeuses :

Les sources d'émissions gazeuses du formaldéhyde incluent certains produits en bois agglomérés fabriqués avec des résines d'urée formaldéhyde (panneaux d'aggloméré, panneaux de contreplaqué en bois de feuillus, panneaux de fibre de densité moyenne) ou certains produits de construction et d'aménagement de l'habitat (revêtements de sol, de mur...). En effet, une étude de l'EPA⁹ a montré que l'on pouvait toujours détecter des émissions de formaldéhyde 138 jours après l'application d'un vernis et que l'émission cumulative de formaldéhyde (depuis l'application du vernis jusqu'au 138^{ème} jour) correspondait à 6 à 7 fois la quantité de formaldéhyde libre qui était présente dans un vernis lors de l'application. Ceci indiquerait qu'une certaine quantité de formaldéhyde a été formée pendant le séchage de ce vernis.

D'autres produits tels que des peintures à l'eau, les colles, des revêtements pour planchers, les moquettes et les tapis émettent aussi du formaldéhyde. Pour ces produits, les teneurs émises ont tendance à être plus élevées au moment de leur installation et à décroître avec le temps.

Enfin, le formaldéhyde est aussi utilisé comme antiseptique et comme additif antibactérien pour la conservation des aliments ou encore les produits d'hygiène corporelle et les cosmétiques.

⁸ « Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques », oxydes d'azote, Version n°1- août 2005, INERIS-DRC-03-47020-00DR057.doc

⁹ " Characterization of emissions from conversion varnishes." *The Emission Inventory: Key to Planning, Permits, Compliance, and Reporting*, Air & Waste Management Association, September 1996, McCrillis, R.C., E.M. Howard, R. Fortmann, H.C. Lao, Z. Guo, and K.A. Krebs

Sources extérieures : Le formaldéhyde est également émis, dans une moindre mesure, par les automobiles, par les industries de raffinage du pétrole et par les incinérateurs. Il est aussi utilisé dans des domaines tels que l'industrie du papier ou encore le tannage du cuir et la photographie.

Effets sur la santé : Les effets aigus du formaldéhyde sur l'homme sont principalement des irritations au niveau des yeux, du nez et de la gorge avec également une congestion nasale pouvant être associée à des démangeaisons et des éternuements. Les effets aigus sur la fonction respiratoire sont beaucoup moins clairs et parfois contradictoires. Chez les enfants, une sensibilité exacerbée à une exposition chronique au formaldéhyde a été décrite. Elle a permis d'observer notamment une diminution de la fonction respiratoire des enfants exposés. Le formaldéhyde est classé dans le groupe 1 (agent cancérigène pour l'homme) par le CIRC. Les principaux cancers étudiés chez les sujets exposés au formaldéhyde par inhalation concernent les voies respiratoires supérieures et la cavité buccale¹⁰.

II.3 Mise en place de l'étude et des campagnes de mesure, moyens de mesure utilisés

II.3.a. Moyens de mesure utilisés

Les mesures d'exposition nécessitent l'utilisation de dispositifs portatifs légers, peu encombrants et silencieux permettant ainsi aux volontaires de ne pas modifier leurs activités. Les échantillonneurs passifs (également appelés tubes à diffusion passive) respectent ces critères. Leur mise en œuvre simple et rapide permet d'équiper un nombre important de personnes, tout en assurant une bonne fiabilité de mesure.

Les mesures ont donc été réalisées à l'aide **d'échantillonneurs passifs** spécifiques à la mesure des polluants choisis, à savoir le dioxyde d'azote, le formaldéhyde et le benzène. Le fonctionnement métrologique des échantillonneurs passifs est fondé sur le piégeage du polluant recherché sur un support (le tube) contenant un réactif chimique spécifique au polluant, à l'aide du principe de diffusion passive de l'air ambiant.

L'échantillonneur passif mesurant le dioxyde d'azote¹¹ se présente sous forme d'un tube en polypropylène muni d'une coiffe fixe et d'une grille métallique imprégnée du réactif chimique permettant le piégeage du polluant pendant la période d'exposition. Le tube est maintenu en position verticale sur le support. D'après le fournisseur ce tube a été spécialement conçu pour des mesures sur des pas de temps courts de l'ordre de 8 heures à 48 heures.

La mesure du benzène et du formaldéhyde est également réalisée à l'aide d'échantillonneurs passifs spécifiques^{12, 13}, dont le principe de fonctionnement est semblable à celui mesurant le dioxyde d'azote.

Les trois échantillonneurs ont été rassemblés sur un même support. Un système de collier et d'attache a été spécialement conçu pour l'étude par AIRPARIF (cf. photo) afin que les volontaires puissent disposer le matériel autour de leur cou et le maintenir solidement sur leur vêtement pour éviter qu'il ne bouge.

¹⁰ « Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques », formaldéhyde, version n°2-1, mai 2005, INERIS- DRC- 01- 25590- 01DR023.doc

¹¹ Les tubes à diffusion passive de dioxyde d'azote sont fournis et analysés par le laboratoire suisse PASSAM A.G, certifié ISO 17025.

¹² Tubes à diffusion passive spécifique au benzène sont fournis et analysés par le laboratoire de recherche IRCSS de la fondation scientifique italienne, Salvatore Maugeri.

¹³ Tubes à diffusion passive de formaldéhyde sont fournis et analysés le laboratoire de recherche IRCSS de la fondation scientifique italienne, Salvatore Maugeri.

Après exposition, les échantillonneurs passifs sont analysés en laboratoire suivant des protocoles spécifiques à chaque composé. A l'issue des analyses, une concentration moyenne est établie pour chacun des polluants suivis pour la période d'exposition considérée.

Les analyses de benzène ont été effectuées par le laboratoire d'AIRPARIF, celles concernant le dioxyde d'azote ont été réalisées par la société PASSAM AG et celles concernant le formaldéhyde par la société Radiello.

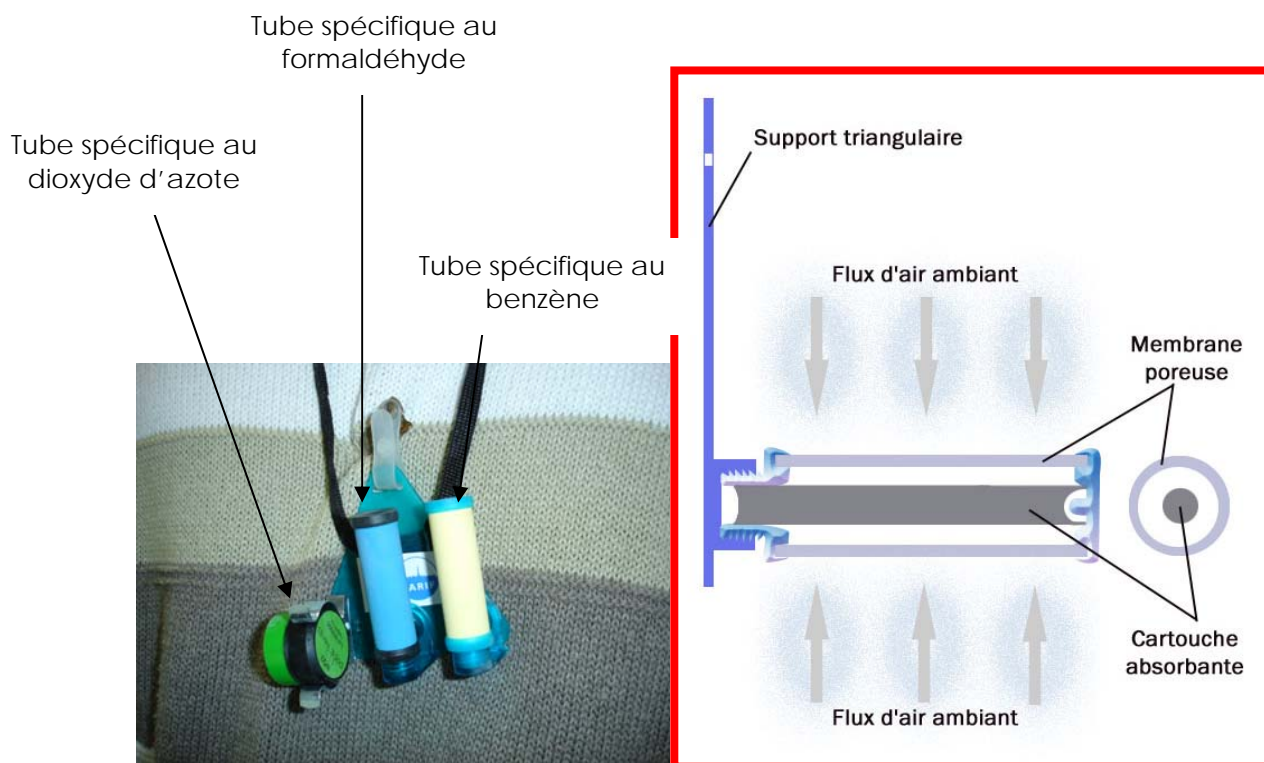


Figure 1: Dispositif de mesure et schéma de fonctionnement d'un échantillonneur passif (d'après radiello®) spécifique au benzène.

II.3.b. Déroulement de l'étude

Les mesures ont eu lieu pendant deux journées, l'une en hiver et l'autre en été de façon à comparer les niveaux d'exposition sur des périodes pour lesquelles la qualité de l'air est différente. En effet, la qualité de l'air dépend à la fois des émissions de polluants atmosphériques et des conditions météorologiques qui conditionnent la dispersion des polluants dans l'atmosphère.

L'hiver, les émissions de polluants atmosphériques urbains sont plus élevées qu'en période estivale (émissions du chauffage résidentiel l'hiver par exemple) et se dispersent plus difficilement du fait des conditions météorologiques particulières (conditions anticycloniques sans vent avec une inversion de température par exemple).

L'été, la photochimie est plus active (niveaux d'ozone plus élevés) et les habitudes de vie sont différentes (tendance à aérer les environnements intérieurs plus régulièrement).

Par ailleurs, afin de rendre comparables les niveaux relevés lors des deux journées et d'assurer la représentativité de l'exposition journalière des candidats, un même jour ouvré a été retenu dans les deux cas pour réaliser les mesures.

Les deux journées de mesure ont eu lieu les mardis 13 février et 12 juin 2007.

Pour ces deux journées, il a été demandé aux participants ne restant pas chez eux de porter le dispositif de mesure pendant une durée allant de 10 h à 14 h. De plus, de façon à minimiser l'impact de la pollution intérieure du domicile sur le niveau d'exposition journalier, il a été demandé aux volontaires de commencer à exposer leurs échantillonneurs passifs dès qu'ils quittent leur domicile le matin et d'arrêter la mesure dès leur retour le soir.

Pour les personnes sédentaires, il leur a été demandé d'effectuer les mesures d'exposition sur une plage de 12 h entre 8 h à 20 h idéalement avec possibilité de décaler d'une heure (7 h-19 h ou 9 h-21 h).

Pendant ces deux journées, chaque volontaire a rempli un questionnaire « budget-temps-activités » permettant de connaître au pas de temps quart-horaire ses activités (cuisine au gaz, plein d'essence, utilisation de solvants, ...) ainsi que les modes de transport utilisés. Ce pas de temps ne permet pas toujours d'apprécier correctement les durées passées dans les transports c'est pourquoi il a été demandé aux volontaires de noter la durée exacte pendant laquelle ils se sont déplacés.

II.3.c. Mesures complémentaires en air extérieur

Afin de pouvoir positionner les niveaux d'exposition individuelle obtenus pendant cette campagne par rapport à des niveaux de référence en air extérieur, des mesures ont été réalisées sur **4 stations fixes du réseau permanent d'Airparif**, représentatives de différentes situations :

- La station du Boulevard Périphérique de la Porte d'Auteuil, représentative des niveaux en proximité automobile. Cette station enregistre pour la majorité des polluants les niveaux les plus importants de l'Ile-de-France.
- La station de Paris Les Halles, située au cœur de Paris, renseigne des niveaux en situation de fond de Paris.
- La station d'Issy-les-Moulineaux : elle a été choisie pour représenter les niveaux en situation de fond en Petite Couronne.
- La station de Cergy-Pontoise : elle a été choisie pour représenter les niveaux en situation de fond en Grande Couronne.

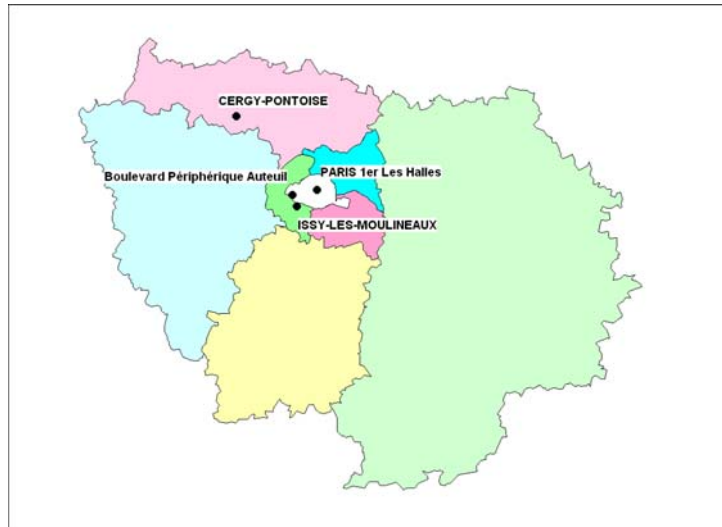
De plus, **4 sites ont été instrumentés sur la commune de Champlan** :

- 34 rue des Acacias. Il s'agit d'un site d'observation, soumis aux émissions d'axes routiers.
- 176 Route de Versailles, à l'école primaire de la Butte.
- 142 route de Versailles.
- 7 rue Jean Jaurès, à l'école maternelle des Saules.

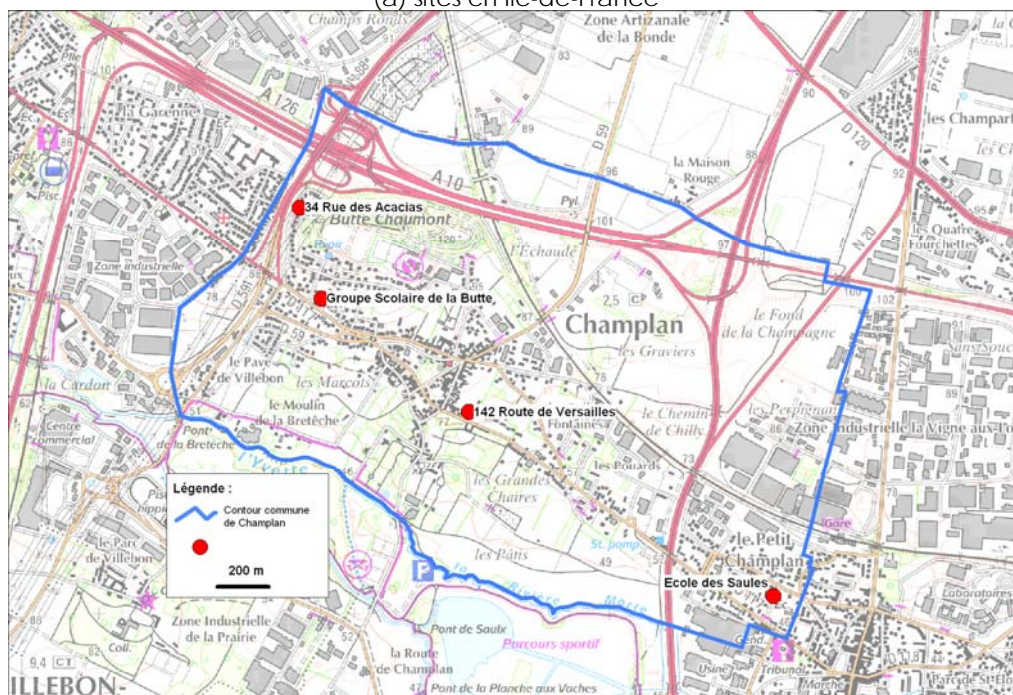
Ces emplacements avaient été instrumentés précédemment lors d'une campagne réalisée par Airparif en 2006 et visant à caractériser la qualité de l'air dans le secteur de Champlan¹⁴.

Ces mesures ont été réalisées en parallèle de celles des volontaires avec le même matériel de mesure, pendant 12h (généralement entre 8h et 20h), afin d'être comparées aux niveaux d'exposition des volontaires. La carte suivante présente l'emplacement de ces stations de mesure.

¹⁴ Rapport AIRPARIF « La qualité de l'air dans le secteur de Champlan », septembre 2007.



(a) sites en Ile-de-France



(b) sites sur la commune de Champlan

Figure 2 : Emplacement des sites en air extérieur où des mesures complémentaires ont été effectuées (Ile-de-France et Champlan).

Concernant les données de qualité de l'air en intérieur, Airparif n'a pas réalisé de mesure. Il a été décidé en accord avec l'AFSSET d'utiliser des niveaux moyens en air intérieur d'après les études spécifiques réalisées sur ce sujet identifiées dans la littérature.

II.4 Métrologie

L'étude commandée par l'AFSSET est une étude exploratoire tant sur le sujet traité (exposition des personnes sur une courte période) que sur les moyens de mesure utilisés. En effet, la mesure de la qualité de l'air est habituellement réalisée par analyseurs automatiques, ce qui est impossible ici (alimentation électrique de l'appareil, poids des analyseurs, ...). Pour des mesures ponctuelles dont le pas de temps est hebdomadaire (ou relevés tous les 14 jours), des échantillonneurs passifs sont utilisés.

La demande particulière faite par l'AFSSET a donc débuté par une étude bibliographique permettant d'identifier des moyens de mesure à disposition pour les prélèvements sur courte

durée, à savoir des tubes passifs spécifiques jamais utilisés auparavant par Airparif. Des essais ont été nécessaires pour valider ces tubes pour le NO₂, le benzène et les aldéhydes et pour déterminer la durée de mesure la plus pertinente d'un point de vue métrologique. Airparif était conscient qu'une durée de mesure de 12 heures était idéale dans le cadre de cette campagne pour s'affranchir des fortes variations potentielles en air intérieur domestique d'un logement à un autre.

Les **tests métrologiques ont eu lieu aussi bien en air intérieur qu'extérieur, en situation de fond et à proximité du trafic routier, sur des pas de temps différents (de 12h à 48h)**. De plus, les résultats des tubes passifs ont été comparés à une autre méthode de mesure quand cela était possible. Les tests ont permis de conclure à une bonne répétabilité des tubes quel que soit le niveau de pollution et une bonne reproductibilité des niveaux, ainsi qu'un débit d'échantillonnage constant dans le temps. Par conséquent, Airparif a préconisé :

- l'utilisation des tubes passifs RADIELLO code 145 (charbon actif carbopack x) à corps diffusif jaune pour la mesure du benzène.

- l'utilisation des tubes PASSAM pouvant être exposés sur des courtes périodes (tubes en polypropylène utilisant la triéthanolamine comme adsorbant) pour la mesure du NO₂.

- l'utilisation des tubes Radiello code 165 pour la mesure des aldéhydes (composés d'une cartouche chimioabsorbante utilisant le 2,4-Dinitrophénylhadrazine), couplés avec le corps diffusif bleu en propyléthylène, favorisant le piégeage des composés photosensibles, qui perturbent la mesure des aldéhydes.

Pour plus de détail sur les tests métrologiques réalisés, le lecteur pourra utilement se reporter au rapport « Caractérisation de l'exposition personnelle d'un échantillon de franciliens – Rapport final relatif aux résultats des deux campagnes de mesure – Novembre 2007 ».

Rappelons que toute méthode de mesure, analyseurs automatiques ou échantillonneurs passifs, est affectée d'une incertitude. Dans le domaine de la qualité de l'air, des directives européennes fixent l'incertitude aux valeurs limites maximales acceptables associée à la mesure des différents polluants réglementés pour ces deux techniques.

Pour les analyseurs automatiques, l'incertitude tolérée pour chaque mesure horaire est de 15 % pour le dioxyde d'azote¹⁵. Dans le cas des échantillonneurs passifs, 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. Selon les Directives européennes en vigueur, l'incertitude globale associée, égale à la combinaison des incertitudes provenant de chacune des sources individuelles d'erreur, est limitée à 25 % de la mesure pour le dioxyde d'azote¹⁵ et à 30 % pour le benzène. Ces critères de qualité ont été vérifiés par des tests métrologiques par Airparif. D'après les indications des fournisseurs, l'incertitude des mesures est d'environ 25 % pour chacun des composés.

L'incertitude sur la mesure du formaldéhyde a également été évaluée à 25%

III. RESULTATS GENERAUX CONCERNANT LES DEUX CAMPAGNES DE MESURE

III.1. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques jouent un rôle important sur la dispersion des polluants atmosphériques émis et donc sur les niveaux de concentration mesurés par les stations de mesure. En particulier, les niveaux de benzène et de dioxyde d'azote mesurés dans l'air ambiant fluctuent selon les saisons dans l'air ambiant extérieur. Par ailleurs, ces niveaux de pollution en air extérieur influent sur les niveaux retrouvés dans les environnements intérieurs par le biais de phénomènes de transfert de pollution notamment pendant l'aération des locaux.

Deux campagnes de mesure distinctes ont été réalisées, l'une en hiver et l'autre en été.

¹⁵ Directive 1999/30/CE du 22 avril 1999 relative à la fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant.

III.1.a. Campagne hivernale

Le mardi 13 février, le ciel était nuageux mais sans précipitations. Les températures ont varié dans Paris entre 8 et 11°C, le vent était modéré, de secteur Ouest le matin, puis Sud l'après-midi.

Les conditions météorologiques ont été propices à une bonne qualité de l'air car le vent et l'absence d'inversion thermique ont favorisé la dispersion des polluants.

L'indice Atmo était de 3 (sur 10), avec des sous-indices associés aux particules, au dioxyde d'azote et à l'ozone équivalents (3), ce qui signifie que la qualité de l'air était bonne sur l'agglomération parisienne.

III.1.b. Campagne estivale

Le mardi 12 juin, le ciel était très nuageux à couvert le matin mais sans précipitations, avec des éclaircies en milieu de journée. Les températures ont varié dans Paris entre 15 et 23°C, le vent était faible (vitesse de vent comprise entre 2 et 3m/s), de secteur Ouest le matin, puis Nord-Ouest l'après-midi. L'indice Atmo était de 5 (sur 10) dû aux niveaux d'ozone mesurés sur l'agglomération parisienne. Le sous-indice associé au dioxyde d'azote était de 3, celui associé aux particules de 4.

III.2. Période de mesure

Les résultats présentés dans ce rapport sont issus des mesures par tubes passifs pour le benzène, le dioxyde d'azote et le formaldéhyde sur la période d'exposition propre à chaque candidat. Les temps d'exposition ont légèrement varié d'un candidat à l'autre (puisqu'ils dépendaient du départ et du retour de chaque candidat à son domicile), mais restent compris entre 11h20 et 12h10 (moyenne à 11h30 pendant la campagne hivernale). Les volontaires sédentaires ont exposé leurs tubes **environ 12h** comme prévu. On notera que les enfants et leurs instituteurs ont calé leur temps d'exposition sur leur temps de présence à l'école, soit 9h15 en moyenne.

Les résultats de la campagne estivale sont plus disparates, les personnes ayant plus tendance à sortir le soir. La durée moyenne d'exposition est de 11h50, avec des variations allant de 10h15 à 14h d'exposition pour les volontaires de la catégorie « Champlan ». Comme pour la campagne hivernale, les sédentaires ont en moyenne exposé leur matériel pendant 12h, et 9h pour les écoliers.

III.3. Données statistiques des résultats

III.3.a. Données générales

Pour chacune des deux campagnes, un certain nombre de données n'a pas pu être exploité pour des raisons diverses (tubes cassés, non-exposition des tubes, dispositif de mesure non renvoyé ou reçu trop tard par le volontaire, tubes exposés un autre jour). Voici plus en détail le nombre de données exploitables pour chaque polluant et pour chaque série, ceci pour les deux catégories étudiées dans ce rapport.

	Benzène	Dioxyde d'azote	Formaldéhyde
Hiver	9 "Ecole"	10 "Ecole"	10 "Ecole"
	18 "Champlan"	18 "Champlan"	18 "Champlan"
Été	8 "Ecole"	8 "Ecole"	8 "Ecole"
	13 "Champlan"	13 "Champlan"	13 "Champlan"

Tableau 1 : Nombre de résultats disponibles par série et polluants pour les catégories « Champlan » et « Ecole ».

AIRPARIF attire l'attention du lecteur sur le faible nombre d'individus instrumentés de capteurs portatifs (limite due au cahier des charges initial de l'étude à visée exploratoire) et par conséquent au risque à généraliser des résultats obtenus par cette étude aux champlanais et aux écoliers de façon générale. En effet, les candidats retenus ont été ceux qui se sont portés volontaires, aucun tirage statistique n'a pu être réalisé pour sélectionner un panel représentatif de la population champlanaise. Il en est de même pour les écoliers. Par conséquent, les résultats présentés dans la suite du rapport constituent une information indicative.

III.3.b. Boîtes à moustaches

Les résultats sont présentés sous forme de « boîtes à moustaches », traitement statistique des données qui permet de représenter de nombreuses informations en un seul graphique :

- la moyenne et la médiane (valeur au-dessous de laquelle se trouve 50 % des données), qui permettent de connaître la variabilité des résultats
- les percentiles 25 et 75 qui correspondent aux extrémités de la boîte et qui contiennent 50 % des données
- les minimum et maximum (extrémités des moustaches). Il peut arriver que des points extrêmes se trouvent à l'extérieur des moustaches.

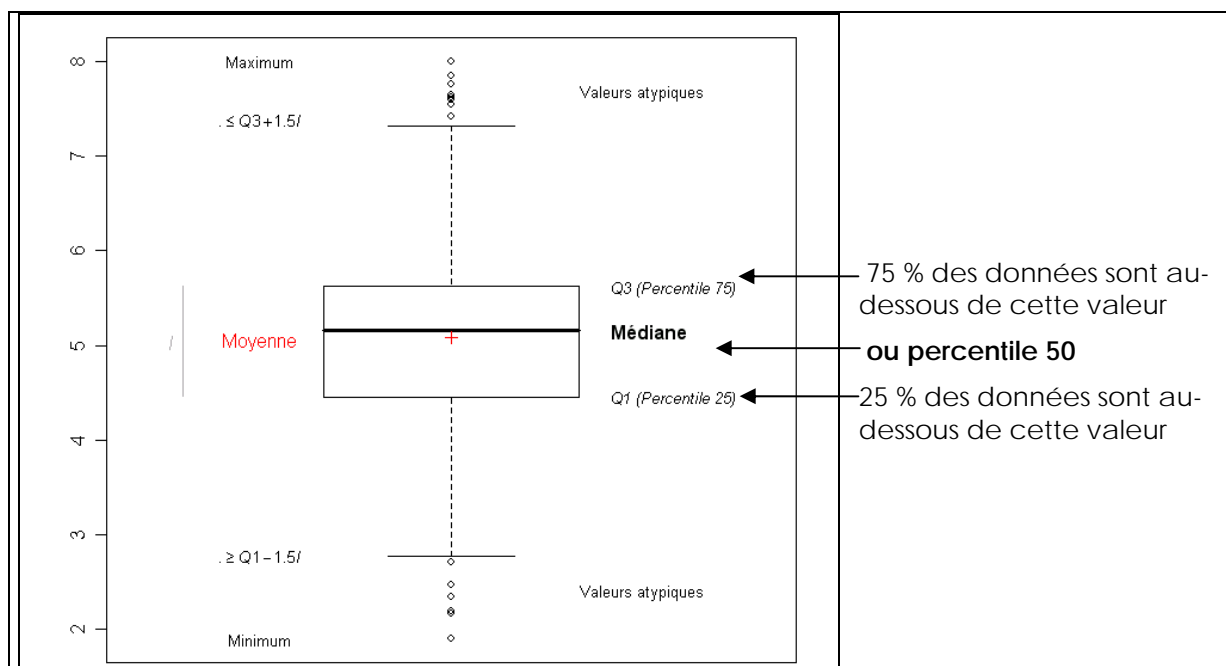


Figure 3: Descriptif d'une boîte à moustache.

Dans un premier temps, il sera présenté des résultats généraux par polluant, ainsi qu'une comparaison avec les niveaux mesurés pendant la campagne sur les sites de mesure permanents d'Airparif et les sites instrumentés sur la commune de Champlan mais aussi avec ceux figurant dans la littérature concernant la pollution intérieure. Une comparaison des résultats entre les deux campagnes sera réalisée dans un second temps. Enfin, la situation des volontaires étudiés dans ce rapport sera comparée à celle des autres participants à l'étude.

µg/m ³ / catégorie	Nombre d'individus	Min	P25	médiane	moyenne	P75	Max
NO ₂ - Hiver	18	7	25	31	37	51	84
NO ₂ - Eté	13	15	28	37	39	46	77
Benzène - Hiver	18	1.2	1.6	2.1	2.6	3	6
Benzène - Eté	13	1.1	2	2.5	2.5	2.7	6.1

Formaldéhyde - Hiver	18	6	12	21	18	23	32
Formaldéhyde - Eté	13	12	17	23	22	29	31

(a) catégorie « Champlan »

µg/m ³ / catégorie	Nombre d'individus	Min	P25	médiane	moyenne	P75	Max
NO ₂ - Hiver	10	14	27	31	31	34	46
NO ₂ - Eté	8	27	31	33	34	35	43
Benzène - Hiver	9	1.4	1.7	1.9	1.9	2.2	2.4
Benzène - Eté	8	1.4	1.5	1.9	2.1	2.6	3.1
Formaldéhyde - Hiver	10	17	18	22	22	23	35
Formaldéhyde - Eté	8	27	28	35	37	42	63

(b) catégorie « Ecole »

Tableau 2 : Tableau des résultats des campagnes hivernale et estivale.

Airparif attire l'attention du lecteur sur le fait que les résultats globaux des deux campagnes ne sont pas directement comparables, les échantillons étant différents. Le rapport présente ultérieurement les résultats des deux campagnes pour un même panel, à savoir les personnes pour lesquelles des données sont disponibles pour les deux campagnes de mesure, et qui peuvent être comparées.

Benzène :

Commentaires sur les résultats des volontaires de Champlan :

Les niveaux hivernaux d'exposition individuelle relatifs au benzène du groupe de Champlanais ont varié de 1.2 à 6 µg/m³, pour une moyenne de 2.6 µg/m³. Les minimum, maximum et moyenne de la campagne estivale sont du même ordre de grandeur. Pour la médiane, elle est identique (2.5 µg/m³) à la moyenne lors de la campagne estivale, d'où une homogénéité des niveaux d'exposition des individus.

Les résultats de la campagne hivernale montrent que 50 % des volontaires avaient un niveau d'exposition en benzène compris entre 1.2 et 2 µg/m³. La médiane, inférieure à la moyenne, signifie que 50% des volontaires présentent toutefois des niveaux d'exposition supérieurs à 2.1 µg/m³.

Quelques personnes, non identiques entre les deux campagnes, présentent des valeurs atypiques (5.8 et 6 µg/m³ en hiver, 6.1 µg/m³ en été). Les emplois du temps des deux individus présentant les plus forts niveaux en hiver n'ont pas beaucoup de choses en commun, l'un ayant passé plus de 75 % de son temps à l'intérieur de son domicile, le second quasiment la moitié du temps à l'extérieur. Pour le niveau d'exposition élevé en été, il s'agit d'une personne ayant passé la majeure partie de son temps à l'extérieur (10h45). Aucune explication, liée aux activités de ces personnes, ne peut expliquer leurs forts niveaux d'exposition.

Pour les personnes présentant les plus faibles valeurs d'exposition individuelle, les concentrations sont comparables aux valeurs enregistrées sur la commune de Champlan en air extérieur.

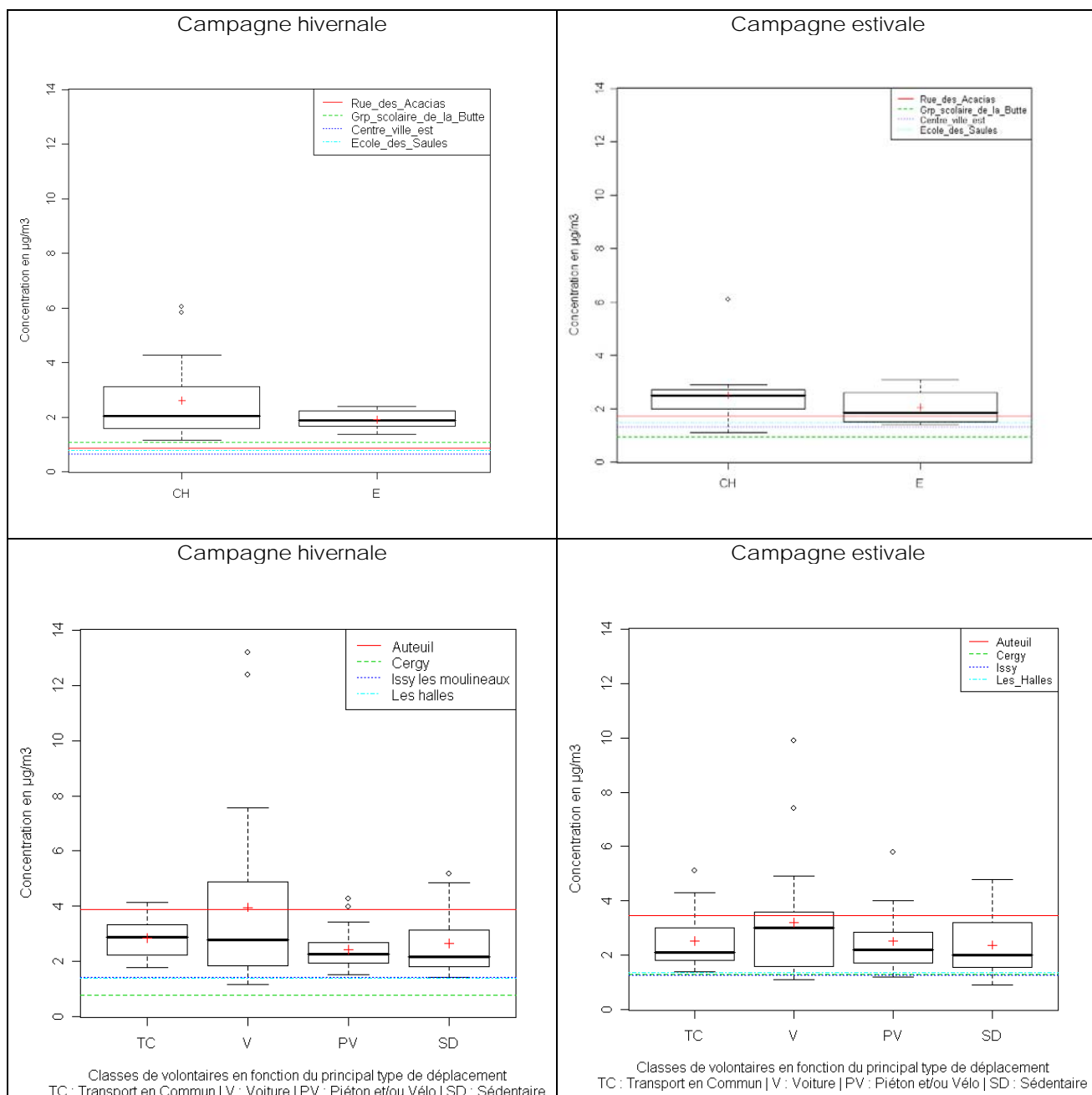


Figure 4: Boite à moustache relative au benzène pour le panel d'écoliers (E) et de Champlonais (CH), mais également des autres catégories étudiées dans l'étude globale¹⁶.

Commentaires sur les résultats des volontaires de la catégorie « Ecole » :

Les résultats hivernaux et estivaux des volontaires écoliers sont homogènes et plutôt faibles par rapport à ceux des personnes de la catégorie « Champlan » : ils ont varié de 1.4 à 2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en hiver, soit des niveaux inférieurs à la moyenne des Champlonais. Ceci est valable pour les deux campagnes de mesure. Les niveaux étaient beaucoup plus dispersés lors de la 2^{ème} journée de mesure, avec un maximum à 3.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La dispersion des teneurs en benzène du groupe « Ecole » est **comparable à celle du panel des Champlonais**, aussi bien pour les données hivernales qu'estivales.

¹⁶ « Caractérisation de l'exposition personnelle d'un échantillon de franciliens – Rapport final relatif aux résultats des deux campagnes de mesure – Novembre 2007 »

Dioxyde d'azote :

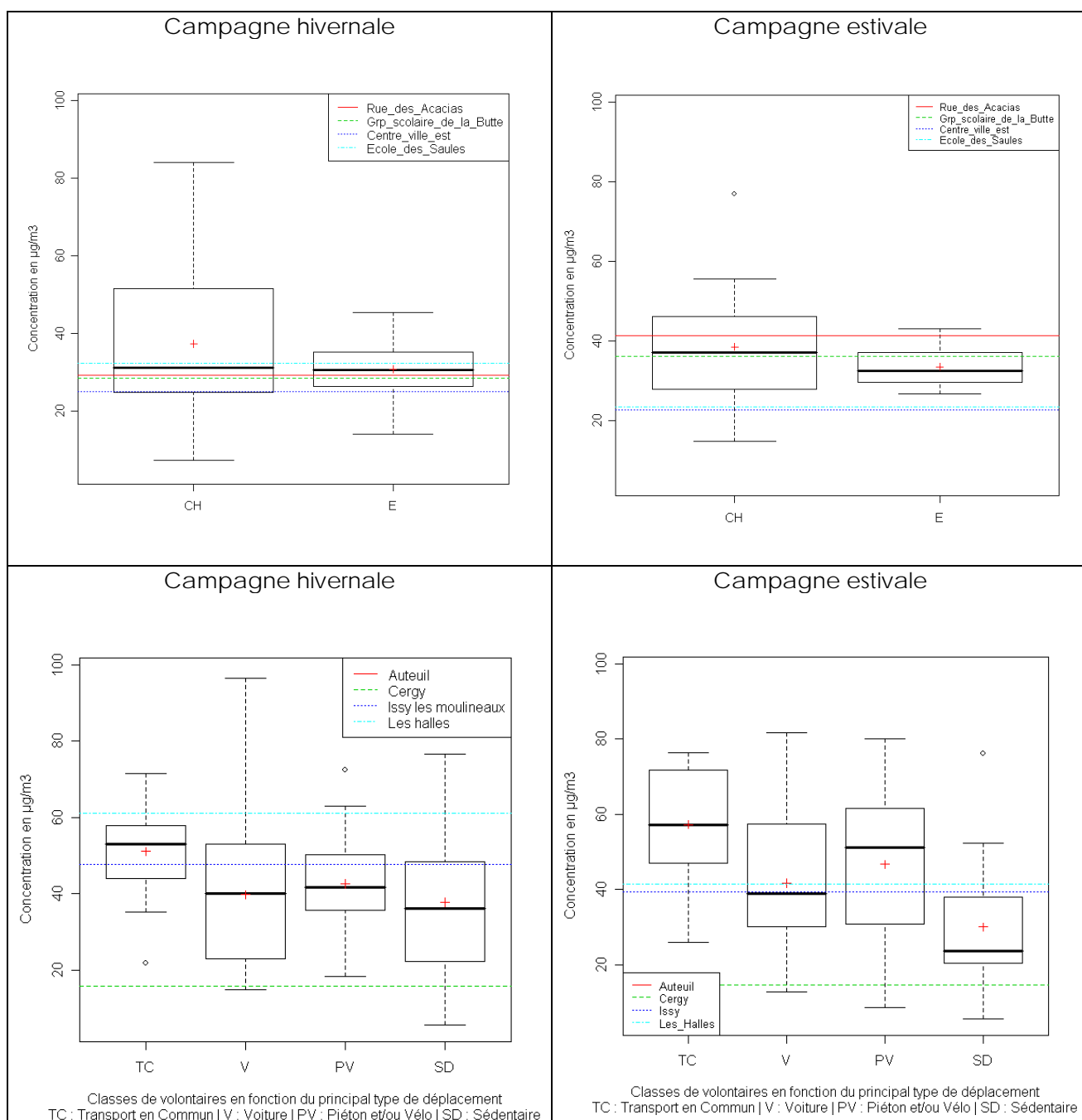


Figure 5: Boite à moustache relative au NO₂ pour le panel d'écoliers (E) et de Champlanais (CH), mais également des autres catégories étudiées dans l'étude globale.

Commentaires sur les résultats des volontaires de Champlan :

Les **niveaux hivernaux** d'exposition au dioxyde d'azote du groupe « Champlan » ont varié de 7 à 84 µg/m³, avec une moyenne à 37 µg/m³, supérieure à la médiane (31 µg/m³). Ces résultats montrent une **importante variabilité** des niveaux.

En été, les niveaux d'exposition étaient plus homogènes, avec une moyenne de 39 µg/m³ (médiane à 37 µg/m³) et compris entre 15 et 77 µg/m³. Lors de cette journée estivale, la valeur maximale (77 µg/m³) est considérée statistiquement comme une valeur exceptionnelle. Cette disparité est également mise en avant par la différence entre la médiane et la moyenne de la journée d'hiver, pour laquelle 50 % des volontaires ont été exposés à un niveau en NO₂ inférieur à 31 µg/m³.

Commentaires sur les résultats des volontaires de la catégorie « Ecole » :

Comme pour le benzène, les résultats de la **campagne hivernale** du panel d'écoliers étudiés sont **très homogènes** (50% des écoliers présentent des niveaux entre 27 et 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), variant entre 14 et 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une médiane et une moyenne équivalente. Ceci est cohérent car les élèves et les instituteurs ont été exposés sur la même période (du début des classes à la fin) et dans un environnement proche (salle de classe, en comparaison à un bureau ou une habitation), bien qu'il s'agisse de deux écoles différentes.

Les résultats de la **campagne estivale** sont plus **élevés et homogènes pour le groupe des écoliers** : le minimum et le maximum s'élèvent respectivement à 12 et 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une moyenne équivalente à la médiane (22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Formaldéhyde :

Commentaires sur les résultats des volontaires de Champlan :

La boîte à moustache relative au formaldéhyde pour le panel de Champlanais étudié montre des **niveaux homogènes mais élevés en été**. Ils ont varié entre 27 et 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la moyenne étant proche de la médiane (37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En hiver, les niveaux d'exposition étaient compris entre 6 et 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une moyenne des concentrations (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) inférieure à la médiane, ce qui signifie que la moitié des volontaires de Champlan ont été soumis à des teneurs en formaldéhyde inférieures à 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Commentaires sur les résultats des volontaires de la catégorie « Ecole » :

En hiver, la moitié des écoliers suivis était soumis à des teneurs en formaldéhyde inférieures à 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui est cohérent avec les niveaux d'exposition individuelle du panel de champlanais. Les niveaux d'exposition de ce groupe étaient compris entre 17 et 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur exceptionnelle de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lors des relevés hivernaux correspond à la médiane des mesures estivales, mettant en avant la différence de niveaux entre les deux campagnes. **Les résultats estivaux du groupe d'écoliers suivis sont importants**, avec des niveaux d'exposition compris entre 27 et 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la moyenne s'élevant à 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les résultats sont homogènes sur l'ensemble des candidats (médiane à 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Les niveaux d'exposition de juin sont fortement impactés par ceux de 3 écoliers de la même école soumis à des teneurs de 63, 43 et 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 9h. Pour cette 2^{ème} journée de mesure, les résultats des écoliers suivis ne sont pas semblables à ceux du panel de champlanais, les niveaux étant beaucoup plus forts. Les niveaux en formaldéhyde plus importants pour les écoliers suivis dans le cadre de cette étude pourraient s'expliquer par des émissions différentes dans les classes (par rapport aux logements), liées notamment aux activités des enfants (utilisation de colle, vernis, feutres, ...), au mobilier scolaire (généralement récent et par conséquent potentiellement émetteur de formaldéhyde), mais aussi par une aération différente (l'aération dans les classes est généralement limitée en présence des enfants et lors de la fermeture de l'école).

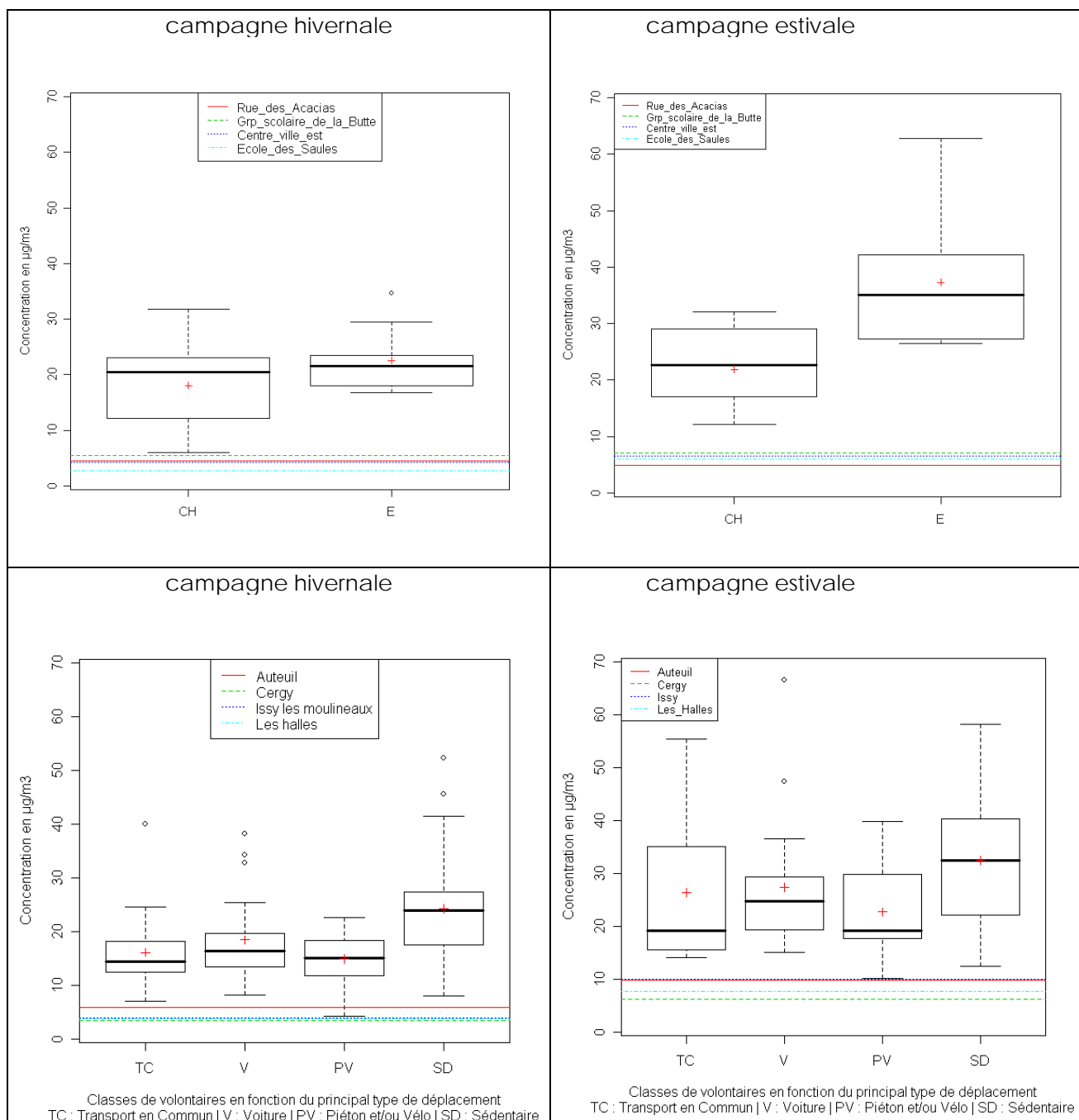


Figure 6 : Boite à moustache relative au formaldéhyde pour le panel d'écoliers et de Champlanaise, mais également des autres catégories étudiées dans le rapport complet.

Lien entre les composés

D'une manière générale, **aucune relation claire entre les polluants n'a pu être mise en évidence**, aussi bien pour les volontaires de Champlan que pour les écoliers. Les candidats présentant un maximum de NO₂ par exemple ne sont pas ceux qui présentent également le maximum en benzène ou encore en formaldéhyde. Ceci est également valable pour les minima. Seules exceptions : l'écolier présentant le maximum en benzène lors de la campagne estivale est également celui qui présente le plus fort niveau d'exposition au formaldéhyde. Le champlanaise présentant les plus forts niveaux de NO₂ pendant la journée de mesure de février a également un fort niveau d'exposition au benzène (même s'il ne s'agit pas du maximum). Enfin, le même champlanaise a les niveaux d'exposition les plus faibles au NO₂ et au formaldéhyde lors de la campagne hivernale. Toutefois, cette personne

présente le niveau d'exposition le plus fort en formaldéhyde lors de la journée de mesure d'été.

III.3.c. Comparaison été / hiver

Les résultats entre la campagne estivale et celle hivernale ne sont pas directement comparables, les échantillons étant différents (désistements, tubes cassés pour une campagne et pas pour l'autre...).

La comparaison des données entre les deux campagnes ne peut se faire que sur un panel identique, pour éliminer le biais pouvant être créé en comparant des données qui ne peuvent pas l'être (données d'individus différents dans des conditions différentes).

Les échantillons de comparaison ont un nombre faible d'individus. Pour pouvoir effectuer des tests statistiques dans le but de comparer les données d'hiver et d'été, il faut donc d'abord vérifier l'hypothèse de Normalité des deux distributions grâce au test de Kolmogorov Smirnov par exemple. Cette vérification est faite pour chaque polluant et pour les deux catégories de volontaires étudiées. Il s'avère que pour la plupart des échantillons (en fonction des polluants et pour chaque catégorie), rien ne s'oppose à l'hypothèse de Normalité. Seules les données de benzène pour la catégorie des champlanais ne peuvent être considérées comme suivant une loi gaussienne. Ceci est dû à la présence de deux très fortes valeurs. Sans ces valeurs atypiques, la Normalité de l'échantillon ne peut être rejetée.

Avant de pouvoir réellement comparer les moyennes obtenues pour chaque journée (test de Student), il est nécessaire de valider l'équivalence des variances, c'est-à-dire de la variabilité des données (test de Fischer).

Benzène :

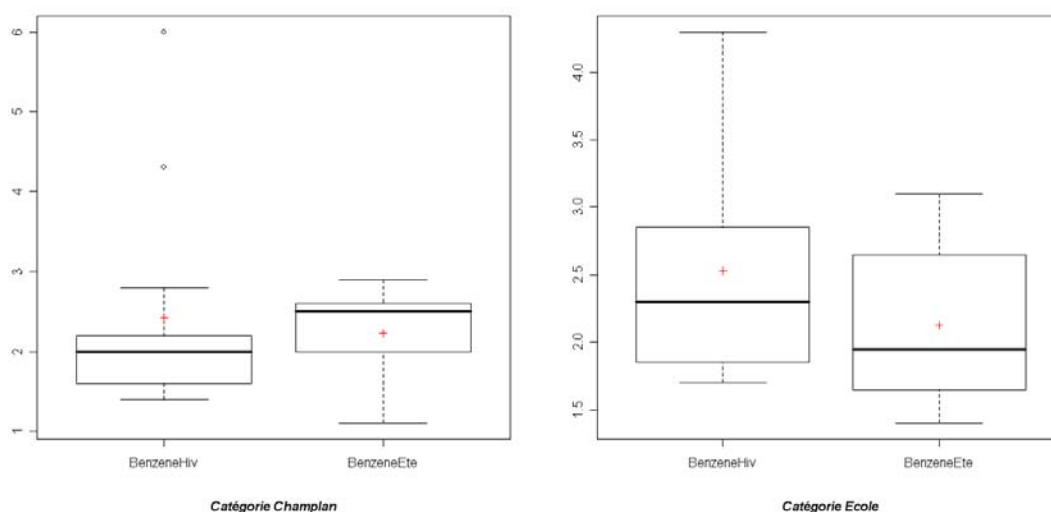


Figure 7 : Comparaison sur un panel identique des résultats en benzène des deux campagnes de mesure pour les participants de Champlan et les écoliers.

Les mesures de benzène effectuées pour le même panel statistique semblent visuellement relativement proches en terme de moyenne pour les deux catégories des personnes suivis. Ces impressions visuelles demandent néanmoins d'être confirmées ou infirmées par des tests statistiques.

Pour chaque catégorie, les différences observées entre les deux campagnes ne peuvent, d'après les tests statistiques, être attribuées aux différences de conditions météorologiques. Seule une étude intégrant un nombre beaucoup plus important de volontaires pourrait confirmer ces résultats. Il n'y a donc **pas de différence significative entre les mesures de**

Benzène du 13 février et celles du 12 juin 2007 pour le panel de champlanais et celui des écoliers.

On notera toutefois une différence de variabilité pour les volontaires de Champlan entre les deux jours. La dynamique est plus importante en hiver qu'en été, ceci à cause notamment de deux individus dont les niveaux d'exposition peuvent statistiquement être considérés comme atypiques (dépassant $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dioxyde d'azote :

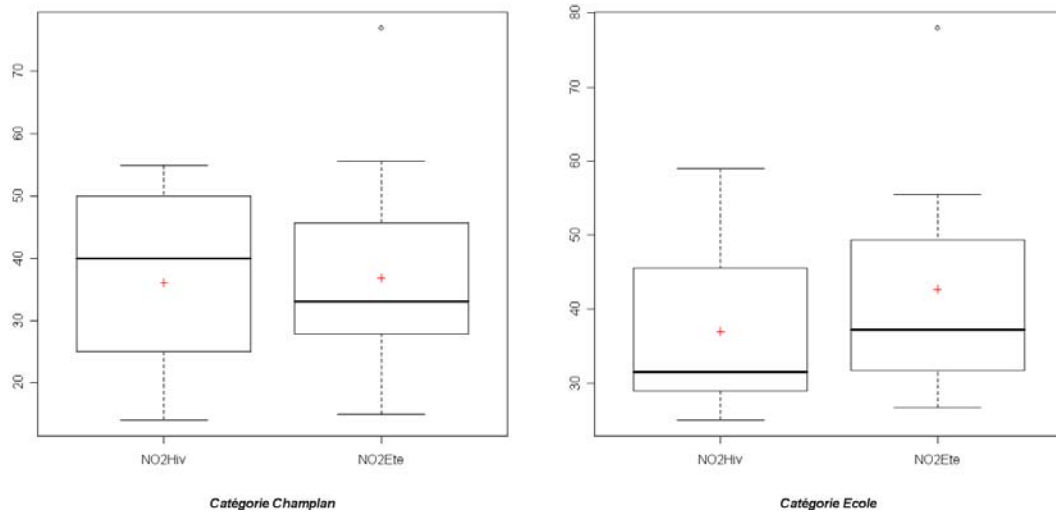


Figure 8 : Comparaison sur un panel identique des résultats en NO_2 des deux campagnes de mesure pour les participants de Champlan et les écoliers.

Les mesures de dioxyde d'azote effectuées pour le même panel statistique sont visuellement en moyenne relativement proches. **Pour chaque catégorie, les différences observées entre les deux campagnes ne peuvent, d'après les tests statistiques, être attribuées aux différences de conditions météorologiques.** Seule une étude intégrant un nombre beaucoup plus important de volontaires pourrait confirmer ces résultats.

Formaldéhyde :

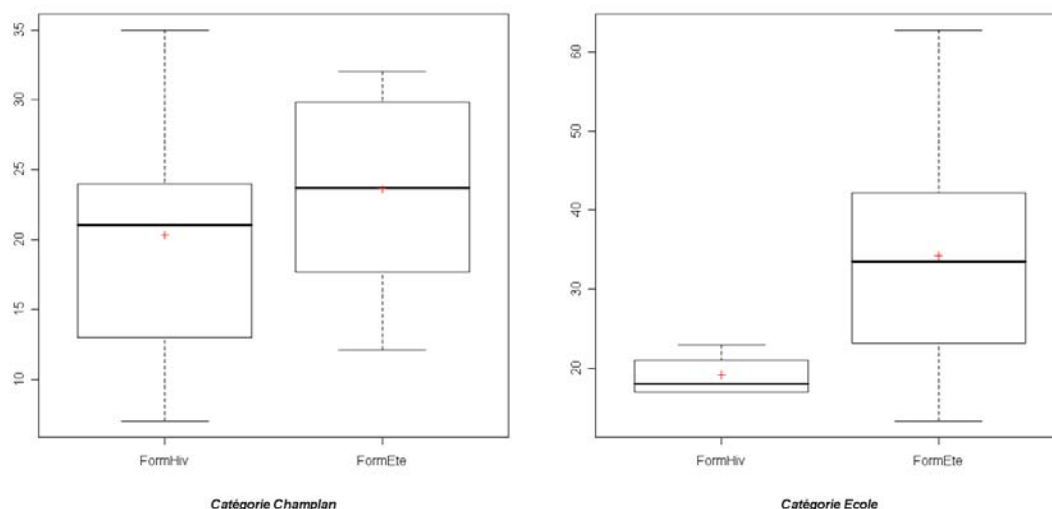


Figure 9 : Comparaison sur un panel identique des résultats en formaldéhyde des deux campagnes de mesure pour les participants de Champlan et les écoliers.

Les mesures de formaldéhyde effectuées pour le même panel statistique le 13 février et le 12 juin ne semblent visuellement pas proches pour la catégorie des écoliers, contrairement au panel des champlanais. Pour ce groupe, les différences observées entre les deux campagnes ne peuvent, d'après les tests statistiques, être attribuées aux différences de conditions météorologiques. Seule une étude intégrant un nombre beaucoup plus important de volontaires pourrait confirmer ces résultats.

En revanche les résultats hivernaux et estivaux des **écoliers** suivis ne peuvent être considérés comme équivalents en terme de variance, c'est-à-dire que la variabilité des données mesurées en hiver est clairement différente de celle des données de l'été. L'ensemble des volontaires de cette catégorie est donc **soumis à une dynamique différente de niveaux de formaldéhyde entre les deux campagnes de mesure**. Plusieurs explications peuvent être envisagées mais demanderaient à être étudiées :

- Différence d'aération des salles de classe entre les deux campagnes,
- Différence d'émissions en formaldéhyde entre l'été et l'hiver, c'est-à-dire activités émettrices de ce composé différentes selon le jour de mesure, ...
- Pour ces deux catégories de personnes (écoliers et Champlanais), les niveaux sont plus élevés en été qu'en hiver. Ce résultat est cohérent avec d'autres études réalisées dans des écoles sur le territoire français, qui mettent en avant des concentrations plus fortes en période estivale. Une des explications pouvant être avancée est le re-largage plus important (depuis certains matériaux ou éléments de mobilier par exemples meubles par exemple) lorsque les températures augmentent.

III.4. Situation vis-à-vis des niveaux mesurés en air intérieur et extérieur

Les résultats de ces deux campagnes de mesure peuvent être comparés aux niveaux mesurés en parallèle en air extérieur. Pour les comparaisons avec l'air intérieur, on utilisera les résultats d'autres campagnes de mesure, notamment ceux de l'OQAI (Observatoire de la qualité de l'air intérieur¹⁷).

III.4.a. Benzène

Le benzène est un polluant que l'on retrouve en **air extérieur**, c'est pourquoi des mesures ont été réalisées, pendant 12h, sur 4 stations fixes du réseau permanent de mesure d'Airparif, ainsi qu'à 4 emplacements sur la commune de Champlan, comme précisé précédemment. Les mesures sont cohérentes avec les niveaux habituellement mesurés, à savoir de fortes valeurs à la station trafic du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil, puis des niveaux en situation de fond qui diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du cœur de l'agglomération parisienne. En hiver, sur Champlan, les niveaux en benzène sont intermédiaires entre ceux de Cergy-Pontoise et d'Issy-les-Moulineaux, la commune ayant été soumise à des vents de Sud-Ouest la préservant des principales sources d'émissions. Des concentrations comparables à celles des sites fixes du réseau permanent d'Airparif ont été enregistrées lors de la campagne estivale car les vents étaient de secteur Ouest et Nord-Ouest. Ces résultats sont cohérents avec ceux du rapport « La qualité de l'air dans le secteur de Champlan » (septembre 2007).

µg/m ³	Campagne hivernale	Campagne estivale
Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil	3.9	3.5
Paris Les Halles	1.4	1.4
Issy-les-Moulineaux	1.4	1.3
Cergy-Pontoise	0.8	1.3
34 rue des Acacias, Champlan	0.9	1.7
176 Route de Versailles Groupe Scolaire de la Butte, Champlan	1.1	1
142 route de Versailles, Champlan	0.6	1.4
7 rue Jean Jaurès Groupe scolaire des Saules, Champlan	0.8	1.5

Tableau 3 : Niveaux de benzène relevés en extérieur.

En hiver, les niveaux **moyens d'exposition des volontaires participants sont tous supérieurs aux niveaux enregistrés en extérieur sur la commune de Champlan**. Pour la campagne estivale, 7 volontaires (sur 21 au total, aussi bien de la catégorie « Champlan » que « Ecole ») ont des concentrations équivalentes aux valeurs enregistrées en air extérieur et cela concerne majoritairement les écoliers (5 volontaires sur 8).

Seul un individu lors de la campagne estivale et 3 pendant les mesures du mois de février ont présenté un niveau d'exposition au benzène supérieur à celui enregistré à la station fixe du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil. L'individu concerné pour la campagne estivale a passé la majorité de son temps à l'extérieur alors que les 3 volontaires concernés lors de la campagne hivernale sont restés chez eux. Ce dernier résultat signifie qu'il existe des sources de benzène à l'intérieur des habitats, pouvant être aussi importantes que celle du trafic routier au niveau du boulevard Périphérique. D'après l'étude de l'emploi du temps de ces personnes, aucune activité spécifique ne semble pouvoir expliquer ces valeurs. L'hypothèse

¹⁷ « Campagne nationale Logements – état de la qualité de l'air dans les logements français », rapport final, novembre 2006 ;

« Campagne pilote 90 logements et 9 écoles », rapport synthétique, juillet 2004 ;

« Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments : actualisation des données sur la période 2001-2004 », octobre 2004.

du tabagisme passif est écartée car il n'a pas été indiqué dans le questionnaire « Budget-Espace-Temps-Activités » par le volontaire mais la contamination par un garage présentant un accès direct à l'habitation est possible. L'étude de l'APPA¹⁸ montre en effet que les volontaires habitant dans une maison individuelle avec un garage attenant à celle-ci sont davantage exposés au BTEX (Benzène, Toluène, Ethyl -benzène, Xylènes). Par ailleurs, l'OQAI présente dans son rapport¹⁹ des résultats en air intérieur concernant les niveaux en benzène dans les logements et dans les garages (mesures réalisées sur 7 jours par échantillonneurs passifs, dans 567 logements en France entre 2003 et 2005). Les résultats trouvés dans les garages font état de concentrations en benzène allant jusqu'à 30 µg/m³ avec une médiane de 4.4 µg/m³.

En **air intérieur**, le rapport de l'OQAI (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur) présente des résultats concernant les niveaux de benzène dans les logements (mesures réalisées sur 7 jours par échantillonneurs passifs, dans 567 logements en France entre 2003 et 2005) :

Benzène (µg/m ³) (OQAI)	Min	P25	médiane	P75	P95	Max
Intérieur	< 0.4	1.4	2.1	3.3	7.2	22.8
Extérieur	< 0.4	< 1.1	< 1.1	1.6	2.9	7
Garage	< 0.4	1.8	4.4	9.3	19.7	30

Tableau 4 : Niveaux de benzène relevés en air intérieur (source OQAI).

Même si la période de mesure diffère de celle des résultats présentés dans le tableau précédent, il est intéressant de comparer ces niveaux à ceux des volontaires des deux catégories étudiées, car la plupart des candidats ont passé la majeure partie de leur temps à l'intérieur de locaux.

La médiane des volontaires de la catégorie « Ecole » est de 1.9 µg/m³ en moyenne sur les deux campagnes, ce qui est proche des résultats de l'OQAI. Pour les candidats de Champlan, les médianes étaient plus élevées, avec 2.1 et 2.5 µg/m³ selon la saison, ce qui est supérieur mais comparable à celles de l'OQAI. Les maxima de notre étude sont par contre largement inférieurs à ceux enregistrés lors de l'étude nationale des logements.

En conclusion, **les ordres de grandeur des résultats d'exposition individuelle des volontaires des catégories « Ecole » et « Champlan » sont comparables à ceux de l'étude Logements de l'OQAI et supérieurs aux niveaux enregistrés en air extérieur sur la commune de Champlan.**

III.4.b. Dioxyde d'azote

Les niveaux d'exposition moyens enregistrés sur les différentes personnes des catégories « Champlan » et « Ecole » sont comparables aux niveaux mesurés en air extérieur sur la commune de Champlan, qui eux-mêmes sont cohérents avec les mesures réalisées en simultané aux stations fixes de fond du réseau d'Airparif. En hiver, les moyennes des deux groupes étaient de 31 et 37 µg/m³, contre 25 à 32 µg/m³ mesurées en extérieur à Champlan. En été, les niveaux extérieurs étaient plus dispersés (23 à 42 µg/m³), les niveaux moyens d'exposition étant compris dans cette fourchette. Les maxima du groupe des champlanais étudiés sont supérieurs de 35 à 45% au niveau de la station fixe de Paris Les Halles selon la saison, alors que les volontaires du groupe « Ecole » présentent des valeurs extrêmes (46 et 43 µg/m³ respectivement en hiver et été) proches des stations urbaines ou périurbaines de l'agglomération parisienne. Par contre, tous les niveaux d'exposition sont largement inférieurs à la valeur relevée à la station trafic du Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil (176 et 154 µg/m³ selon la campagne de mesure).

µg/m ³	Campagne	Campagne
-------------------	----------	----------

¹⁸ « Contribution à une meilleure connaissance de l'évolution régionale et temporelle des déterminants de l'exposition individuelle (Sentinelles de l'Air) » Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique (APPA) ; Convention ADEME n°016025, 2003 : 187p. I. Roussel, M. Derbez, V. Rozec, B. Festy

	hivernale	estivale
Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil	176	154
Paris Les Halles	61	42
Issy-les-Moulineaux	48	39
Cergy-Pontoise	16	15
34 rue des Acacias, Champlan	29	42
176 Route de Versailles Groupe Scolaire de la Butte, Champlan	29	36
142 route de Versailles, Champlan	25	23
7 rue Jean Jaurès Groupe scolaire des Saules, Champlan	32	28

Tableau 5 : Niveaux de NO₂ relevés en extérieur.

En **air intérieur**, **peu de résultats sont disponibles** et comparables aux mesures effectuées dans cette étude. La campagne nationale organisée par l'OQAI n'a pas concerné le NO₂. Seule l'étude réalisée par EDF et CETIAT (Centre Technique des Industries Aérodynamiques et Thermiques), qui a consisté à mesurer pendant 8h les niveaux en NO₂ dans 3 bureaux parisiens, peut s'avérer intéressante ici. Les niveaux moyens ont varié entre 12 et 36 µg/m³, avec des teneurs plus importantes en été. Le manque d'informations concernant cette étude (méthode et moyens de mesure, lieux, jours des relevés, etc) ne permet pas de comparer ces résultats à ceux de l'étude présentée ici. Il est également important de préciser qu'il existe d'autres sources de NO₂ dans les habitations, comme par exemple les cuisinières au gaz, d'où des résultats qui peuvent être différents entre les bureaux et les logements.

III.4.c. Formaldéhyde

De manière générale, les concentrations observées en **air extérieur** sur les stations fixes du réseau permanent de mesure d'Airparif et sur la commune de Champlan sont très faibles, homogènes (concentrations comparables en situation de fond et de proximité automobile) et **largement inférieures aux niveaux d'exposition mesurés parmi les volontaires de l'étude générale** et aussi ceux des catégories « Champlan » et « Ecole ». Le niveau minimum enregistré sur un candidat des deux groupes précédemment cités était de 6 µg/m³.

µg/m ³	Campagne hivernale	Campagne estivale
Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil	6	10
Paris Les Halles	4	8
Issy-les-Moulineaux	4	10
Cergy-Pontoise	4	6
34 rue des Acacias, Champlan	4	5
176 Route de Versailles école de la Butte, Champlan	5	7
142 route de Versailles, Champlan	4	7
7 rue Jean Jaurès école des Saules, Champlan	3	6

Tableau 6 : Niveaux de formaldéhyde relevés en extérieur.

En **air intérieur**, le rapport de l'OQAI présente des résultats concernant les niveaux en formaldéhyde dans les logements (mesures réalisées sur 7 jours par échantillonneurs passifs, dans 567 logements en France entre 2003 et 2005 ; en italique, résultats pondérés sur l'effectif national, sinon résultats de la campagne) :

Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Min	<i>P25</i>	<i>médiane</i>	<i>P75</i>	<i>P95</i>	Max
Intérieur	1.3	<i>14.3</i>	<i>19.6</i>	<i>28.3</i>	<i>46.7</i>	86.3
Extérieur	<0.6	<i>1.5</i>	<i>1.9</i>	<i>2.5</i>	<i>3.6</i>	15.4

Tableau 7: Niveaux de formaldéhyde relevés en air intérieur (source OQAI).

La **médiane obtenue à l'intérieur des logements par l'étude OQAI est comparable aux résultats d'exposition individuelle en formaldéhyde pour les deux catégories étudiées, été comme hiver, sauf pour les volontaires de la catégorie « Ecole » en période estivale**, comme cela a pu être constaté lors de la comparaison été/hiver des résultats.

III.5. Comparaison avec les autres volontaires de l'étude complète

L'étude complète a porté sur 4 autres catégories de personnes réparties sur l'ensemble de la région Ile-de-France, regroupées en fonction du mode de déplacement qu'elles empruntent pour les trajets domicile/travail :

- Les personnes utilisant leur voiture comme mode de déplacement principal sur une journée : groupe « Voiture »,
- Les personnes prenant les transports en commun (bus, métro, RER) : groupe « Transport en commun »,
- Les personnes se déplaçant à pied ou à vélo : groupe « Pied – Vélo »,
- Les personnes n'utilisant aucun moyen de déplacement, c'est-à-dire passant la majeure partie du temps chez eux. Ces dernières ne peuvent se déplacer que très peu de temps et uniquement à pied : groupe « Sédentaire ».

Il semble intéressant de positionner les résultats des groupes « Champlan » et « Ecole » vis-à-vis des autres catégories étudiées via cette étude.

III.5.a. Benzène

La distribution des **résultats en benzène du panel de Champlanais étudié est proche de celle de la catégorie « Sédentaires »** (personnes passant la majeure partie de leur temps chez eux, qui devaient limiter au maximum leur déplacement et en cas de besoin ne pas prendre la voiture ni les transports en commun) de la campagne générale. La campagne hivernale a mis en avant des niveaux moyens en benzène très proches pour les volontaires des groupes « Transport en commun », « Pieds Vélo » et « Sédentaires », avec respectivement 2.8, 2.4 et 2.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le groupe de Champlanais étudié). En été, les résultats de l'étude générale en benzène sont cohérents et proches entre les 4 catégories, surtout pour les 3 groupes précédemment cités, pour lesquels les moyennes sont 2.4 ou 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, soit celles du panel de Champlanais étudié.

Les écoliers et instituteurs suivis ont les niveaux d'exposition moyens les plus faibles et stables entre les deux campagnes de mesure. Ces résultats sont **proches du groupe « Champlan »**.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ / catégorie	Nombre d'individus	Min	P25	médiane	moyenne	P75	Max
Benzène – Hiver Panel "Sédentaires"	19	1.4	1.8	2.2	2.7	3.2	5.2
Benzène – été Panel "Sédentaires"	16	0.9	1.6	2	2.4	3.2	4.8
Benzène – Hiver Panel "Champlan"	18	1.2	1.6	2.1	2.6	3	6
Benzène – Été Panel "Champlan"	13	1.1	2	2.5	2.5	2.7	6.1
Benzène – Hiver Panel "Ecole"	9	1.4	1.7	1.9	1.9	2.2	2.4
Benzène – Été Panel "Ecole"	8	1.4	1.5	1.9	2.1	2.6	3.1

Tableau 8 : Résultats statistiques en benzène du groupe « Sédentaires » étudié dans le cadre de l'étude générale.

Il est important de signaler qu'une importante variabilité a été observée dans la catégorie « Sédentaire » lors des deux campagnes de mesure. Les médianes sont inférieures aux moyennes, ce qui signifie que les fortes concentrations auxquelles ont été soumis certaines personnes peuvent être très supérieures à l'ensemble des autres. La moitié des individus sont soumis à des concentrations hivernales comprises entre 1.4 et 2.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (respectivement entre 0.9 et 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lors des mesures en été), tandis que 25% des volontaires de cette catégorie présentent un niveau d'exposition supérieur à 3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (aussi bien en hiver qu'en été). Il est difficile d'interpréter ce résultat, qui signifie une source possible de benzène à l'intérieur des habitations (normalement, pas de tabagisme passif, mais une contamination de la maison par un garage présentant un accès direct à l'habitation est possible).

En effet, l'étude bibliographique d'AIRPARIF a retenu une campagne organisée par le LHVP et le LCPP (rapport OQAI) ayant montré des teneurs en benzène (sur 24 heures) généralement plus importantes dans les maisons que dans les appartements, et parmi les mesures effectuées dans les maisons, les niveaux étaient plus importants lorsqu'il existait un garage attenant avec l'habitat. Les logements équipés d'un chauffage individuel utilisant un combustible présentent également des teneurs en intérieur plus élevées que ceux disposant d'un chauffage collectif. La présence d'une chaudière individuelle au gaz augmente également les concentrations en benzène. Ces résultats n'ont pas pu être mis en évidence dans le cadre de cette étude, dont l'objectif était de donner des ordres de grandeur des niveaux d'exposition individuelle.

III.5.b. Dioxyde d'azote

En terme de niveaux moyens d'exposition, extrêmes (minima et maxima) et de dispersion, **le panel de Champlanais suivi présente des résultats semblables à la catégorie « Sédentaire »**, aussi bien pendant la campagne hivernale qu'estivale, même si l'écart est plus important lors de la journée de juin. La moyenne en NO_2 des volontaires de Champlan en hiver s'élève à 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (égal à l'été), contre 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en été) pour les candidats du groupe « Sédentaires » de l'étude générale. Lors de la campagne hivernale, les niveaux étaient homogènes pour le groupe des « Sédentaires », alors que ceux des champlanais présentaient des forts niveaux pour certains (d'où une différence importante pour la médiane et la moyenne). En hiver, la situation était inverse (homogénéité des concentrations du groupe « Champlan »).

µg/m ³ / catégorie	Nombre d'individus	Min	P25	médiane	Moyenne	P75	Max
NO ₂ – Hiver Panel "Sédentaires"	16	6	22	36	38	47	77
NO ₂ – été Panel "Sédentaires"	16	6	21	24	30	37	76
NO ₂ – Hiver Panel "Champlan"	18	7	25	31	37	51	84
NO ₂ – Eté Panel "Champlan"	13	15	28	37	39	46	77
NO ₂ – Hiver Panel "Ecole"	10	14	27	31	31	34	46
NO ₂ – Eté Panel "Ecole"	8	27	31	33	34	35	43

Tableau 9 : Résultats statistiques du groupe en NO₂ « Sédentaires » étudié dans le cadre de l'étude générale.

Concernant les résultats du **groupe « Ecole »**, ils sont semblables à ceux du groupe « Champlan » en terme de moyenne et très homogènes en terme de dispersion. Par conséquent, **leurs niveaux d'exposition sont plus proches des sédentaires d'Ile-de-France suivis** que des autres volontaires de l'étude générale.

Les résultats obtenus pour le groupe des « Sédentaires » sont moins élevés que ceux des autres groupes (« Voiture », « Pied – Vélo » et « Transport en commun »), ce qui est cohérent avec les sources de NO₂, moins importantes en air intérieur qu'à proximité du trafic routier. On sait que parmi les diverses sources de NO₂, les cuisinières au gaz sont des émettrices importantes dans les habitations. Ce résultat a d'ailleurs pu être confirmé par l'étude générale en période hivernale.

III.5.c. Formaldéhyde

Lors des deux campagnes de mesure, ce sont les volontaires de la catégorie « Sédentaire » qui présentent les moyennes en formaldéhyde les plus élevées (24 µg/m³ en hiver et 33 µg/m³ en été, contre 15 à 18 µg/m³ pour les 3 autres catégories en hiver et 23 à 27 µg/m³ en été). Les niveaux d'exposition sont relativement homogènes dans la catégorie « Sédentaire », avec des médianes proches des moyennes.

Les **résultats des volontaires de la catégorie « Champlan » présentent des résultats intermédiaires entre les groupes « Voiture », « Pied – Vélo » et « Transports en Commun » d'un côté, et « Sédentaire » de l'autre**. En hiver, même si les niveaux moyens d'exposition sont comparables aux 3 premières catégories précitées, la variabilité des résultats, en terme de percentile 75 et maximum, s'oriente plus vers celle du groupe des « Sédentaires ». L'homogénéité des résultats estivaux n'aboutit pas à la même conclusion.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que la pollution au formaldéhyde concerne essentiellement l'air intérieur. La différence entre les catégories « Pied - Vélo », « Voiture », « Transport en Commun » d'une part et celle des « Sédentaires » d'autre part peut s'expliquer en partie par la différence de temps passé à l'intérieur ou par une différence de pollution entre les habitations et les lieux de travail. Beaucoup de sources intérieures sont possibles (éléments de mobilier, matériaux de construction, produits d'entretien), même si d'autres facteurs, comme l'aération, peuvent avoir un rôle important sur les niveaux observés.

µg/m ³ / catégorie	Nombre d'individus	Min	P25	médiane	moyenne	P75	Max
Formaldéhyde – Hiver Panel "Sédentaires"	19	8	18	24	24	27	52
Formaldéhyde – été Panel "Sédentaires"	17	13	22	33	33	40	58
Formaldéhyde – Hiver Panel "Champlan"	18	6	12	21	18	23	32
Formaldéhyde – Eté Panel "Champlan"	13	12	17	23	22	29	31
Formaldéhyde – Hiver Panel "Ecole"	10	17	18	22	22	23	35
Formaldéhyde – Eté Panel "Ecole"	8	27	28	35	37	42	63

Tableau 10 : Résultats statistiques du groupe en formaldéhyde « Sédentaires » étudié dans le cadre de l'étude générale.

Les personnes de la **catégorie «Ecole» présentent des niveaux moyens d'exposition hivernaux comparables à ceux des volontaires de la catégorie « Sédentaires »** (moyenne à 23 µg/m³, contre 24 pour les «Sédentaires»), mais les valeurs relevées sont comprises dans une fourchette moins importante (entre 17 et 35 µg/m³, contre 8 et 52µg/m³ pour les volontaires du groupe « Sédentaire »), ils sont par conséquent plus stables autour de la médiane (ce qui est compréhensible car l'environnement était le même pour les deux campagnes de mesure). **Les résultats estivaux des volontaires de la catégorie « Ecole » sont les plus élevés de l'étude générale** et ils dépassent ceux du groupe « Sédentaire », eux-mêmes plus élevés que les 3 autres catégories. Comme précisé précédemment, leurs niveaux d'exposition estivaux sont atypiques par rapport aux autres participants de l'étude.

VII. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude exploratoire a permis de disposer quelques relevés sur l'exposition individuelle au benzène, formaldéhyde et dioxyde d'azote pour un nombre limité de personnes habitant ou travaillant à Champlan, ainsi que pour quelques écoliers et leurs instituteurs de la commune. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une plus vaste campagne, qui a permis de suivre au total 150 personnes.

Les mesures ont été réalisées par prélèvement au moyen de tubes passifs spécifiques à chaque polluant et pour des courtes durées d'exposition, les mesures ayant eu lieu pendant deux journées (13 février et 12 juin 2006) sur 12h environ et 9h pour les écoliers et leurs instituteurs.

Les niveaux moyens en benzène, NO₂ et formaldéhyde mesurés par des volontaires des catégories « Champlan » et « Ecole » ont pu être comparés aux mesures réalisées en simultané en extérieur sur différentes typologies de stations permanentes du réseau d'Airparif et à plusieurs points de la commune de Champlan (fond et impactées par le trafic routier). **Il est important de rappeler que le faible nombre de mesures réalisées ne permet pas la généralisation des résultats à la population champlanaise ou aux écoliers.**

Les résultats pour les 3 composés suivis n'ont pas mis en évidence de différence importante entre les deux jours de mesure, excepté pour les niveaux d'exposition en formaldéhyde sur les écoliers.

Au vu des relevés, les niveaux d'exposition relatifs au benzène pour le panel de champlanais suivis sont comparables entre l'été et l'hiver. Ces valeurs sont supérieures aux concentrations

en benzène relevées en air extérieur sur la commune de Champlan, ainsi qu'en situation de fond ailleurs en Ile-de-France pour la majeure partie des candidats. Les niveaux d'exposition de certaines personnes ont dépassé les concentrations enregistrées à la station de proximité du trafic routier du boulevard Périphérique (Porte d'Auteuil). Les résultats concernant les écoliers et instituteurs sont comparables à ceux des habitants de Champlan suivis. Enfin, les niveaux d'exposition mesurés dans le cadre de cette étude sont comparables aux relevés réalisés à l'échelle nationale dans les logements. Par conséquent, des sources intérieures en benzène (chauffage utilisant un combustible, garage attenant à une maison, ...) peuvent influencer les niveaux d'exposition individuelle des personnes suivies. En conclusion, rien de particulier n'a été décelé concernant les niveaux d'exposition au benzène relevés sur l'échantillon de Champlanais.

Pour le NO₂, les niveaux d'exposition hivernaux ont mis en évidence une importante variabilité des résultats pour les volontaires de Champlan, ce qui n'est pas le cas des écoliers suivis. Le panel « Champlan » présente des niveaux estivaux en NO₂ homogènes et comparables à ceux du groupe « Ecole ». Une similarité entre les niveaux d'exposition et les concentrations moyennes observées en situation de fond en Ile-de-France est observée. Ces résultats confirment que l'exposition à ce polluant est essentiellement due à l'air extérieur, bien qu'il existe un impact limité de certaines sources intérieures.

Enfin, pour le formaldéhyde, une importante différence existe entre les niveaux d'exposition hivernaux et estivaux, beaucoup plus élevés pour les deux catégories étudiées. Pour le groupe « Ecole », les niveaux d'exposition hivernaux sont soumis à une dynamique différente des teneurs estivales. Les niveaux mesurés en air extérieur aussi bien en situation de fond qu'à proximité du trafic routier sont largement inférieurs aux niveaux d'exposition, ce qui s'explique par des sources d'émission en formaldéhyde plus importantes en air intérieur. Les résultats de la campagne Logements de l'OQAI en air intérieur sont comparables à ceux de la présente étude, excepté pour les résultats estivaux du groupe des écoliers. Cependant, d'autres études ont montré des niveaux en formaldéhyde plus élevés dans les écoles en période estivale.

Enfin, les volontaires de l'étude habitant ou travaillant à Champlan ne présentent pas de niveaux d'exposition individuelle à la pollution atmosphérique atypiques par rapport aux autres personnes d'Ile-de-France qui ont participé à cette étude, et ceci pour les trois composés suivis. Pour l'échantillon d'écoliers et d'instituteurs suivis, les forts niveaux en formaldéhyde de la campagne estivale se distinguent cependant des autres relevés. Les niveaux mesurés sur les stations de fond et à proximité du trafic routier encadrent les résultats obtenus, sauf pour le formaldéhyde.

ANNEXE 1

Tableaux de résultats des volontaires pendant la campagne hivernale

n.d. : donnée non disponible

Numéro volontaire	Catégorie	NO2 (µg/m³)	Benzène (µg/m³)	Formaldéhyde (µg/m³)
CH121	Champlan	29	2.2	32
CH122	Champlan	52	1.2	24
CH123	Champlan	56	1.9	12
CH124	Champlan	32	1.6	22
CH125	Champlan	7	3.9	6
CH126	Champlan	20	2.1	21
CH127	Champlan	20	2.8	24
CH128	Champlan	50	1.5	7
CH129	Champlan	51	1.8	13
CH130	Champlan	26	2.0	11
SupCH151	Champlan	28	1.6	21
SupCH152	Champlan	55	2.2	16
SupCH153	Champlan	25	6.0	20
SupCH154	Champlan	84	5.8	22
SupCH155	Champlan	53	4.3	13
SupCH156	Champlan	14	1.4	23
SupCH157	Champlan	30	3.1	7
SupCH158	Champlan	41	1.6	31
E161	Ecole	27	1.6	23
E162	Ecole	14	1.4	20
E163	Ecole	40	2.0	35
E164	Ecole	46	2.2	29
E165	Ecole	30	2.4	23
E166	Ecole	35	n.d.	17
E167	Ecole	31	1.9	17
E168	Ecole	25	1.7	18
E169	Ecole	28	2.3	19
E170	Ecole	32	1.8	23

ANNEXE 1 (SUITE)

Tableaux de résultats en air extérieur sur les sites de mesure pendant la campagne hivernale

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Benzène	NO ₂	Formaldéhyde	adresse
Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil	3.9	176	6	Bd Périphérique Porte d'Auteuil 75016 PARIS 16 ^{ème}
Paris Les Halles	1.4	61	4	Jardin des Halles-Allée J. Supervielle 75001 PARIS 1 ^{er}
Issy-les-Moulineaux	1.4	48	4	27bis avenue Victor Cresson 92130 ISSY-LES-MOULINEAUX
Cergy-Pontoise	0.8	16	4	2 rue du Pampre d'Or 95000 CERGY-PONTOISE
Champlan 1	0.9	29	4	34 rue des Acacias 91160 CHAMPLAN
Champlan 2	1.1	29	5	176 Route de Versailles Groupe Scolaire de la Butte 91160 CHAMPLAN
Champlan 3	0.6	25	4	142 route de Versailles 91160 CHAMPLAN
Champlan 4	0.8	32	3	7 rue Jean Jaurès 91160 CHAMPLAN

ANNEXE 1 (SUITE)

Tableaux de résultats des volontaires pendant la campagne estivale

n.d. : donnée non disponible

Numéro volontaire	Catégorie	NO2 (µg/m ³)	Benzène (µg/m ³)	Formaldéhyde (µg/m ³)
CH121	Champlan	n.d.	n.d.	n.d.
CH122	Champlan	37	1.7	23
CH123	Champlan	n.d.	n.d.	n.d.
CH124	Champlan	n.d.	n.d.	n.d.
CH125	Champlan	47	6.1	12
CH126	Champlan	22	2.5	31
CH127	Champlan	28	1.1	24
CH128	Champlan	20	2.8	23
CH129	Champlan	77	2.9	12
CH130	Champlan	46	2.3	19
SupCH151	Champlan	56	2.2	17
SupCH152	Champlan	44	2.7	18
SupCH153	Champlan	30	2.5	29
SupCH154	Champlan	n.d.	n.d.	n.d.
SupCH155	Champlan	15	1.3	15
SupCH156	Champlan	34	2	30
SupCH157	Champlan	n.d.	n.d.	n.d.
SupCH158	Champlan	46	2.6	31
E161	Ecole	n.d.	n.d.	n.d.
E162	Ecole	n.d.	n.d.	n.d.
E163	Ecole	28	1.5	31
E164	Ecole	33	2.5	27
E165	Ecole	34	1.4	27
E166	Ecole	32	2.7	28
E167	Ecole	32	3.1	63
E168	Ecole	41	1.5	39
E169	Ecole	27	1.9	41
E170	Ecole	43	1.8	43

ANNEXE 1 (SUITE)

Tableaux de résultats en air extérieur sur les sites de mesure pendant la campagne estivale

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Benzène	NO_2	Formaldéhyde	adresse
Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil	3.5	154	10	Bd Périphérique Porte d Auteuil 75016 PARIS 16 ^{ème}
Paris Les Halles	1.4	42	10	Jardin des Halles-Allée J. Supervielle 75001 PARIS 1 ^{er}
Issy-les- Moulineaux	1.3	39	6	27bis avenue Victor Cresson 92130 ISSY-LES- MOULINEAUX
Cergy-Pontoise	1.3	15	8	2 rue du Pampre d'Or 95000 CERGY-PONTOISE
Champlan 1	1.7	42	5	34 rue des Acacias 91160 CHAMPLAN
Champlan 2	1	36	7	176 Route de Versailles Groupe Scolaire de la Butte 91160 CHAMPLAN
Champlan 3	1.4	23	7	142 route de Versailles 91160 CHAMPLAN
Champlan 4	1.5	28	6	7 rue Jean Jaurès 91160 CHAMPLAN

ANNEXE 2

Résultats des tests statistiques de comparaison des résultats des deux campagnes de mesure.

Les échantillons de comparaison étant de moins de 30 individus, pour pouvoir effectuer des tests statistiques de comparaisons les données d'hiver et d'été, il faut d'abord vérifier l'hypothèse de Normalité des deux distributions grâce au test de Kolmogorov Smirnov par exemple.

Cette vérification est faite pour chaque catégorie et chaque polluant. Il s'avère que pour les échantillons (en fonction des polluants et pour chaque catégorie), rien ne s'oppose à l'hypothèse de Normalité.

Par conséquent, on peut appliquer des tests statistiques pour vérifier la possible équivalence en terme de variabilité et de moyenne des échantillons recueillis le 13 février (hiver) et le 12 juin (été).

Avant de pouvoir comparer réellement les moyennes obtenues pour chaque journée (test de Student), il est nécessaire de valider l'équivalence des variances, c'est à dire de la variabilité des données par un test de Fischer.

Panel de Champlanais :

Variances

Benzène	NO2	Formaldéhyde
Ratio des variances : 0.4825238 Intervalle de confiance à 95% : [0.1430313 ; 1.7471924] Résultat sans prendre en compte la valeur extrême	Ratio des variances : 0.7344273 Intervalle de confiance à 95% : [0.2240968 ; 2.4069218]	Ratio des variances : 1.446078 Intervalle de confiance à 95% : [0.4412437 ; 4.7391978]

Moyennes : résultat permettant de tester la différence des moyennes

Benzène	NO2	Formaldéhyde
Intervalle de confiance à 95% de la différence des moyennes entre l'été et l'hiver : [-0.7170617 ; 0.1254533]	Intervalle de confiance à 95% de la différence des moyennes entre l'été et l'hiver : [-13.43319 ; 11.95626]	Intervalle de confiance à 95% de la différence des moyennes entre l'été et l'hiver : [-9.460594 ; 2.845209]
moyenne résultats hivernaux : 1.927273 moyenne résultats estivaux : 2.223077	moyenne résultats hivernaux : 36.07692 moyenne résultats estivaux : 36.81538	moyenne résultats hivernaux : 20.30769 moyenne résultats estivaux : 23.61538

Panel des écoliers :

Variances

Benzène	NO2	Formaldéhyde
Ratio des variances : 2.434168 Intervalle de confiance à 95% : [0.4755538 ; 13.8637335]	Ratio des variances : 0.5937877 Intervalle de confiance à 95% : [0.1188786 ; 2.9659155]	Ratio des variances : 0.03051506 Intervalle de confiance à 95% : [0.005961607 ; 0.173797641] Refus de l'hypothèse d'égalité des variances, donc impossibilité de tester l'égalité des différences.

Moyennes : résultat permettant de tester la différence des moyennes

Benzène	NO2	Formaldéhyde
Intervalle de confiance à 95% de la différence des moyennes entre l'été et l'hiver : -0.5294068 1.3365496	Intervalle de confiance à 95% de la différence des moyennes entre l'été et l'hiver : -21.91870 10.59370	
moyenne résultats hivernaux : 2.528571	moyenne résultats hivernaux : 37.0000	
moyenne résultats estivaux : 2.125000	moyenne résultats estivaux : 42.6625	



agence française de **sécurité sanitaire**
de l'environnement et du travail

253, avenue du Général Leclerc
94701 Maisons-Alfort Cedex
Tél. +33 1 56 29 19 30
afsset@afsset.fr

www.afsset.fr

ISBN 978-2-11-097824-0

