



Qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts

Etat des lieux
dans 25 parcs de l'agglomération lyonnaise

Mesures réalisées en 2008-2009

Mai 2010

COPARLY fait partie du dispositif français de surveillance et d'information de la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application notamment le décret 98-361 du 6 mai 1998 relatif à l'agrément des organismes de surveillance de la qualité de l'air.

A ce titre, COPARLY est garant de la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

Condition de diffusion :

- Les données recueillies tombent dès leur élaboration dans le domaine public. Le rapport d'étude est mis à disposition sur www.atmo-rhonealpes.org, un mois après validation interne.
- Les données contenues dans ce document restent la propriété de l'association COPARLY. Elles ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.
- Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence à l'association en termes de « COPARLY (2010) Qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts - Etat des lieux dans 25 parcs de l'agglomération lyonnaise ».
- COPARLY n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant des résultats de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

Cette étude a été réalisée avec le concours financier et logistique de Lyon Parc Auto.

TABLE DES MATIERES

Introduction	5
1. Méthodologie de l'étude	5
1.1. Les sites de mesures	5
1.2. Les polluants mesurés	6
1.3. Périodes de mesures	7
2. Etat des lieux	7
2.1. Bilan des campagnes	7
2.1.1. Problèmes techniques	7
2.1.2. Contexte des campagnes de mesures	7
2.2. Niveaux moyens mesurés par campagne	8
2.3. Comparaison des parcs couverts à étage et des parcs souterrains	9
2.4. Comparaison des niveaux avec d'autres études et avec l'extérieur	10
2.4.1. Données d'autres études	10
2.4.2. Données à l'extérieur	10
3. Enseignements de l'étude	11
3.1. Quels sont les facteurs influençant les niveaux de concentration ?	11
3.1.1. Influence de la fréquentation sur les niveaux de concentration ?	12
3.1.2. Influence de la température sur les niveaux de concentration ?	14
3.1.3. Compléments apportés par les données de CO	16
3.1.4. Synthèse	17
3.2. Comment se situent les concentrations dans les locaux d'exploitation ?	18
3.2.1. Dans l'absolu ?	18
3.2.2. Par rapport aux concentrations mesurées dans les niveaux de stationnement ?	19
3.3. Comment se situent les niveaux mesurés par rapport aux valeurs cibles ?	20
3.3.1. Dans les niveaux de circulation	22
3.3.2. Dans les locaux d'exploitation	23
3.3.3. Cas du monoxyde de carbone	24
Conclusions et recommandations	25

ANNEXES

Liste des figures

Figure 1 Vue d'un parc couvert à étage largement ventilé et emplacement d'un point de mesure au dessus d'un cheminement piéton	6
Figure 2 Matériel de mesure distribué pour chaque parc de stationnement, capteur de CO	6
Figure 3 Température moyenne (en °C) dans les parcs à chaque campagne	7
Figure 4 Fréquentation moyenne (en véhicules par jour) dans les parcs à chaque campagne	8
Figure 5 Concentration de NO ₂ et concentration de benzène moyenne et maximale dans les niveaux de circulation et dans les locaux d'exploitation	8
Figure 6 Moyenne des concentrations de CO	9
Figure 7 Comparaison des concentrations moyennes de NO ₂ et de benzène dans les parcs souterrains (S) et dans les parcs couverts à étage (A)	9
Figure 8 Concentrations de NO ₂ , benzène et CO en air extérieur pendant les campagnes de mesures	11
Figure 9 Concentration moyenne de benzène en fonction de la concentration moyenne de NO ₂ dans les niveaux de circulation	12
Figure 10 Concentration de NO ₂ en fonction de la fréquentation moyenne du parc à chaque campagne pour les parcs souterrains	12
Figure 11 Concentration de benzène en fonction de la fréquentation moyenne du parc à chaque campagne pour les parcs souterrains	13
Figure 12 Fréquence de répartition des écarts entre le niveau le plus circulant et le niveau le plus bas d'un parc souterrain	14
Figure 13 Evolution des concentrations de polluants dans le parc Gros caillou et dans le parc République (en fonction de la température)	15
Figure 14 Comparaison des concentrations de NO ₂ entre les campagnes dans les niveaux de circulation des parcs souterrains en fonction de la campagne 2 (hiver)	15
Figure 15 Evolution des concentrations de CO du capteur porté sur le parc République	16
Figure 16 Evolution des concentrations de CO du capteur porté sur le parc Hôtel de Ville	17
Figure 17 Evolution des concentrations de CO du capteur porté sur le parc Gros Caillou	17
Figure 18 Comparaison des niveaux moyens dans les locaux d'exploitation et à l'extérieur pour le NO ₂ et le benzène	18
Figure 19 Comparaison des concentrations moyennes de NO ₂ et de benzène dans les niveaux de circulation et dans les locaux d'exploitation	19
Figure 20 Comparaison des concentrations dans le local d'exploitation et dans le niveau de circulation attenant pour le NO ₂ et le benzène)	19
Figure 21 Réduction en pourcentage des concentrations de NO ₂ et de benzène entre le niveau de circulation attenant et le local d'exploitation	20
Figure 22 Exemple d'évolution des concentrations de NO ₂ sur 2 jours dans un parc très fréquenté	22
Figure 23 Pourcentage de dépassement des valeurs cibles pour une exposition chronique pour le NO ₂ et le benzène	23
Figure 24 Pourcentage de dépassement des valeurs cibles pour l'exposition chronique dans les locaux d'exploitation pour le NO ₂ et pour le benzène	23

Liste des tableaux

Tableau 1 Concentrations mesurées dans 4 parcs [AFSSET, 2007]	10
Tableau 2 Comparaison des concentrations de CO aux valeurs cibles	24

Introduction

La pollution atmosphérique urbaine représente aujourd'hui un problème de santé publique majeur, selon les experts de la santé publique. Dans ce contexte, les parcs de stationnement couverts constituent un milieu spécifique, qui contribue à augmenter l'exposition à la pollution d'origine automobile.

L'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail a publié en 2007 des recommandations pour la qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts¹. Les travaux réalisés ont permis de proposer des valeurs cibles de concentration atmosphérique pour un certain nombre de polluants présents dans les parcs de stationnement. Le respect de ces valeurs permettrait de mieux protéger la santé tant du public qui fréquente le parking que des travailleurs.

COPARLY, en collaboration avec Lyon Parc Auto, exploitant de nombreux parcs de stationnement publics de l'agglomération lyonnaise, a lancé un programme d'amélioration des connaissances sur la qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts de cette agglomération. Ce programme, prévu sur une durée de 3 ans, comporte 2 volets de mesure : un état des lieux de la qualité de l'air sur 25 parcs et l'étude approfondie d'un parking témoin avec un large panel de polluants et un plus grand nombre de points de mesure, y compris dans l'environnement extérieur du parc.

Par ailleurs, pour compléter ce programme, COPARLY a lancé en 2009 un état des lieux sur 8 parcs de stationnement à gestion privée de l'agglomération de Lyon.

Le présent rapport s'intéresse au premier volet de l'étude, qui a pour objectif d'obtenir une vision globale de la qualité de l'air sur un ensemble de 25 parcs. Il s'organise autour de 3 parties : la présentation de la méthodologie, l'état des lieux des concentrations des polluants et les enseignements de l'étude.

1. Méthodologie de l'étude

1.1. Les sites de mesures

La quasi-totalité des parcs de stationnement couverts, gérés par Lyon Parc Auto, ont fait partie de l'étude, soit 25 parcs au total. Les parcs exclus sont ceux mis en service après le début de l'étude en octobre 2008.

Les parcs sondés se répartissent en deux catégories :

- >> **17 parcs souterrains** avec une fréquentation moyenne variant de 130 à 1750 véhicules/jour,
- >> **8 parcs couverts à étage** (ou parcs aériens) avec une fréquentation moyenne de 10 à 4500 véhicules/jour. Certains parcs sont largement ouverts des deux côtés, d'autre d'un seul côté.

Dans chaque parc, 3 sites ont fait l'objet de mesures (cf. annexe 7):

- 2 niveaux de circulation : le niveau le plus circulé et le niveau le plus bas occupé régulièrement dans le cas des parcs souterrains, le niveau le plus haut dans le cas de parcs aériens (à l'exception des niveaux en terrasse). Dans les niveaux de circulation, les mesures ont été réalisées de préférence au plus près des passages aménagés pour les piétons.
- le local d'exploitation ou un espace « Caisses automatiques » dans le cas où aucun personnel n'était présent de manière continue dans le local.

¹ AFSSET (2007) Recommandations pour la qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts. Avril 2007

Le nombre de mesures par parc est limité au profit du sondage d'un plus grand nombre de parcs.

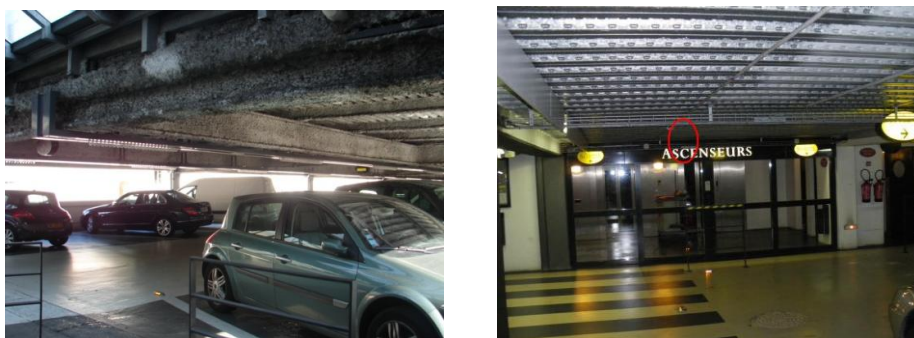


Figure 1 Vue d'un parc couvert à étage largement ventilé (à gauche) et emplacement d'un point de mesure au dessus d'un cheminement piéton

1.2. Les polluants mesurés

Le rapport publié en 2007 par l'AFSSET concernant les recommandations pour la qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts met en avant 4 polluants à considérer plus particulièrement dans ce type d'installation : **le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote, le benzène et les particules**. Par ailleurs, parmi ces polluants, l'AFSSET conclue que le dioxyde d'azote et le benzène sont les plus problématiques.

Dans le cadre de cette première étude, visant à obtenir une vision globale de la qualité de l'air dans un ensemble de parcs, 3 de ces quatre polluants ont été investigués. Les particules feront l'objet de mesure dans le 2^{ème} volet d'étude sur un parking témoin.

Les mesures ont été réalisées avec des tubes à diffusion passive pour le NO₂ et le benzène. Par ailleurs, les tubes à diffusion utilisés pour le benzène permettent de mesurer également d'autres composés organiques volatils : le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes.

Le matériel utilisé permet d'obtenir une concentration moyenne sur la période d'exposition du tube (2 semaines pour le benzène, 1 semaine pour le NO₂).

Pour l'étude du monoxyde de carbone, un capteur portatif de type Draeger Pac 7000 a été utilisé. Le capteur était porté par un membre du personnel ou laissé dans le local d'exploitation en cas d'absence de personnel (par exemple, la nuit dans certains parcs). Les capteurs de CO ont été programmés avec un pas de temps de 5 minutes.

Après une formation au début de l'étude, la pose du matériel de mesure a été confiée au personnel de Lyon Parc Auto .



Figure 2 Matériel de mesures distribué pour chaque parc de stationnement, capteur de CO à droite

La température a également été suivie aux points de mesure, soit par enregistreur automatique, soit par relevés manuels réguliers effectués par le personnel de Lyon Parc Auto.

1.3. Périodes de mesures

En air intérieur, il n'existe pas de recommandations spécifiques concernant l'échantillonnage temporel. Afin d'avoir une bonne représentativité, quatre périodes de mesures de deux semaines réparties dans l'année ont été retenues afin d'appréhender les variations potentielles de concentrations.

Calendrier des mesures :

Campagne 1: du 7 au 21 octobre 2008
 Campagne 2 : du 3 au 17 février 2009
 (Vacances scolaires du 8 au 22 février)
 Campagne 3: du 28 avril au 12 mai 2009
 Campagne 4 : du 23 juin au 7 juillet 2009

La réalisation de 4 campagnes de 2 semaines permet d'avoir une couverture temporelle de 14% de l'année, nécessaire à l'évaluation de la qualité de l'air annuelle selon la Directive Européenne relative à la Qualité de l'air ambiant. En l'absence de recommandations spécifiques et de connaissances suffisantes sur les variations attendues dans l'air intérieur des parkings, les pratiques utilisées pour l'évaluation dans l'air ambiant constituent une première approche.

2. Etat des lieux

2.1. Bilan des campagnes

2.1.1. Problèmes techniques

Pendant le déroulement des campagnes, plusieurs problèmes techniques ont été rencontrés : l'invalidation de la première campagne de mesures pour le benzène, qui a conduit au changement du matériel utilisé, la perte des données des capteurs de CO pour la moitié des parcs lors de la première semaine de mesures. Très peu de dégradations ont été observées sur le matériel laissé en place dans les parcs.

2.1.2. Contexte des campagnes de mesure

Plusieurs éléments peuvent *a priori* avoir une influence sur les niveaux mesurés. Deux facteurs potentiels sont présentés ci-après : la température et la fréquentation des parcs.

Au niveau des **températures** relevées lors des campagnes, on peut noter que les campagnes 1 et 3 sont plutôt similaires avec des températures moyennes alors que la campagne 2 au mois de février présente des températures inférieures à 10°C et la campagne 4 au contraire des températures supérieures à 30°C. Le choix de 4 campagnes permet donc d'avoir une variation importante de la température. L'influence de cette dernière sera étudiée ultérieurement.

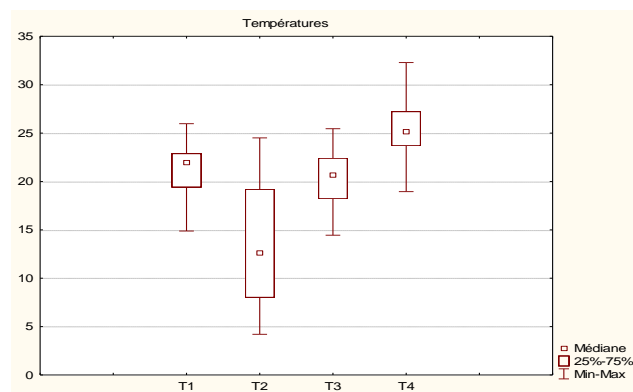
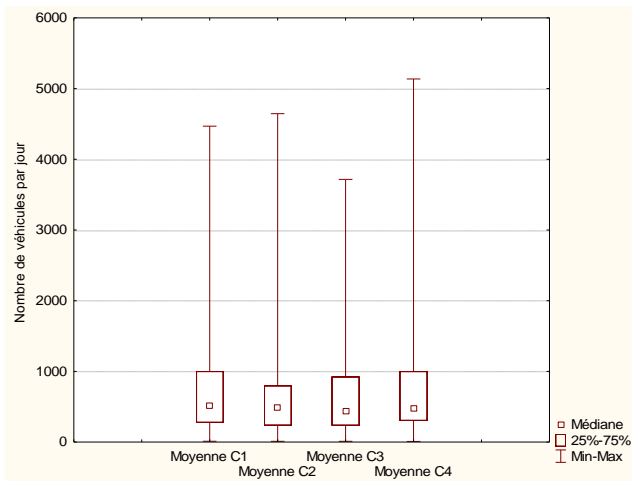


Figure 3 Température moyenne (en °C) dans les parcs à chaque campagne²

² Voir en annexe 8 pour l'explication du graphique



De manière générale, la fréquentation varie peu entre les campagnes. Néanmoins, certains parcs peuvent présenter des variations importantes entre 2 campagnes. C'est le cas, par exemple, du parc « P2 Cité Internationale » dont la fréquentation est fortement liée aux manifestations de la Cité Internationale ou du Parc Gros Caillou qui présente une fréquentation supérieure de 50% à sa moyenne en octobre 2008 (C1).

Enfin, le parc Grôlée voit sa fréquentation augmenter à chaque campagne, pour finalement doubler entre la campagne 1 et la campagne 4.

Figure 4 Fréquentation moyenne (en véhicules par jour) dans les parcs à chaque campagne

Concernant la représentativité des données sur l'année, il faut noter que les mois d'août et décembre, non sondés, peuvent être particuliers, en regard des vacances scolaires et de la période de Noël (parcs de centres commerciaux).

2.2. Niveaux moyens mesurés par campagne

La Figure 5 donne un aperçu des concentrations mesurées pour le dioxyde d'azote et le benzène à la fois dans les niveaux de circulation et dans les locaux d'exploitation en présentant la moyenne et le maximum des parcs à chaque campagne. Ces deux types d'environnement, bien distincts, ont été séparés pour l'analyse. Le détail de toutes les concentrations mesurées se trouvent en annexe 1 pour le NO₂ et le benzène et en annexe 5 pour le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes.

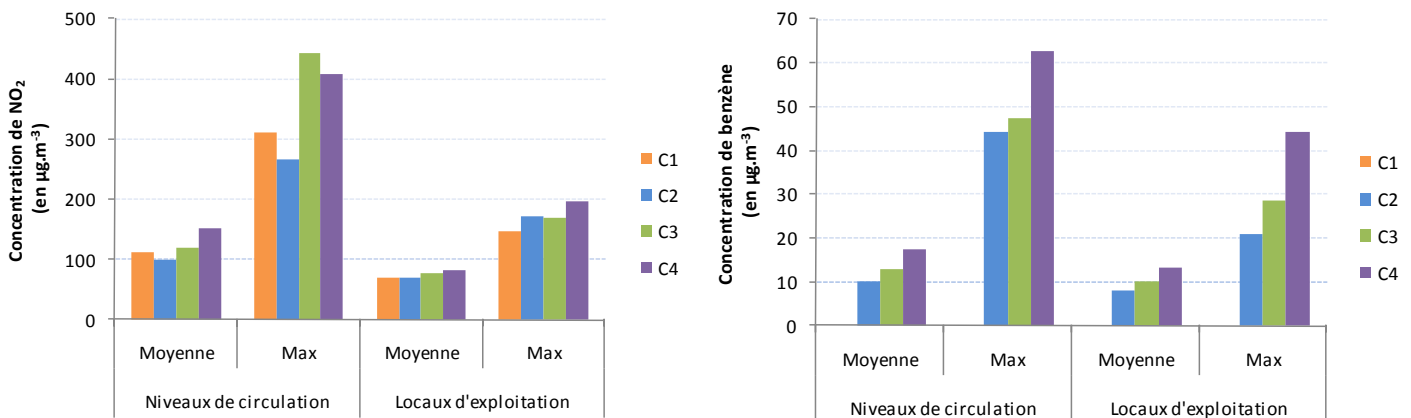


Figure 5 Concentration de NO₂ (à gauche) et concentration de benzène (à droite) moyenne et maximale dans les niveaux de circulation et dans les locaux d'exploitation

>> **Les niveaux sont variables entre les campagnes** : un rapport de 1,5 est observé pour le NO₂ et de 1,7 pour le benzène en moyenne (tous sites confondus) entre les campagnes C2 et C4.

>> **Les niveaux sont variables entre les parcs** : un rapport de 3 à 4 entre le maximum et la moyenne pour le NO₂ et de 3,5 à 4,5 pour le benzène. Les écarts entre les différents parcs sont plus importants pour le benzène : un rapport d'environ 75 est observé entre la concentration maximale et la concentration minimale lors de la dernière campagne.

Les concentrations de CO n'ont pas été recueillies sur des points fixes mais par un capteur porté par le personnel ou laissé dans le local, en cas d'absence. De ce fait, les valeurs dans les niveaux de circulation et dans les locaux d'exploitation ne peuvent pas être distinguées.

Lors de la première campagne, la moitié des données de CO seulement sont disponibles, c'est pourquoi seules les campagnes 2 à 4 sont présentées sur la Figure 6. Sur les parcs dont les données sont disponibles, les moyennes de la campagne 1 sont, de manière générale, plutôt proches de la campagne 2.

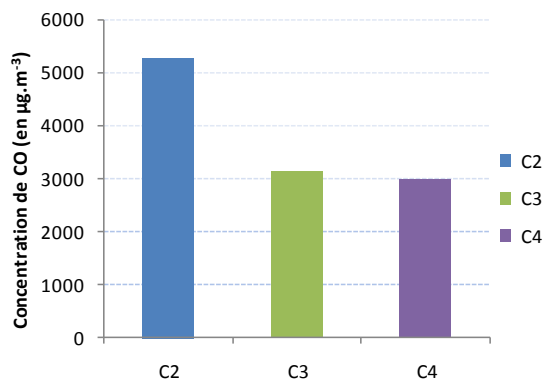


Figure 6 Moyenne des concentrations de CO

>> Les concentrations de CO sont plus élevées lors de la campagne hivernale, ce qui diffère des deux autres polluants étudiés.

2.3. Comparaison des parcs couverts à étage et des parcs souterrains

Le paragraphe précédent présentait les résultats de manière agrégée, néanmoins deux grands groupes de parcs peuvent être étudiés : les **parcs souterrains** et les **parcs couverts à étage** (aériens).

La Figure 7 présente la répartition des données de concentrations pour chacun de ces groupes de parc pour les polluants NO₂ et benzène.

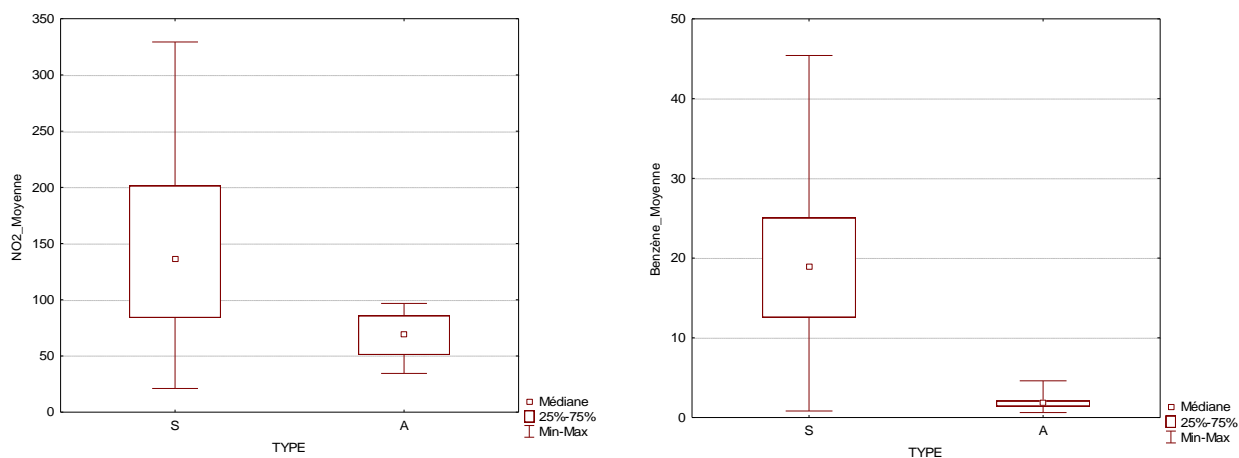


Figure 7 Comparaison des concentrations moyennes en µg.m⁻³ de NO₂ et de benzène dans les parcs souterrains (S) et dans les parcs couverts à étage (A)

>> Quelle que soit la campagne, les concentrations de NO₂ et de benzène sont significativement plus faibles dans les parcs couverts à étage que dans les parcs souterrains. La différence est beaucoup plus marquée pour le benzène que pour le NO₂.

La différence entre ces deux types de parcs est également significative et très marquée pour les concentrations de toluène, xylènes et éthylbenzène.

Les concentrations de CO relevées sur les capteurs individuels sont également plus élevées dans les parcs souterrains.

2.4. Comparaison des niveaux avec d'autres études et avec l'extérieur

2.4.1. Données d'autres études

Les données françaises existantes dans les parcs de stationnement ont été recensées par l'AFSSET en 2007 [AFSSET, 2007]. Le peu de données existantes a conduit l'AFSSET à réaliser des mesures dans 4 parcs, les résultats de ces mesures sont reportés dans le Tableau 1. Les parcs 2 et 3 sont des parcs souterrains, respectivement d'une gare ferroviaire et d'un centre commercial. Les parcs 1 et 4 sont plus spécifiques car relatifs à une gare routière d'autocars et un parc réservé à des employés.

Moyenne sur une semaine	Parc 1			Parc 2			Parc 3			Parc 4		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
NO₂ (en µg.m ⁻³)	76	164	109	127	202	157	120	160	145	66	75	71
Benzène (en µg.m ⁻³)	2,8	8,1	4,2	19	40	26	43	63	53	8,5	23	19

NB : Plusieurs points ont été sondés dans chaque parc.

Tableau 1 Concentrations mesurées dans 4 parcs [AFSSET, 2007]

En moyenne sur l'ensemble des parcs étudiés, les concentrations de NO₂ sont semblables à celles présentées par l'AFSSET. En revanche, des niveaux plus élevés sont observés sur certains parcs. Compte tenu du grand nombre de parcs étudiés, il n'est pas aberrant que les extrêmes soient plus élevés.

Pour le benzène en revanche, en moyenne sur l'ensemble des parcs, les niveaux sont plutôt moins élevés que ceux des parcs 2 et 3 de l'AFSSET.

2.4.2. Données à l'extérieur

Les niveaux de concentrations mesurés à l'intérieur des parcs de stationnement couverts peuvent être comparés aux niveaux relevés en extérieur sur les stations de mesure de COPARLY.

>> pour le NO₂, avec la station « A7 Sud Lyonnais » située en proximité automobile de l'A7 (trafic journalier > 80 000 véhicules/j) et de « Lyon Centre » située en fond urbain.

>> pour le benzène, avec la station de proximité automobile «Lyon, Rue Garibaldi » et celle de « Lyon Centre » située en fond urbain.

>> pour le CO, avec les stations de proximité automobile « A7 Sud Lyonnais » et «Lyon, Rue Garibaldi »³

³ Le CO n'est pas mesuré sur les stations de qualité de l'air de type urbaine mais seulement en proximité automobile.

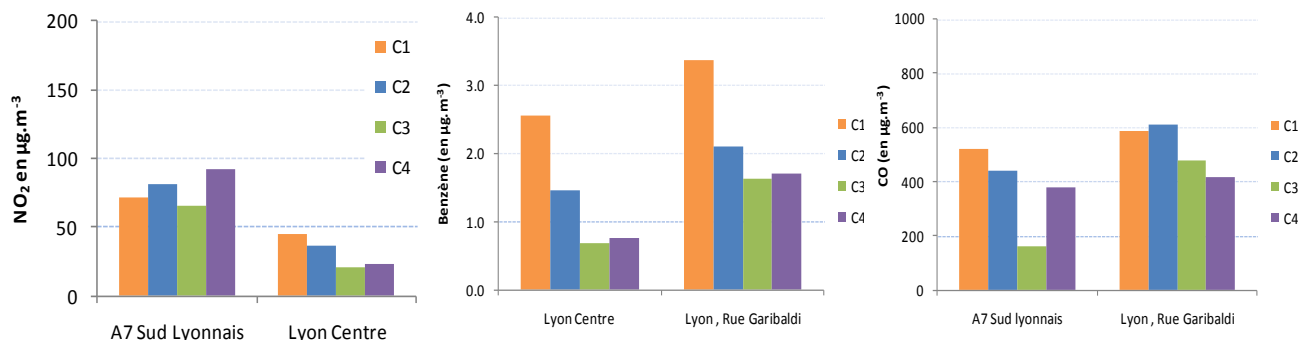


Figure 8 Concentrations de NO₂, benzène et CO en air extérieur pendant les campagnes de mesure

>> Les concentrations dans les parcs de stationnement sont supérieures aux concentrations mesurées en air ambiant, en bordure de voiries. Le rapport en revanche dépend fortement du polluant considéré.

En moyenne, par rapport à une station de proximité automobile, le rapport Intérieur/Extérieur pour le NO₂ est proche de 1 pour les parcs couverts à étage quelle que soit la campagne et varie entre 1,5 et 2,3 pour les parcs souterrains selon la campagne.

Pour le CO, le rapport est en moyenne de 6 à 8 fois supérieur à l'intérieur des parcs par rapport à une station de proximité automobile. Ce rapport est nettement influencé par les parcs souterrains, le rapport pour les parcs couverts étant plutôt de l'ordre de 1.

Enfin, le rapport Intérieur/Extérieur pour le benzène est beaucoup plus important : de 7 à 15 fois plus pour les parcs souterrains selon la campagne et environ 1 également pour les parcs couverts à étage. Le facteur maximal observé est de 37 entre la concentration à l'extérieur et dans le parc.

>> Les niveaux à l'intérieur des parcs ne suivent pas la même évolution qu'à l'extérieur, notamment pour le benzène où les concentrations en été sont beaucoup plus importantes à l'intérieur.

3. Enseignements de l'étude

3.1. Quels sont les facteurs influençant les niveaux de concentration ?

Avant d'étudier les facteurs pouvant influencer les niveaux de concentration, il faut noter que selon le type de parc et selon le type de polluant, les facteurs vont être différents. La Figure 9 montre en effet la corrélation du benzène et du dioxyde d'azote. Dans les parcs couverts à étage, le coefficient de corrélation (r^2) est égal à 0,66 ; en revanche, dans les parcs souterrains, ce coefficient est réduit à 0,41. Cette figure permet d'identifier des parcs qui présentent des niveaux modérés de NO₂ mais des niveaux de benzène faisant partie des plus élevés. Sans donner d'explications, cette figure montre bien que les facteurs influençant les concentrations des différents polluants vont différer.

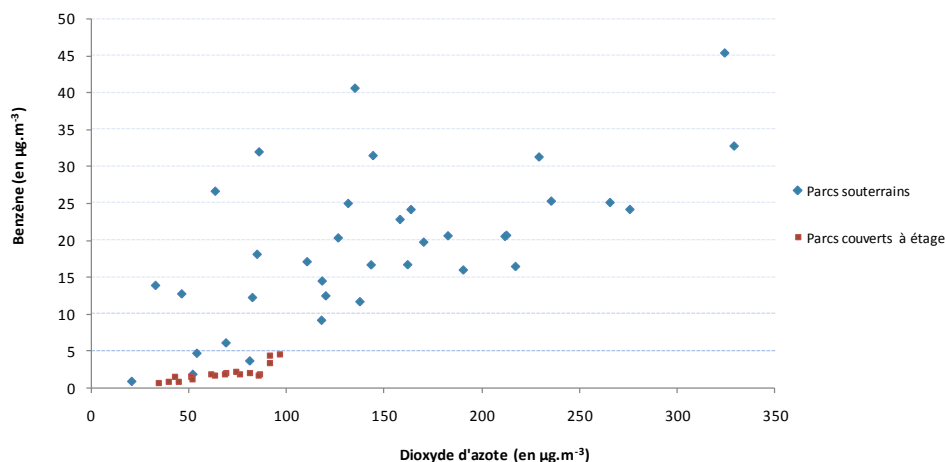


Figure 9 Concentration moyenne de benzène en fonction de la concentration moyenne de NO₂ dans les niveaux de circulation

L'analyse des facteurs d'influence s'effectue tout d'abord sur les données de NO₂ et de benzène, les données de CO étant moins nombreuses, et surtout mesurées selon une autre méthode : un capteur porté par le personnel plutôt qu'une mesure en point fixe. Compte tenu des concentrations observées, l'attention se portera plus particulièrement sur les parcs souterrains.

3.1.1. Influence de la fréquentation sur les niveaux de concentration ?

L'influence de la fréquentation peut s'étudier de plusieurs manières, tout d'abord en regardant la corrélation sur l'ensemble des parcs, ensuite sur un même parc en étudiant les variations entre campagne et en comparant les différents niveaux du parc.

Les Figure 10 et Figure 11 présentent respectivement pour le NO₂ et le benzène les concentrations en fonction de la fréquentation moyenne de la campagne dans les parcs souterrains⁴. Les données de fréquentation étant uniques pour un parc, seules les données de concentration du niveau le plus circulant ont été étudiées.

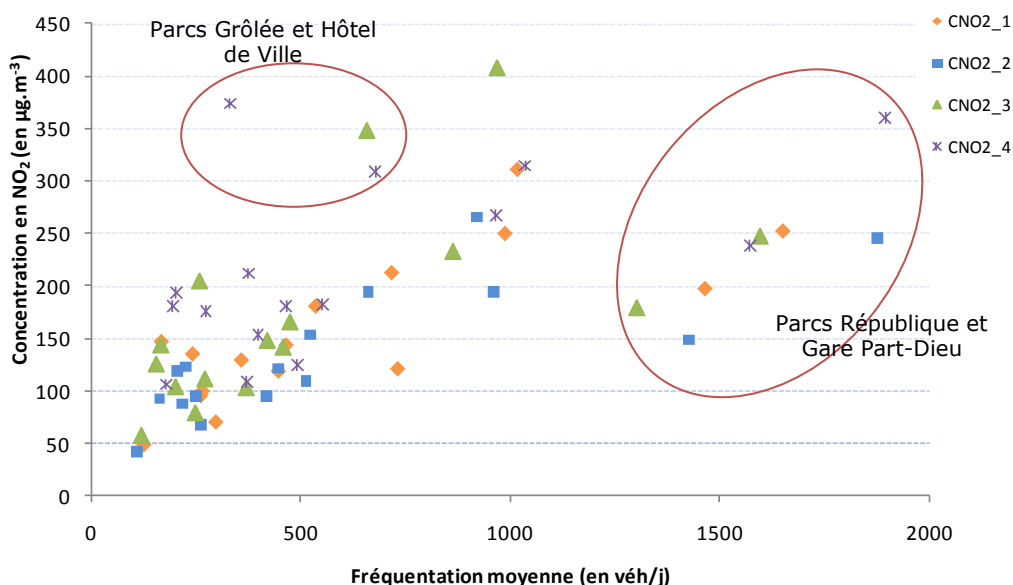


Figure 10 Concentration de NO₂ en fonction de la fréquentation moyenne du parc à chaque campagne pour les parcs souterrains

⁴ Les graphiques concernant les parcs couverts à étage sont présentés en annexe 6.

La figure montre que les niveaux de NO₂ sont plus ou moins liés à la fréquentation⁵, avec toutefois quelques points atypiques :

- Les parcs République et Gare Part-Dieu, les plus fréquentés, ne présentent pas les niveaux de NO₂ les plus élevés.
- Certains parcs moins fréquentés ressortent également du nuage de points : Grôlée, Hôtel de Ville.

Lors de la campagne 4 (juin), les données de NO₂ sont moins bien corrélées avec la fréquentation.

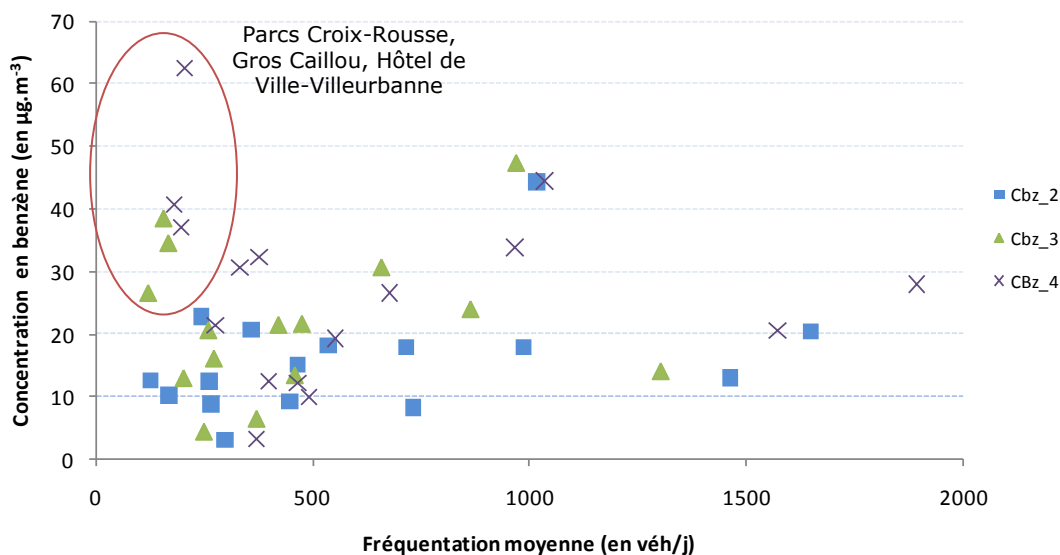


Figure 11 Concentration de benzène en fonction de la fréquentation moyenne du parc à chaque campagne pour les parcs souterrains

Les niveaux de benzène sont peu dépendants de la fréquentation du parc, qui ne semble pas être le critère déterminant pour ce polluant. Certains parcs peu fréquentés (200 passages par jour) présentent des concentrations de benzène élevées.

En s'intéressant à l'influence de la fréquentation à l'intérieur d'un parc, il ne ressort pas de corrélation entre la fréquentation moyenne d'une campagne et les concentrations de NO₂ du niveau le plus circulant. Des données plus précises, par niveau et en continu, permettraient probablement de mieux mettre en évidence, les relations entre concentration de NO₂ et fréquentation au sein d'un parc.

La différence observée entre 2 niveaux d'un même parc peut également refléter l'influence de la fréquentation. La Figure 12 présente la répartition des écarts observés entre le niveau le plus circulant et l'autre niveau sondé d'un même parc.

⁵ La fréquentation, en véhicules par jour, représente la circulation dans le parc. Ce paramètre est différent de l'occupation (nombre de places occupées/nb de places total).

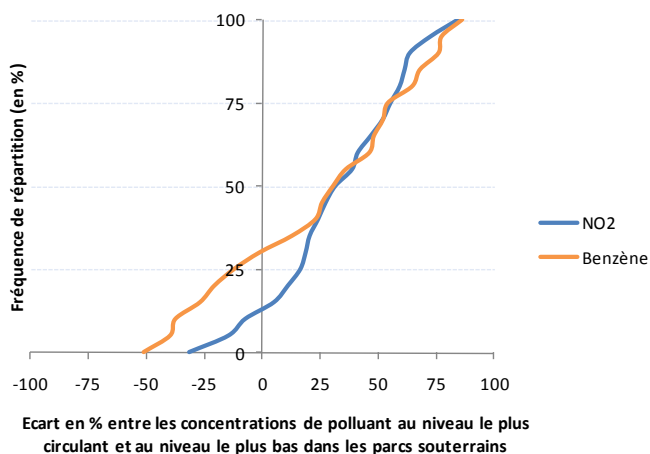


Figure 12 Fréquence de répartition des écarts entre le niveau le plus circulant et le niveau le plus bas d'un parc souterrain

Pour le NO_2 , le niveau le plus circulant est presque toujours le niveau présentant les concentrations de NO_2 les plus élevées. Le parc Hôtel de Ville est le seul à présenter à chaque campagne des concentrations de NO_2 plus élevées au niveau de circulation le plus bas qu'au niveau de circulation considéré comme le plus fréquent. L'écart maximum entre deux niveaux est d'environ 85%.

Pour le benzène, il est plus fréquent de remarquer une concentration plus élevée au niveau le plus bas qu'au niveau considéré comme le plus circulant (environ 25% des cas). Cette situation se produit plus fréquemment lors de la campagne du mois de juin.

Pour les deux polluants, la médiane des écarts entre les 2 niveaux de circulation considérés est d'environ 30%.

3.1.2. Influence de la température sur les niveaux de concentration ?

La température peut avoir une influence sur les concentrations, d'une part en favorisant l'évaporation des carburants des véhicules en stationnement dans le parking, d'autre part en modifiant les émissions produites par la combustion lors des démarrages « à froid ». En effet, lorsque la température est plus basse, le rapport NO/NO_2 augmente, les émissions de CO également.

La température n'est pas un facteur déterminant pour les concentrations en observant l'ensemble des parcs, en revanche à l'échelle d'un parc, son influence est notable, particulièrement sur les niveaux de benzène. La Figure 13 montre en exemple la corrélation pour deux parcs de typologie distincte : le parc Gros Caillou plutôt résidentiel avec peu de mouvements mais une occupation conséquente, surtout la nuit, et le parc République, avec une fréquentation importante (cf. Annexe 2).

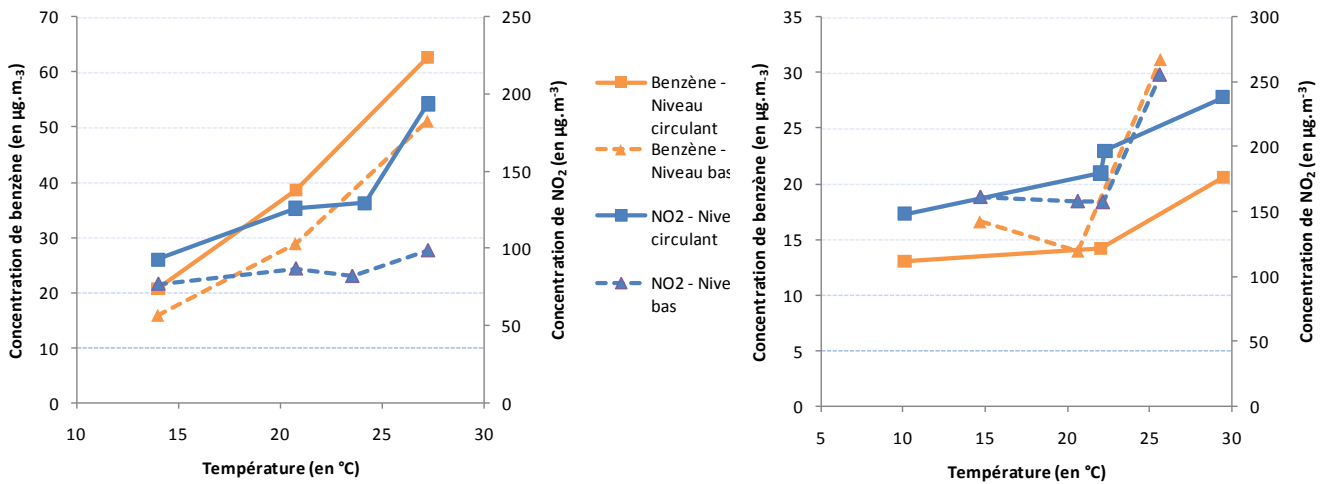


Figure 13 Evolution des concentrations de polluants dans le parc Gros caillou (à gauche) et dans le parc République (à droite) en fonction de la température

Sur le parc Gros Caillou, comme dans les autres parcs présentant le même profil (peu de mouvements), les concentrations de benzène sont nettement corrélées avec la température. S'agissant de parcs présentant peu de mouvements, il est probable que les concentrations de CO sur lesquelles est asservie la ventilation dépassent rarement les seuils de déclenchement de la ventilation, ce qui engendre une accumulation des composés organiques volatils émis par les véhicules en stationnement, ces émissions étant d'autant plus fortes que la température est élevée.

Dans les parcs très fréquentés, les concentrations de benzène sont de même corrélées avec la température, elles le sont d'autant plus dans les niveaux bas, qui sont moins fréquemment ventilés, et où le même phénomène d'accumulation se produit. Sur ces parcs, lors de la campagne 4 au mois de juin, les concentrations de benzène sont souvent plus élevées au niveau bas qu'au niveau le plus circulant.

Concernant le NO₂, on peut noter que la température ne semble pas aussi influente, notamment entre les campagnes 1 et 3, qui présentent des températures assez proches (cf. Figure 3, p. 7), mais des concentrations de NO₂ de manière générale plus élevées lors de la campagne 3 (cf. Figure 14). Cette différence pourrait être due à l'apport d'ozone par l'extérieur qui favoriserait la production de NO₂ à partir du NO présent dans les parcs⁶. En effet, les concentrations d'ozone mesurées sur la station urbaine de Lyon Centre sont respectivement de 26 µg.m⁻³, 33 µg.m⁻³, 71 µg.m⁻³ et 78 µg.m⁻³ en moyenne aux campagnes 1, 2, 3 et 4 avec des maxima de 89 µg.m⁻³, 70 µg.m⁻³, 125 µg.m⁻³ et 193 µg.m⁻³.

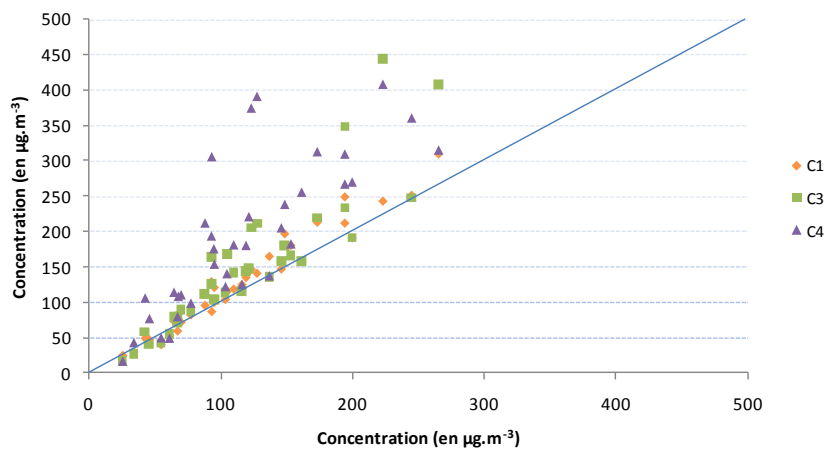


Figure 14 Comparaison des concentrations de NO₂ entre les campagnes dans les niveaux de circulation des parcs souterrains en fonction de la campagne 2 (hiver)

⁶ $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$

3.1.3. Compléments apportés par les données de CO

Les concentrations de CO enregistrées par les capteurs individuels en continu permettent d'apporter des éléments complémentaires à l'analyse précédente.

Les Figure 15 à Figure 17 illustrent différents profils d'évolution des concentrations de CO. Sur les parcs très fréquentés, comme le parc République (cf. Figure 15), des pics importants de CO peuvent être relevés sur les capteurs, un niveau de fond est également présent.

Sur certains parcs, en revanche, comme Hôtel de Ville (cf. Figure 16), bien que des pics soient observés, le niveau de base est très proche de zéro⁷. Ces pics reflètent probablement les allées et venues entre le local d'exploitation et les niveaux de circulation.

Enfin, dans certains parcs peu fréquentés, comme le parc Gros Caillou (cf. Figure 17), bien qu'il y ait très peu de pics importants de CO, un niveau de fond résiduel persiste.

Les concentrations moyennes de CO sont moins importantes aux campagnes 3 et 4, ce qui pourrait être lié à la surémission des moteurs à froid d'une part et à la réaction du CO avec l'ozone d'autre part.

En moyenne sur la période de mesure, certains parcs peu fréquentés présentent des niveaux de CO du même ordre de grandeur que les parcs fréquentés. Ces parcs sont également ceux pour lesquels des concentrations importantes de benzène ont été mises en évidence, ce qui pourrait traduire un manque de ventilation minimale, et donc une accumulation des polluants. Il faut noter toutefois que ces valeurs de l'ordre de 5 à 10 ppm sont bien inférieures au seuil de déclenchement des ventilations (30 ppm pour la petite vitesse, 50 ppm pour la grande vitesse).

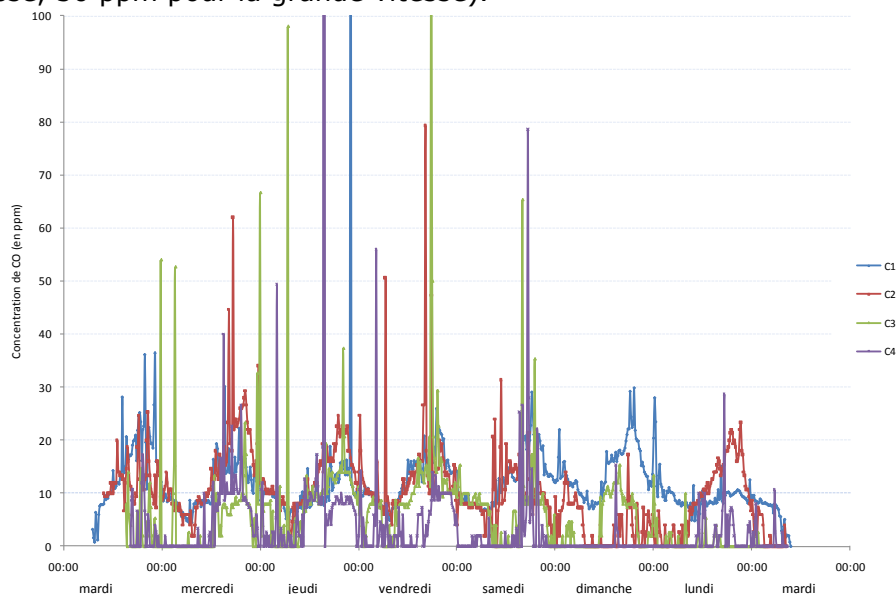


Figure 15 Evolution des concentrations de CO du capteur porté sur le parc République

⁷ Le capteur donne des valeurs en ppm.

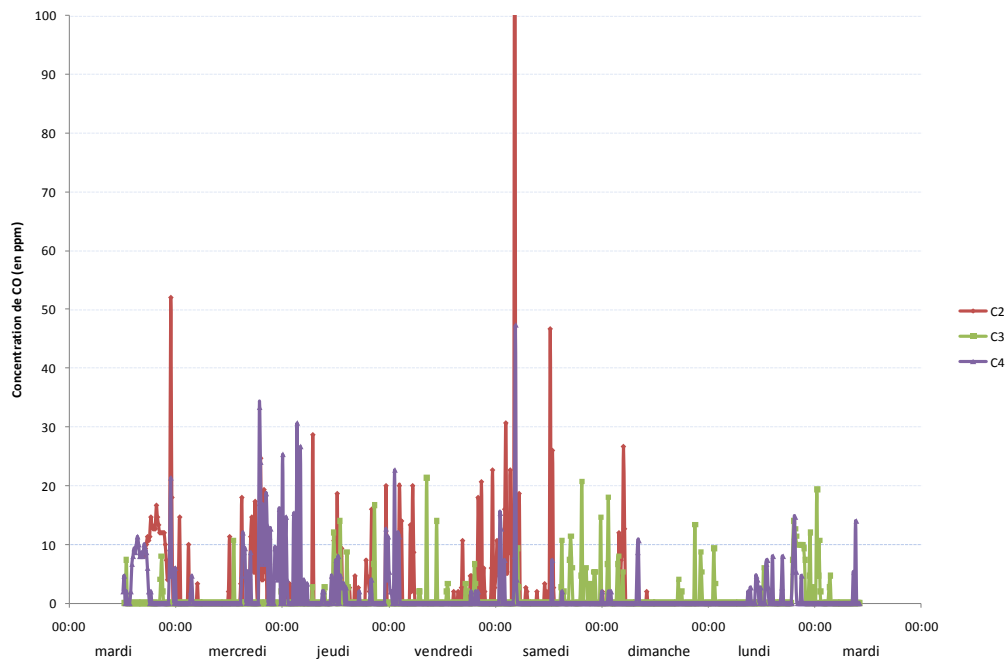


Figure 16 Evolution des concentrations de CO du capteur porté sur le parc Hôtel de Ville

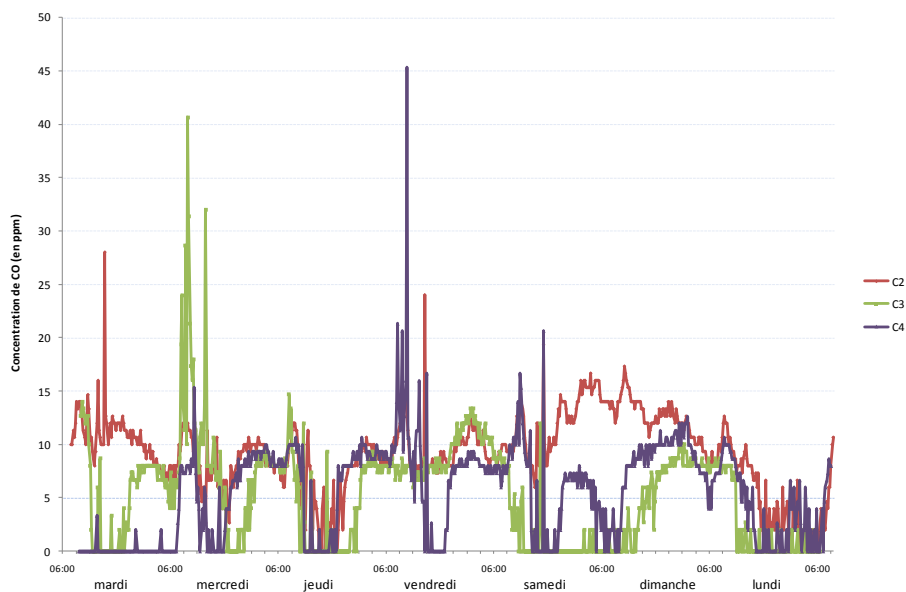


Figure 17 Evolution des concentrations de CO du capteur porté sur le parc Gros Caillou

3.1.4. Synthèse

L'étude des différentes corrélations entre polluants, entre campagnes et entre différents facteurs d'influence permet de mieux comprendre le milieu spécifique des parcs souterrains.

Les concentrations de NO₂ dans les parcs souterrains sont en grande partie expliquées par la fréquentation du parc, même si des variations peuvent apparaître potentiellement en lien avec la température, des réactions chimiques entre les polluants, et éventuellement l'ozone apporté avec l'entrée d'air neuf, ainsi que les différents systèmes de ventilation.

Les concentrations de benzène semblent surtout influencées par le phénomène d'évaporation depuis les véhicules en stationnement, elles sont en effet nettement corrélées à la température. Le benzène, composé très stable, a tendance à s'accumuler dans les parcs peu fréquentés ou encore dans les niveaux les plus bas des parcs fréquentés, où la ventilation asservie sur le CO fonctionne beaucoup moins souvent.

3.2. Comment se situent les concentrations dans les locaux d'exploitation ?

Les locaux d'exploitation des parcs de stationnement couverts sont munis de système de ventilation garantissant a priori la qualité de l'air de ces locaux. Dans le recueil de données de l'AFSSET en 2007, il apparaît que peu de données sont exploitables concernant les niveaux de polluants dans ces locaux spécifiques.

Dans le cadre de l'étude menée sur 25 parcs, 21 locaux d'exploitation ont été sondés, dont 14 à l'intérieur de parcs souterrains. Les mesures ainsi obtenues apportent des informations tout à fait intéressantes sur les niveaux réellement observés dans ces enceintes protégées.

3.2.1. Dans l'absolu ?

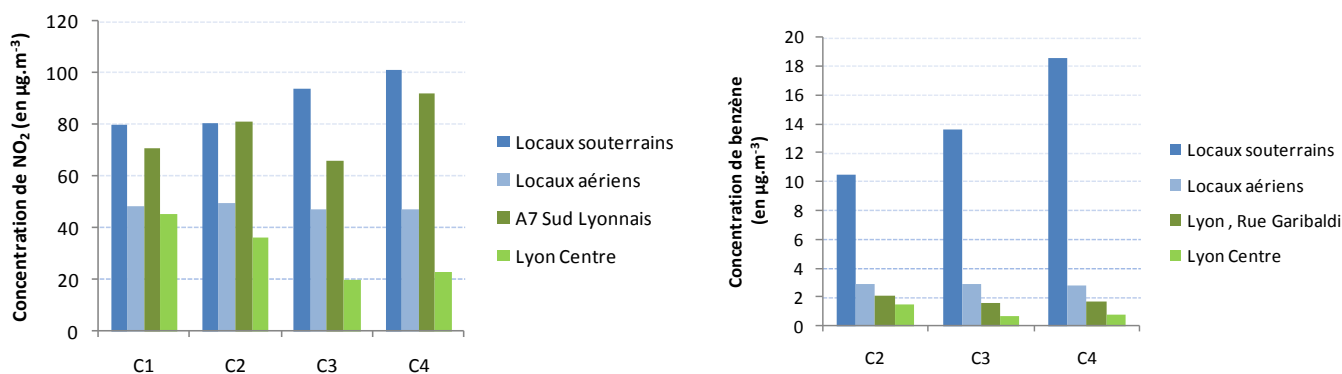


Figure 18 Comparaison des niveaux moyens dans les locaux d'exploitation et à l'extérieur pour le NO₂ (à gauche) et le benzène (à droite)

Les concentrations dans les locaux aériens sont inférieures à celles relevées dans les locaux souterrains, l'écart est beaucoup plus important pour le benzène que pour le NO₂.

Pour le NO₂, les concentrations moyennes observées dans les locaux sont de l'ordre, voire supérieures, aux niveaux relevés sur une station de qualité de l'air située en proximité d'un grand axe routier (A7 Sud Lyonnais). Certains locaux d'exploitation présentent des niveaux moyens sur 2 semaines égaux au double de la moyenne enregistrée sur la station A7 Sud Lyonnais.

Pour le benzène, les concentrations moyennes observées dans les locaux souterrains sont très nettement supérieures aux niveaux relevés en air extérieur.

3.2.2. Par rapport aux concentrations mesurées dans les niveaux de stationnement ?

Une première analyse consiste à étudier les deux groupes de données : niveaux de circulation vs locaux d'exploitation d'une manière globale. La Figure 19 représente la comparaison des moyennes des campagnes dans chacune des deux typologies.

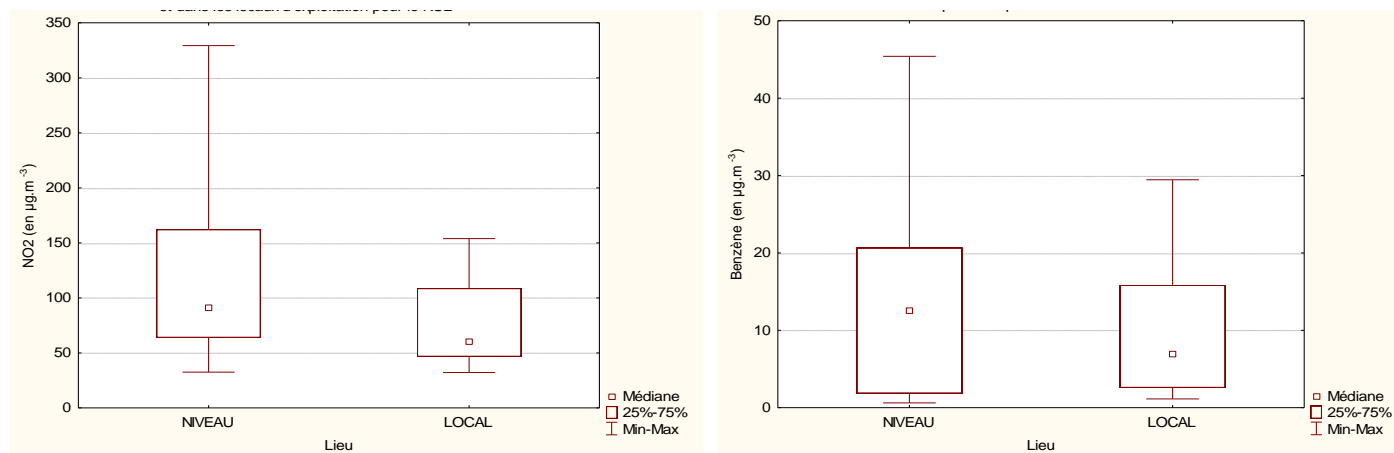


Figure 19 Comparaison des concentrations moyennes de NO₂ (à gauche) et de benzène (à droite) dans les niveaux de circulation et dans les locaux d'exploitation

Quel que soit le polluant, les concentrations sont globalement moins élevées dans les locaux d'exploitation que dans les niveaux de circulation. En revanche, alors que la différence est significative pour le NO₂ (au sens statistique), elle ne l'est pas pour le benzène.

Afin d'étudier plus précisément les différences entre niveaux de circulation et locaux d'exploitation, les locaux situés au même niveau qu'un point de mesure dans les niveaux de circulation sont retenus. Sur ces locaux, les concentrations peuvent être comparées dans le local et dans le niveau attenant, permettant de calculer un « abattement » en pourcentage. Seuls les parkings souterrains sont retenus pour cette analyse.

Les fFigure 20 et Figure 21 présentent respectivement les concentrations de polluant dans les locaux d'exploitation et les niveaux de circulation et la réduction en pourcentage (abattement).

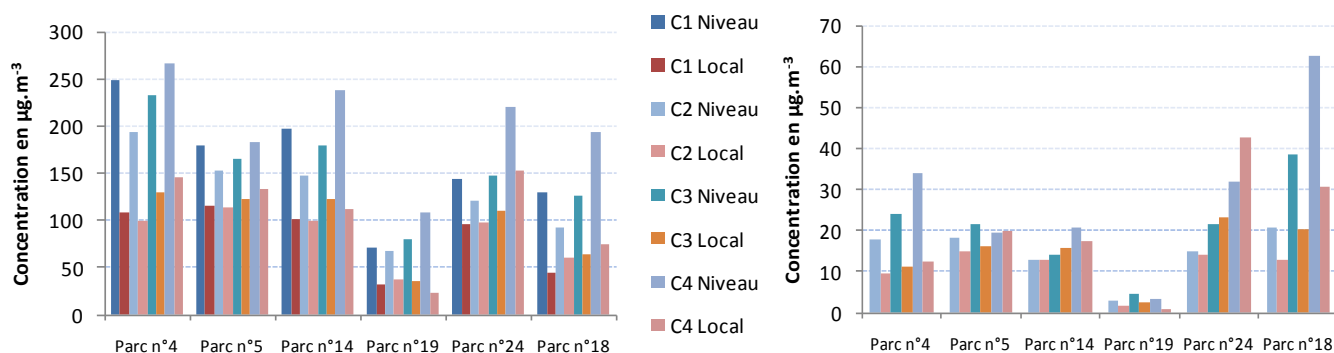


Figure 20 Comparaison des concentrations dans le local d'exploitation et dans le niveau de circulation attenant pour le NO₂ (à gauche) et le benzène (à droite)

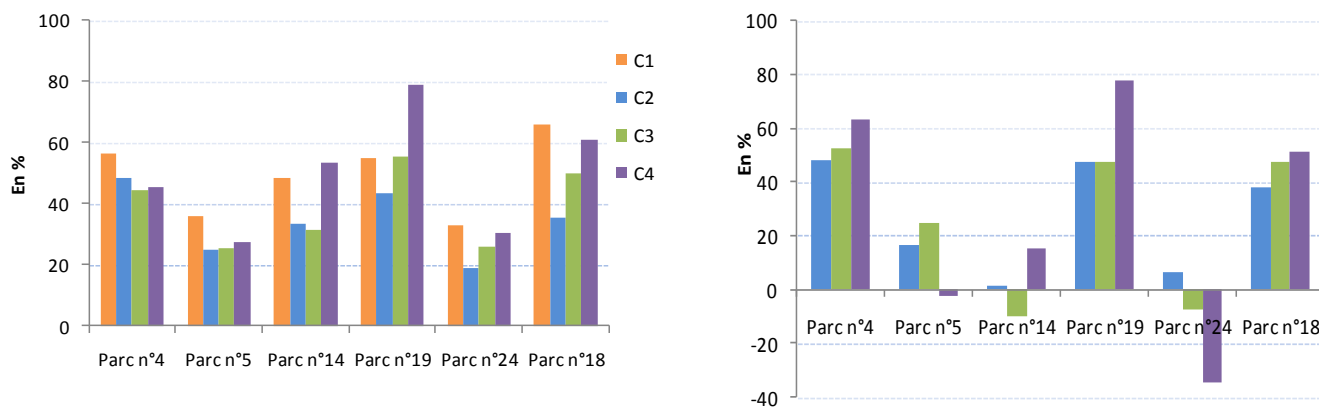


Figure 21 Réduction en pourcentage des concentrations de NO₂ (à gauche) et de benzène (à droite) entre le niveau de circulation attendant et le local d'exploitation

L'abattement des concentrations est variable selon les parcs, il est relativement constant entre les campagnes. En moyenne, sur ces 6 parcs, l'abattement pour le NO₂ est de 43% alors qu'il n'est que de 27% pour le benzène.

Il faut noter également pour le benzène, que dans 3 des 6 parcs, les concentrations de benzène sont proches dans le local d'exploitation et dans le niveau de circulation, elles peuvent même être supérieures dans le local.

De manière générale, les concentrations mesurées dans les locaux d'exploitation sont inférieures aux concentrations relevées dans les niveaux de circulation. L'abattement constaté est supérieur pour le NO₂ par rapport à celui du benzène où une homogénéisation des niveaux est constatée sur certains parcs.

Malgré l'abattement, ces niveaux restent élevés en comparaison des niveaux relevés à l'extérieur.

3.3. Comment se situent les niveaux mesurés par rapport aux valeurs cibles ?

Les paragraphes précédents ont montré des concentrations de polluant élevés en comparaison des concentrations habituellement observées en air ambiant. Afin de mieux situer ces niveaux dans leur contexte spécifique, celui des parcs de stationnement, une comparaison aux valeurs cibles préconisées par l'AFSSET dans son rapport de 2007 est effectuée.

Les valeurs cibles (VC) ont été établies pour les polluants les plus préoccupants au vu des teneurs mesurées et de leur toxicité. **Une valeur cible est un niveau de concentration à ne pas dépasser pour limiter le risque** [AFSSET, 2007]. Elles ont été construites en fonction de scénarios d'exposition, de valeurs toxicologiques de référence par inhalation, d'un ou plusieurs niveaux de risque acceptables et des niveaux d'exposition dans les autres micro-environnements.

Les scénarios retenus pour l'établissement de valeurs cibles considèrent deux types de population : l'utilisateur et le travailleur.

Plus d'infos sur les scénarios retenus par l'AFSSET pour l'établissement de valeurs cibles :

Scénario travailleur : fréquentation du parking de 8h/j, 5j/semaine, 10 mois/an, pendant 40 ans

Scénario usager : fréquentation du parking de 2×15 minutes/j, 5j/semaine, 10 mois /an pendant 40 ans.

Plusieurs types de valeurs cibles sont proposées selon le polluant et le type d'exposition (aiguë ou chronique).

Pour le dioxyde d'azote, les niveaux de pollution atmosphérique urbaine sont déjà à l'origine de risques dépassant les repères classiques d'acceptabilité [AFSSET, 2007], c'est pourquoi l'AFSSET propose différentes valeurs, correspondant à une augmentation de l'exposition journalière à cette substance.

Les valeurs cibles utilisées ici pour comparaison aux concentrations mesurées sont les suivantes.

Exposition aiguë :

Polluant et pas de temps associé	Population concernée	Valeur cible
NO ₂ sur 1 h	Travailleur	200 µg.m ⁻³
CO sur 15 minutes	Usager et travailleur	100 mg.m ⁻³
CO sur 30 minutes	Travailleur	60 mg.m ⁻³
CO sur 1 heure	Travailleur	30 mg.m ⁻³
CO sur 8 heures	Travailleur	10 mg.m ⁻³

Exposition chronique :

Polluant	Population concernée	Valeur cible	Type de valeur cible
Benzène sur 8 h	Travailleur	41 µg.m ⁻³	Pour les effets à seuil
Benzène sur 8 h	Travailleur	11 µg.m ⁻³	Effets sans seuil - pour un niveau de risque de 10 ⁻⁵
Benzène sur 30 minutes	Usager	180 µg.m ⁻³	Effets sans seuil - pour un niveau de risque de 10 ⁻⁵
NO ₂ sur 8 heures	Travailleur	35 µg.m ⁻³	Correspondant à un excès d'exposition quotidien de 10%
NO ₂ sur 8 heures	Travailleur	68 µg.m ⁻³	Correspondant à un excès d'exposition quotidien de 50%
NO ₂ sur 8 heures	Travailleur	108 µg.m ⁻³	Correspondant à un excès d'exposition quotidien de 100%
NO ₂ sur 30 minutes	Usager	157 µg.m ⁻³	Correspondant à un excès d'exposition quotidien de 10%
NO ₂ sur 30 minutes	Usager	675 µg.m ⁻³	Correspondant à un excès d'exposition quotidien de 50%
NO ₂ sur 30 minutes	Usager	1323 µg.m ⁻³	Correspondant à un excès d'exposition quotidien de 100%

Remarques préliminaires :

Les comparaisons effectuées dans ce paragraphe doivent être interprétées avec précaution, compte tenu des variations spatio-temporelles des concentrations.

>> En effet, la variabilité des concentrations au sein d'un même niveau de stationnement est réelle et n'a pas été documentée lors de cette première partie de l'étude. La variabilité entre différents niveaux d'un même parc existe également, elle a été appréhendée par 2 points de mesure : le niveau le plus circulant et le niveau le plus bas dans les parcs souterrains (le plus haut dans les parcs aériens). Les maxima de

concentrations ne sont peut-être pas appréhendés, le niveau le plus circulant étant souvent le niveau -1, c'est-à-dire le plus proche des bouches d'entrée et sortie. Selon le rapport de l'AFSSET, les niveaux situés en dessous du 1^{er} niveau présentent des concentrations plus élevées.

>> Les données recueillies pour le NO₂ ne sont pas strictement comparables à la valeur cible correspondant à une exposition aiguë, puisqu'il s'agit de moyennes sur 1 semaine. Néanmoins, les concentrations supérieures en moyenne sur une semaine à la valeur cible sur 1 heure indiquent que cette valeur est dépassée une grande partie du temps.

>> Pour la population de travailleur, la valeur cible se rapporte à une valeur sur 8 heures quotidienne. S'agissant d'une exposition chronique, les moyennes des 4 campagnes peuvent être comparées à ces valeurs.

Compte tenu des variations des polluants au cours de la journée, et notamment le NO₂, il est probable que ces moyennes sous-estiment une exposition quotidienne de 8 heures (en considérant 8 heures de la journée où les concentrations sont plus élevées que la nuit), la Figure 22 présente un exemple d'évolution des concentrations de NO₂ dans un parc très fréquenté. Cette sous-estimation est a priori moins importante pour le benzène, dont les concentrations sont moins liées à la fréquentation.

>> La comparaison pour le NO₂ est plus délicate pour les scénarios usager qui se rapportent à une durée de 30 minutes.

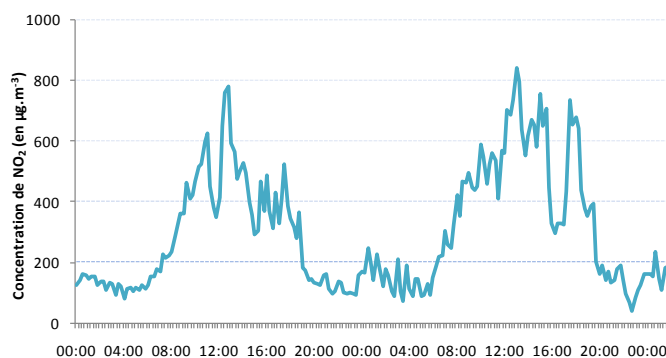


Figure 22 Exemple d'évolution des concentrations de NO₂ sur 2 jours dans un parc très fréquenté

3.3.1. Dans les niveaux de circulation

La Figure 23 présente les pourcentages de dépassement pour le NO₂ et le benzène des valeurs cibles chroniques dans les niveaux de circulation par type de parc. L'annexe 4 présente le détail par site.

Note pour la figure 23 :

VC 10% usager >> Valeur cible entraînant un excès d'exposition journalier de 10% pour l'usager

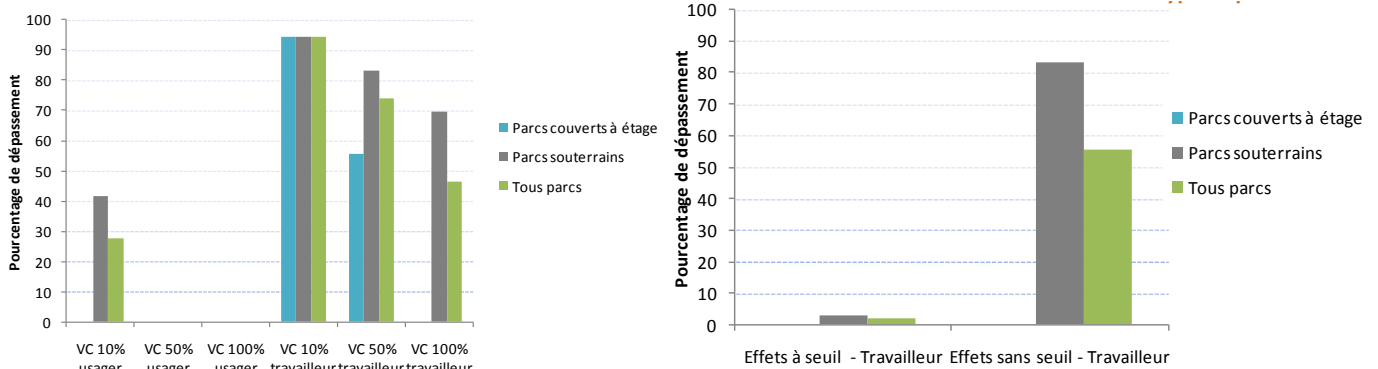


Figure 23 Pourcentage de dépassement des valeurs cibles pour une exposition chronique pour le NO₂ (à gauche) et le benzène (à droite)

>> Pour l'utilisateur, seule la valeur cible correspondant à un excès d'exposition de 10% pour le NO₂ est dépassée. 40% des sites situés dans les parcs souterrains sont concernés.

>> Pour le travailleur, 70% des sites en parcs souterrains dépassent la valeur cible correspondant à un excès d'exposition de 100% pour le NO₂, environ 80% des sites dépassent la valeur cible pour les effets sans seuil du benzène pour le travailleur. 1 seul site dépasse la valeur cible pour les effets à seuil.

Il faut noter également que 9 points de mesure dépassent en moyenne sur les 4 campagnes la valeur cible d'exposition aiguë pour le NO₂ de 200 µg.m⁻³ à ne pas dépasser sur 1 heure.

3.3.2. Dans les locaux d'exploitation

La Figure 24 présente les pourcentages de dépassement pour le NO₂ et le benzène des valeurs cibles chroniques dans les locaux d'exploitation par type de parc. L'annexe 4 présente le détail par site.

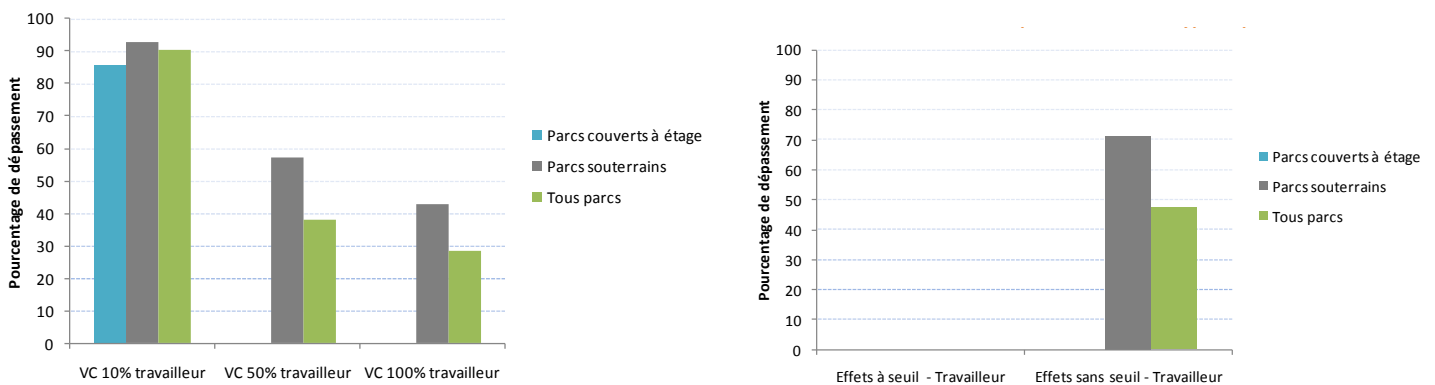


Figure 24 Pourcentage de dépassement des valeurs cibles pour l'exposition chronique dans les locaux d'exploitation pour le NO₂ (à gauche) et pour le benzène (à droite)

>> Pour le NO₂, 40% des locaux d'exploitation situés dans les parcs souterrains dépassent la valeur cible correspondant à un excès d'exposition de 100% pour le travailleur.

>> Pour le benzène, seuls les locaux situés dans les parcs souterrains dépassent la valeur cible pour les effets sans seuil, 70% des ces locaux sont concernés.

3.3.3. Cas du monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) a été mesuré grâce à des capteurs individuels, les données recueillies sur un pas de temps de 5 minutes peuvent être comparées aux différentes valeurs cibles.

Le Tableau 2 synthétise les résultats.

Moyenne sur 15 minutes	La valeur cible n'est dépassée que très ponctuellement sur quelques parcs, elle peut être liée à une activité particulière sans que celle-ci ait pu être toujours identifiée.
Moyenne sur 30 minutes	La valeur cible n'est dépassée que très ponctuellement sur quelques parcs, le dépassement de cette valeur est souvent liée à un pic inférieur à 30 minutes qui entraîne une moyenne supérieure à la valeur à ne pas dépasser sur 30 minutes.
Moyenne sur 1 heure	La valeur cible est dépassée ponctuellement sur quelques parcs, il s'agit parfois d'un pic sur une durée bien inférieure à 1 h, et quelquefois de valeurs plus homogènes et supérieures à la valeur durant 1 heure consécutive. Sur une semaine de mesures, cette situation est observée 1 à 2 fois sur quelques parcs.
Moyenne sur 8 heures	La valeur cible sur 8 heures en revanche est la valeur cible la plus couramment dépassée, elle peut être dépassée sur des parcs qui n'ont dépassé aucune des autres valeurs cibles. Dans tous les parcs souterrains, cette valeur a été dépassée au moins une fois. Dans 4 parcs, les concentrations enregistrées ont dépassé la valeur cible sur 8 heures pendant plus de 50% du temps pendant au moins une campagne.

Tableau 2 Comparaison des concentrations de CO aux valeurs cibles

Conclusions et recommandations

- Débutée en 2008, ce premier volet d'étude d'amélioration des connaissances sur la qualité de l'air des parcs de stationnement couverts avait pour objectif d'obtenir une vision globale d'un ensemble de 25 parcs. Cette étude est tout à fait intéressante par le nombre de parcs sondés simultanément, même si d'autres points restent à documenter, comme la variabilité spatiale à l'intérieur d'un parc, la variabilité des concentrations dans une journée ou l'évaluation d'autres polluants.

La réalisation de 4 campagnes dans l'année a montré que les concentrations observées d'une campagne à l'autre sont assez bien corrélées, même si elles sont variables entre les différentes saisons. Des écarts sont également observés entre les différents parcs, tout particulièrement pour le benzène, dont les niveaux sont beaucoup plus importants dans les parcs souterrains. Compte tenu de leur caractère confiné et de leur activité, les concentrations moyennes dans les parcs de stationnement couverts sont supérieures à celles mesurées par les stations de surveillance de qualité de l'air en bordure de voiries, pour le benzène tout particulièrement. Etant donné les différences observées, les concentrations à l'intérieur du parc sont en majeure partie attribuables à leur fonctionnement.

Le nombre important de données recueillies dans cette étude a permis d'étudier les facteurs d'influence et de mieux comprendre les phénomènes en jeu dans le milieu spécifique du parc de stationnement couvert. Les concentrations de NO₂ dans les parcs souterrains sont en grande partie expliquées par la fréquentation du parc, même si des variations peuvent apparaître en lien avec la température et les apports d'ozone par l'extérieur, ainsi que les différents systèmes de ventilation. Les concentrations de benzène semblent surtout influencées par le phénomène d'évaporation depuis les véhicules en stationnement, elles sont en effet nettement corrélées à la température d'une campagne à l'autre. Le benzène, composé très stable, a tendance à s'accumuler dans les parcs peu fréquentés ou encore dans les niveaux les plus bas des parcs fréquentés, où la ventilation asservie sur le CO fonctionne beaucoup moins souvent. Ces deux points soulignent qu'une gestion de la qualité de l'air fondée uniquement sur les pics de fréquentation est insuffisante pour une gestion complète où des phénomènes d'évaporation des carburants depuis les véhicules en stationnement et des réactions chimiques depuis les polluants primaires interviennent.

L'étude des concentrations dans les locaux d'exploitation a mis en évidence des concentrations inférieures de manière générale aux concentrations observées dans les niveaux de circulation. L'abattement constaté est supérieur pour le NO₂ par rapport à celui du benzène où une homogénéisation des niveaux est constatée sur certains parcs. Malgré l'abattement, ces niveaux restent élevés en comparaison des niveaux relevés à l'extérieur.

Afin de mieux situer ces niveaux dans leur contexte spécifique, celui des parcs de stationnement, une comparaison aux valeurs cibles préconisées par l'AFSSET en 2007 a été effectuée. Les valeurs cibles ne sont pas réglementaires, il s'agit de niveaux de concentration à ne pas dépasser pour limiter le risque.

Une seule valeur cible pour l'usager est dépassée dans certains parcs souterrains, il s'agit d'un excès d'exposition pour le NO₂. En revanche, de nombreux points de mesure dans les niveaux de circulation et les locaux d'exploitation dépassent les différentes valeurs cibles pour le travailleur proposées par l'AFSSET.

- Suite à ce premier état des lieux sur 25 parcs, COPARLY et Lyon Parc Auto vont continuer leur collaboration, d'une part pour approfondir les connaissances sur un parking témoin, le parking République, et d'autre part pour améliorer la qualité de l'air dans l'ensemble des parcs.

Compte tenu des éléments obtenus dans ce premier volet, afin d'améliorer la qualité de l'air dans les parcs de stationnement, et tendre progressivement vers les valeurs cibles, différentes pistes peuvent être étudiées :

- **Supprimer les pics liés à des causes et/ou des évènements connus dans les niveaux de circulation et dans les locaux d'exploitation.** Par exemple, sur le parking des Terreaux, où les concentrations dans le local d'exploitation étaient élevées aux 3 premières campagnes, le changement du filtre de ventilation a permis d'abaisser nettement les concentrations.
- **Définir des solutions techniques pour réduire les niveaux observés en fonctionnement normal**
 - ✓ Agir sur les valeurs les plus élevées, généralement liées à la fréquentation en modifiant la gestion de la ventilation selon des modalités à définir.
 - ✓ Agir sur la pollution « résiduelle », par exemple le benzène dans les parcs à faible fréquentation en mettant en place par exemple une ventilation minimale avec une fréquence à déterminer.

ANNEXE 1 Résultats détaillés

>> Statistiques récapitulatives (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)

			C1	C2	C3	C4	Moyenne
NO2	Tous sites confondus	Moyenne	100	90	108	133	108
		Max	310	265	444	407	329
	Niveaux de circulation	Moyenne	112	98	120	153	121
		Max	310	265	444	407	329
	Locaux d'exploitation	Moyenne	69	70	78	83	75
		Max	147	171	169	197	154
Benzène	Tous sites confondus	Moyenne		9,4	12,1	16,2	12,6
		Max		44,3	47,4	62,6	45,4
	Niveaux de circulation	Moyenne		10,0	13,0	17,3	13,5
		Max		44,3	47,4	62,6	45,4
	Locaux d'exploitation	Moyenne		8,0	10,0	13,3	10,4
		Max		20,9	28,7	44,1	29,5

>> Dans les locaux d'exploitation

Code site	Nom site	Type	Concentration de NO ₂ (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)					Concentration de benzène (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)			
			C1	C2	C3	C4	Moyenne	C2	C3	C4	Moyenne
08_Park-Lyon_01_A	Gpdieu_Personnel	S	101	171	146	197	154	15,3	11,9	20,3	15,9
08_Park-Lyon_03_A	F_Ours_Personnel	S	39	50	61	85	59	11,2	9,1	24,1	14,8
08_Park-Lyon_04_A	Poncet_Personnel	S	109	100	129	146	121	9,4	11,4	12,4	11,0
08_Park-Lyon_05_A	Célestins_Personnel	S	116	115	123	133	122	15,1	16,4	19,8	17,1
08_Park-Lyon_06_A	Perrache_Personnel	A	56	56	49	42	51	1,2	1,6	0,5	1,1
08_Park-Lyon_08_A	PDieu_CC_Personnel	S	44	46	43	53	47	2,5	0,9	2,3	1,9
08_Park-Lyon_09_A	HVilleurbanne_Personnel	S	37	38	46	62	46	6,3	11,2	19,5	12,3
08_Park-Lyon_10_A	BServient_Personnel	S	55	65	63	85	67	4,3	5,1	9,5	6,3
08_Park-Lyon_11_A	Halles_personnel	A	38	43	33	31	36	1,6	0,9	1,0	1,2
08_Park-Lyon_12_A	Cordeliers_Personnel	A	65	61	56	56	59	2,8	2,0	1,9	2,2
08_Park-Lyon_14_A	République_Personnel	S	102	99	123	111	109	12,8	15,6	17,4	15,3
08_Park-Lyon_15_A	Hotel_de_Ville_Personnel	S	147	62	109	104	106	3,7	6,1	9,8	6,5
08_Park-Lyon_16_A	Terreaux_Personnel	S	122	114	169	83	122	20,9	28,7	6,8	18,8
08_Park-Lyon_17_A	X_Rousse_Personnel	S	74	73	90	108	86	16,5	27,7	44,1	29,5
08_Park-Lyon_18_A	Gros_Caillou_Personnel	S	44	60	63	75	61	12,9	20,2	30,6	21,3
08_Park-Lyon_19_A	St_Exupery_Personnel	S	32	38	36	23	32	1,6	2,4	0,7	1,6
08_Park-Lyon_20_A	PO_Cité_Int_Personnel	A	46	59	61	56	55	6,7	6,1	7,8	6,9
08_Park-Lyon_21_A	P2_Cité_Int_Personnel	A	41	41	38	38	39	2,9	1,9	3,7	2,8
08_Park-Lyon_23_A	St Antoine_personnel	A	32	30	35	38	34	1,2	5,0	1,5	2,6
08_Park-Lyon_24_A	St Georges_personnel	S	96	98	110	154	115	14,1	23,2	42,6	26,6
08_Park-Lyon_25_A	St Jean_personnel	A	61	55	60	70	62	3,9	2,6	3,3	3,3

Légende NO₂

	> 35	Valeur cible chronique entraînant un surcroît d'exposition de 10% pour le travailleur
	>68	Valeur cible chronique entraînant un surcroît d'exposition de 50% pour le travailleur
	>108	Valeur cible chronique entraînant un surcroît d'exposition de 100% pour le travailleur
	>157	Valeur cible chronique entraînant un surcroît d'exposition de 10% pour l'utilisateur

Légende benzène

	> 11	Valeur cible chronique pour les effets sans seuil pour le travailleur
	>41	Valeur cible chronique pour les effets à seuil pour le travailleur

>> Dans les niveaux de circulation :

Code_site	Nom site	TYPE	Concentration de NO ₂ (en µg.m ⁻³)					Concentration de benzène (en µg.m ⁻³)				
			C1	C2	C3	C4	Moyenne	C2	C3	C4	Moyenne	
08_Park-Lyon_01_B	Gpdieu_circulant	S	252	245	248	360	276	20,4		28,0	24,2	
08_Park-Lyon_01_C	Gpdieu_bas	S	191	200	191	269	213	14,3	17,4	30,2	20,7	
08_Park-Lyon_02_E	Villette_Caisse	A	70	65	60	82	69	2,2	1,8	2,2	2,1	
08_Park-Lyon_02_B	Villette_Circulant	A	64	63	50	78	64	2,0	1,2	1,6	1,6	
08_Park-Lyon_02_D	Villette_dernier_etage	A	55	44	32	49	45	1,1	0,6	0,7	0,8	
08_Park-Lyon_03_B	F_Ours_circulant	S	96	88	112	212	127	12,5	16,2	32,2	20,3	
08_Park-Lyon_03_C	F_Ours_bas	S	73	64	80	114	83	6,7	12,5	17,4	12,2	
08_Park-Lyon_04_B	Poncet_circulant	S	249	194	233	267	236	18,0	24,1	33,8	25,3	
08_Park-Lyon_04_C	Poncet_bas	S	213	173	219	312	230	21,6	33,8	38,5	31,3	
08_Park-Lyon_05_B	Célestins_circulant	S	180	153	166	182	170	18,1	21,7	19,3	19,7	
08_Park-Lyon_05_C	Célestins_bas	S	147	146	158	205	164	19,6	25,6	27,3	24,2	
08_Park-Lyon_06_B	Perrache_circulant	A	90	85	74	96	86	2,2	1,5	1,8	1,8	
08_Park-Lyon_06_D	Perrache_haut	A	92	80	75	97	86	2,3	0,6	1,9	1,6	
08_Park-Lyon_07_E	Berthelot_caisse	A	46	43	39	43	43	1,3	1,2	1,7	1,4	
08_Park-Lyon_07_B	Berthelot_circulant	A	63	56	52	76	62	1,7	1,7	2,1	1,8	
08_Park-Lyon_07_D	Berthelot_haut	A	60	50	43	52	51	1,5	1,3	1,7	1,5	
08_Park-Lyon_08_B	PDieu_CC_circulant	A	79	77	68	80	76	2,8	2,1	0,7	1,9	
08_Park-Lyon_08_C	PDieu_CC_bas	A	92	70	49	114	81	2,7	0,6	3,0	2,1	
08_Park-Lyon_09_B	HVilleurbanne_circulant	S	49	42	58	106	64	12,6	26,7	40,7	26,6	
08_Park-Lyon_09_C	HVilleurbanne_bas	S	30	34	26	43	33	11,1	9,5	21,0	13,9	
08_Park-Lyon_10_B	BServient_circulant	S	100	95	104	175	119	8,9	13,1	21,4	14,4	
08_Park-Lyon_10_C	BServient_bas	S	59	67	71	80	69	2,9	6,3	9,0	6,1	
08_Park-Lyon_11_B	Halles_circulant	A	54	44	28	34	40	1,2	0,4	0,6	0,8	
08_Park-Lyon_11_C	Halles_bas	A	48	38	28	24	34	0,9	0,6	0,3	0,6	
08_Park-Lyon_12_B	Cordeliers_circulant	A	99	83	80	105	92	5,4	3,9	3,7	4,3	
08_Park-Lyon_12_D	Cordeliers_dernier_étage	A	106	65	53	51	69	2,8	1,6	1,0	1,8	
08_Park-Lyon_13_E	Grolée_caisse	S	141	127	211	390	217	9,7	17,5	22,1	16,4	
08_Park-Lyon_13_B	Grolée_circulant	S	147	123	205	374	212	10,3	20,7	30,6	20,5	
08_Park-Lyon_13_C	Grolée_bas	S	87	93	164	305	162	6,5	14,2	29,2	16,7	
08_Park-Lyon_14_B	République_circulant	S	197	148	180	238	191	13,0	14,2	20,6	15,9	
08_Park-Lyon_14_C	République_bas	S	157	161	158	255	183	16,6	14,0	31,2	20,6	
08_Park-Lyon_15_B	Hotel_de_Ville_circulant	S	212	194	348	309	266	17,9	30,8	26,6	25,1	
08_Park-Lyon_15_C	Hotel_de_Ville_bas	S	243	223	444	407	329	22,2	42,3	33,8	32,8	
08_Park-Lyon_16_B	Terreaux_circulant	S	310	265	408	315	325	44,3	47,4	44,5	45,4	
08_Park-Lyon_16_C	Terreaux_bas	S	115	104	168	140	132	15,0	29,8	30,1	25,0	
08_Park-Lyon_17_B	X_Rousse_circulant	S	135	119	144	180	145	22,8	34,6	37,0	31,5	
08_Park-Lyon_17_D	X_Rousse_bas	S	72	70	89	111	85	10,6	16,2	27,5	18,1	
08_Park-Lyon_18_B	Gros_Caillou_circulant	S	129	93	126	193	135	20,8	38,5	62,6	40,6	
08_Park-Lyon_18_C	Gros_Caillou_bas	S	82	77	87	99	86	16,0	28,9	51,1	32,0	
08_Park-Lyon_19_B	St_Exupery_circulant	S	70	68	80	108	81	3,1	4,5	3,2	3,6	
08_Park-Lyon_19_D	St_Exupery_bas	S	25	25	17	17	21	0,7	1,1	0,7	0,8	
08_Park-Lyon_20_B	PO_Cité_Int_circulant	S	119	110	142	181	138	9,2	13,6	12,1	11,6	

08_Park-Lyon_20_D	P0_Cité_Int_bas	S	52	61	55	49	54	4,8	3,6	5,5	4,6
08_Park-Lyon_21_B	P2_Cité_Int_circulant	S	121	95	103	154	118	8,2	6,6	12,5	9,1
08_Park-Lyon_21_C	P2_Cité_Int_bas	S	47	46	40	77	52	1,5	0,9	3,0	1,8
08_Park-Lyon_22_B	Bourse_1er_niveau	S	125	116	116	125	120	16,5	10,8	10,0	12,4
08_Park-Lyon_22_C	Bourse_bas	S	104	103	114	122	111	22,9	15,1	13,2	17,1
08_Park-Lyon_22_D	Bourse_intermédiaire	S	165	137	135	137	144	14,7	20,3	14,9	16,6
08_Park-Lyon_23_B	St Antoine_circulant	A	96	64	93	134	97	3,8	2,6	7,4	4,6
08_Park-Lyon_23_C	St Antoine_bas	A	84	45	65	104	74	1,7	1,0	3,9	2,2
08_Park-Lyon_24_B	St Georges_circulant	S	143	121	148	221	158	15,1	21,6	31,8	22,8
08_Park-Lyon_24_D	St Georges_bas	S	40	54	42	50	47	8,0	6,8	23,2	12,7
08_Park-Lyon_25_B	St Jean_circulant	A	79	65	129	92	91	3,4	3,6	3,0	3,3
08_Park-Lyon_25_C	St Jean_bas	A	65	43	53	45	52	1,3	1,5	0,9	1,2

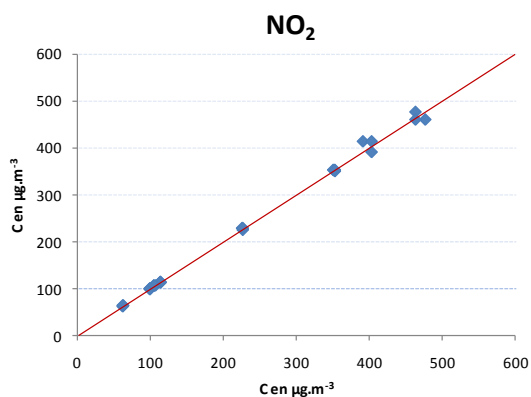
Note : Les parcs Saint Jean et Saint Antoine ont été classés dans les parcs couverts à étage, puisqu'ils sont ouverts sur un côté.

Annexe 2 Eléments incertitude

>> Mise en place de triplets

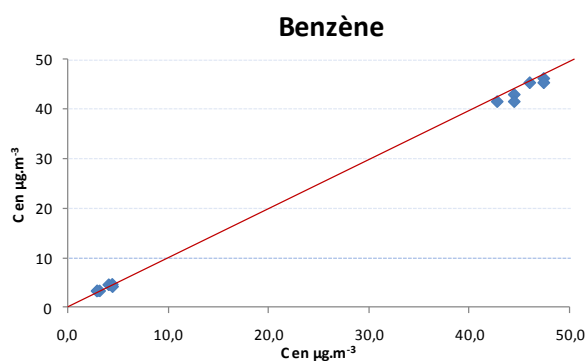
Pour le NO₂

	En %
Ecart maximum entre deux tubes situés au même point	5,5
Ecart moyen entre deux tubes situés au même point	1,7



Pour le benzène

	En %
Ecart maximum entre deux tubes situés au même point	9,8
Ecart moyen entre deux tubes situés au même point	5,0



>> Comparaison avec un analyseur automatique

Concentration de NO ₂ (en µg.m ⁻³ à 20°C)		
Tube passif	Analyseur (méthode de référence)	Ecart en %
203	203	0,1
234	205	14,2
220	216	1,9
193	184	4,7

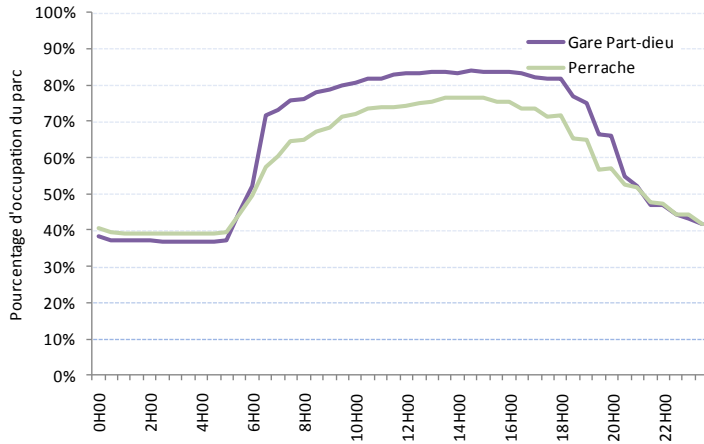
Ces données complémentaires ont été recueillies dans le cadre de l'étude d'un parking témoin (équipé de moyens de mesures automatiques).

>> **La mesure par tube passif a tendance à surestimer les concentrations de NO₂.**

Annexe 3

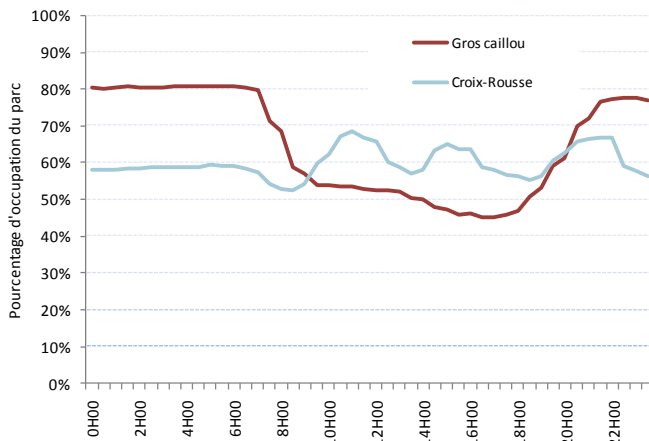
Différents profils d'occupation des parcs de stationnement

Les parcs de gare :



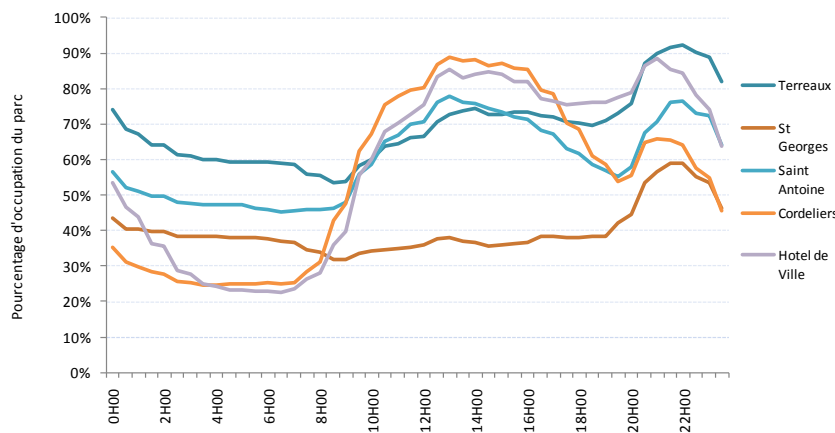
>> Une forte activité en journée, et notamment matin et soir.

Les parcs résidentiels :



>> Pour le parc Gros Caillou, de nombreux stationnements la nuit.

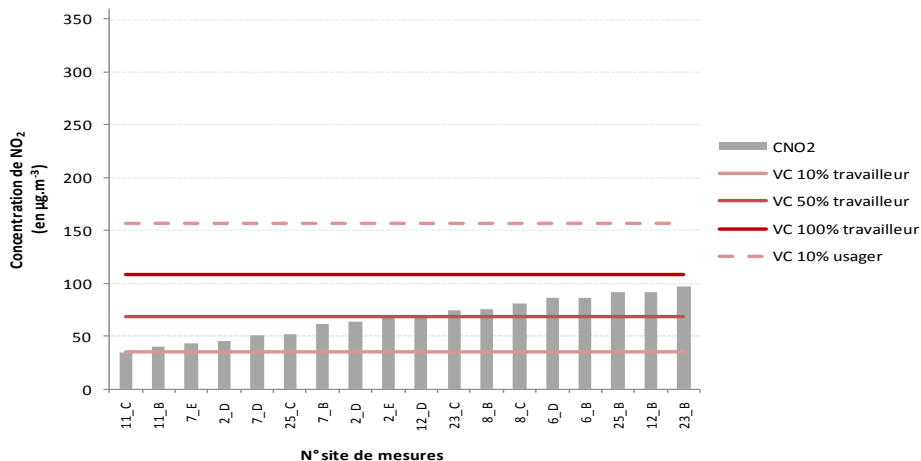
Les parcs du centre-ville :



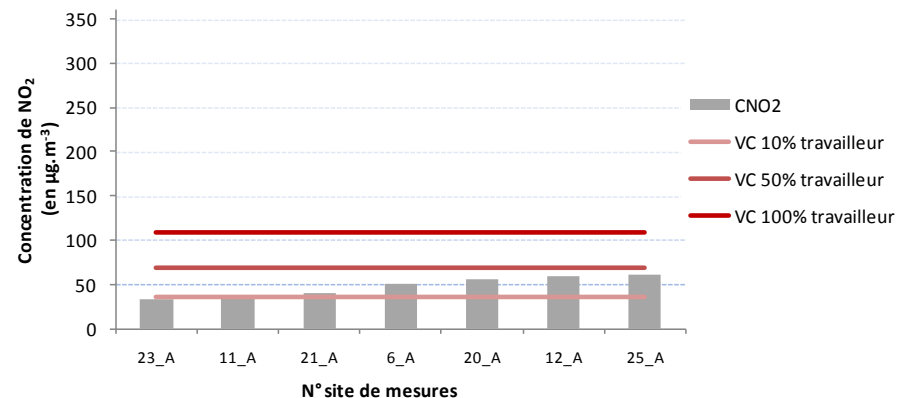
>> Une occupation proche des limites de capacité, notamment en soirée.

Annexe 4 Comparaison aux valeurs cibles

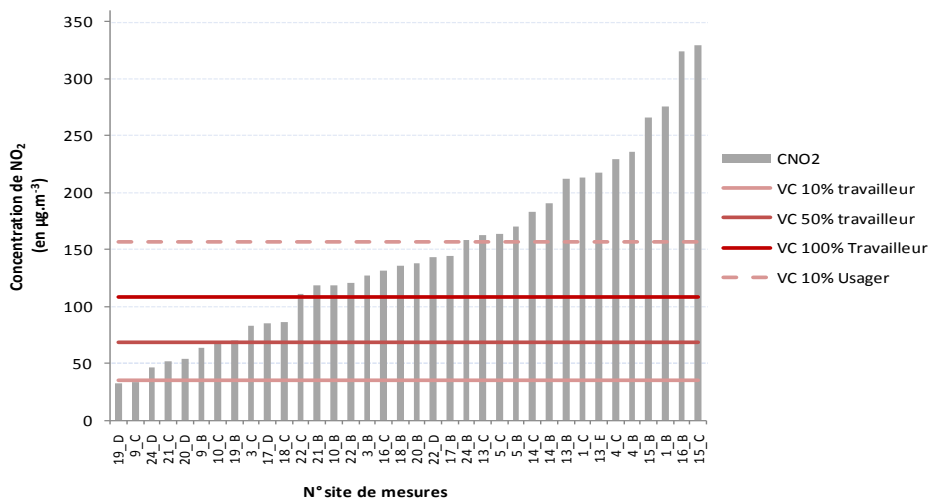
Comparaison des concentrations moyennes de NO₂ aux valeurs cibles dans les niveaux de circulation des parcs couverts à étage



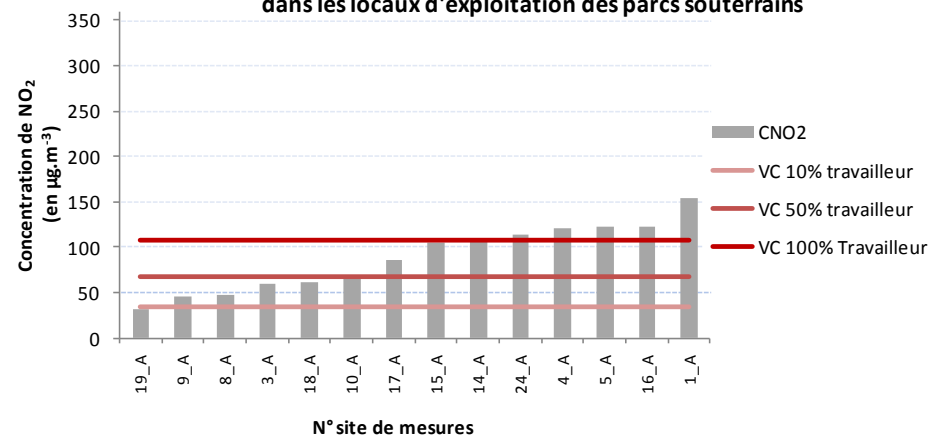
Comparaison des concentrations moyennes de NO₂ aux valeurs cibles dans les locaux d'exploitation des parcs couverts à étage



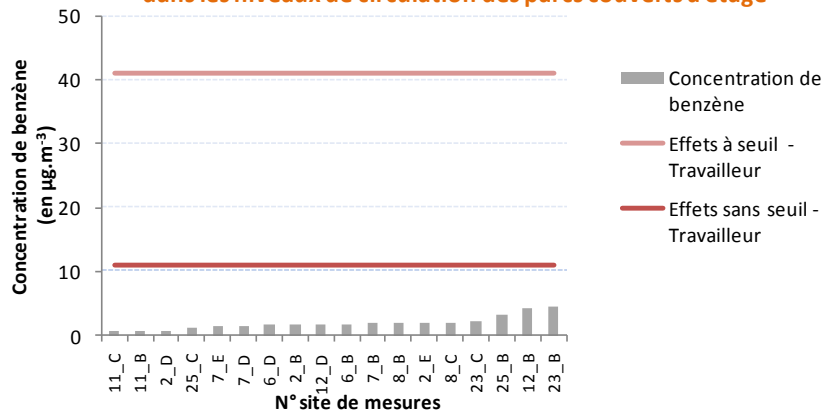
Comparaison des concentrations moyennes de NO₂ aux valeurs cibles dans les niveaux de circulation des parcs souterrains



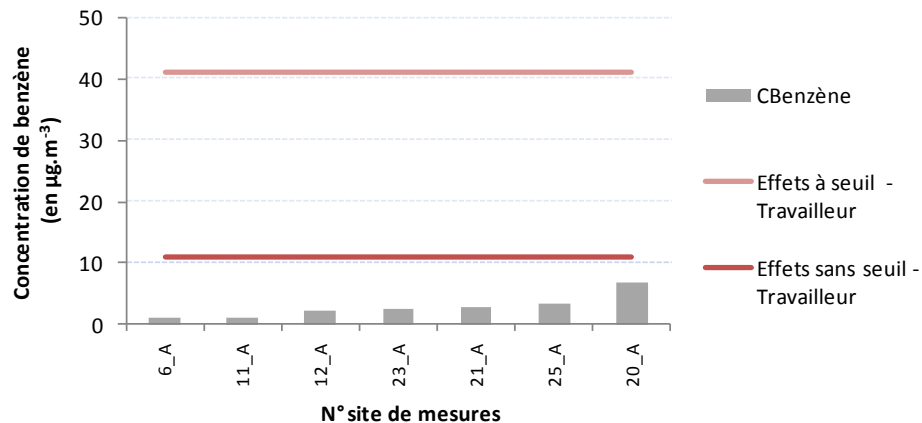
Comparaison des concentrations moyennes de NO₂ aux valeurs cibles dans les locaux d'exploitation des parcs souterrains



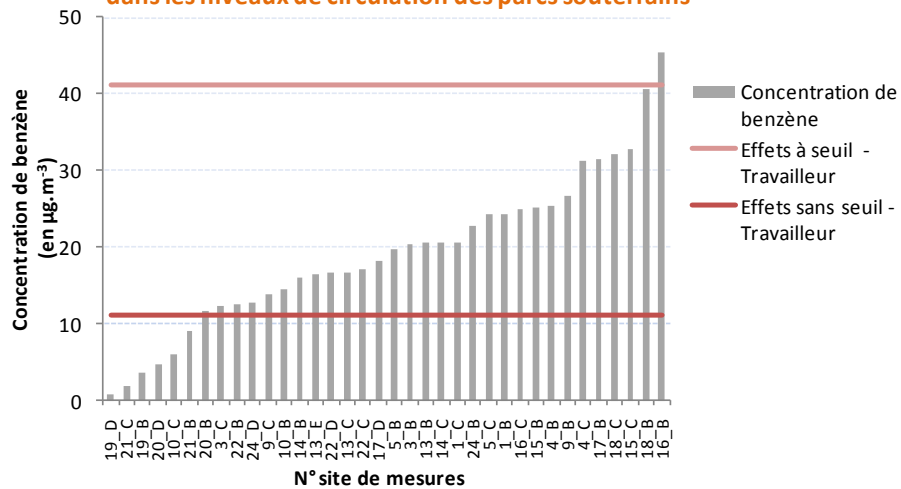
Comparaison des concentrations moyennes de benzène aux valeurs cibles dans les niveaux de circulation des parcs couverts à étage



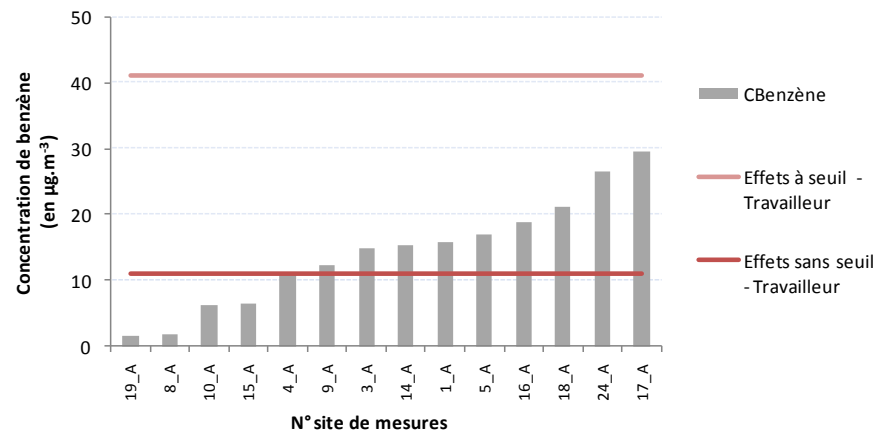
Comparaison des concentrations moyennes de benzène aux valeurs cibles dans les locaux d'exploitation des parcs couverts à étage



Comparaison des concentrations moyennes de benzène aux valeurs cibles dans les niveaux de circulation des parcs souterrains



Comparaison des concentrations moyennes de benzène aux valeurs cibles dans les locaux d'exploitation des parcs souterrains



ANNEXE 5

Résultats pour le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes

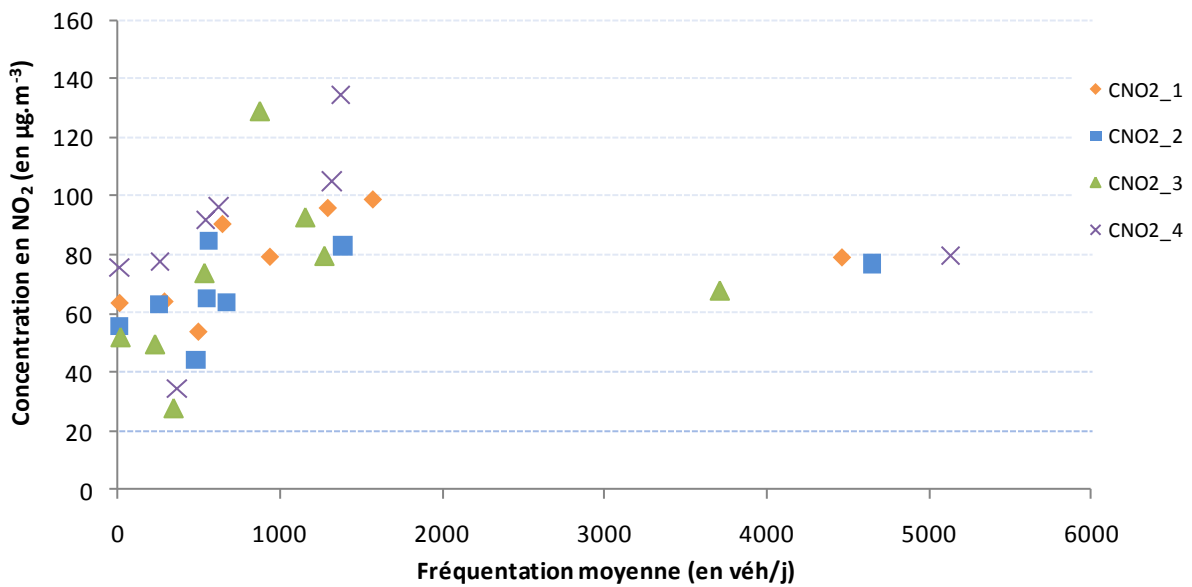
Code site	Nom site	TYPE	Lieu	Toluène (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)			Ethylbenzène (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)			m+p-xylènes (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)			o-xylène (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)		
				C2	C3	C4	C2	C3	C4	C2	C3	C4	C2	C3	C4
01_B	Gpdieu_circulant	S	NIVEAU	87,8		159,8	21,5		32,2	70,9		113,1	26,5		40,3
01_C	Gpdieu_bas	S	NIVEAU	52,1	82,9	166,6	13,3	20,0	36,9	43,1	69,3	125,8	16,3	25,2	43,8
02_E	Villette_Caisse	A	NIVEAU	6,6	7,9	8,7	2,2	2,2	2,1	6,7	7,5	6,9	2,2	2,5	2,5
02_B	Villette_Circulant	A	NIVEAU	6,3	5,1	8,5	1,5	1,1	1,7	5,0	4,0	6,0	1,8	1,5	2,1
02_D	Villette_dernier_etage	A	NIVEAU	2,6	2,3	3,9	0,6	0,4	0,7	1,8	1,5	2,5	0,7	0,6	0,9
03_B	F_Ours_circulant	S	NIVEAU	60,4	98,2	182,8	15,4	23,2	43,5	49,4	80,2	145,4	17,5	28,2	48,7
03_C	F_Ours_bas	S	NIVEAU	26,5	77,4	89,2	7,1	21,6	24,5	22,0	74,9	78,8	8,0	28,4	25,6
04_B	Poncet_circulant	S	NIVEAU	94,6	149,0	216,3	22,8	32,7	45,3	75,3	112,7	155,1	27,9	41,2	55,6
04_C	Poncet_bas	S	NIVEAU	114,9	210,0	241,5	27,0	44,7	49,4	90,1	155,1	169,8	33,1	54,8	59,7
05_B	Célestins_circulant	S	NIVEAU	82,6	128,9	122,0	20,6	28,3	24,9	65,9	97,1	85,1	24,3	35,9	30,4
05_C	Célestins_bas	S	NIVEAU	85,1	156,9	165,2	20,9	35,3	34,4	67,3	121,1	118,6	24,8	44,2	42,3
06_B	Perrache_circulant	A	NIVEAU	6,9	6,4	8,9	1,7	1,4	1,9	5,3	5,0	6,4	2,0	1,9	2,3
06_D	Perrache_haut	A	NIVEAU	7,0	5,2	9,7	1,8	1,7	1,9	5,6	6,3	6,6	2,1	2,2	2,4
07_E	Berthelot_caisse	A	NIVEAU	3,7	5,7	12,7	1,0	1,3	2,6	3,0	4,5	9,5	1,0	1,6	3,5
07_B	Berthelot_circulant	A	NIVEAU	5,7	8,6	12,5	1,4	1,9	2,5	4,5	6,7	8,4	1,7	2,5	3,1
07_D	Berthelot_haut	A	NIVEAU	4,7	6,7	11,8	1,1	1,4	2,2	3,4	5,1	7,9	1,2	1,8	2,7
08_B	PDieu_CC_circulant	A	NIVEAU	12,5	11,1	3,1	2,9	2,5	0,7	9,1	8,8	2,4	3,4	3,2	0,9
08_C	PDieu_CC_bas	A	NIVEAU	10,9	2,3	15,5	2,5	0,5	3,6	7,9	1,6	12,3	2,9	0,7	4,3
09_B	HVilleurbanne_circulant	S	NIVEAU	74,7	169,2	264,0	18,2	38,5	56,9	58,9	129,7	191,7	21,3	45,1	65,3
09_C	HVilleurbanne_bas	S	NIVEAU	64,7	54,4	120,3	15,6	15,3	34,4	50,7	51,2	112,5	18,3	17,5	36,6
10_B	BServient_circulant	S	NIVEAU	39,7	76,8	123,0	10,2	17,5	24,9	32,6	59,9	86,3	12,0	21,1	30,1
10_C	BServient_bas	S	NIVEAU	10,6	36,2	53,4	2,7	8,5	11,8	8,3	28,7	39,4	3,0	10,3	13,8
11_B	Halles_circulant	A	NIVEAU	3,0	1,8	3,7	0,7	0,3	0,7	2,1	1,1	2,4	0,8	0,4	0,9
11_C	Halles_bas	A	NIVEAU	2,0	2,8	1,7	0,5	0,5	0,3	1,1	1,9	1,0	0,5	0,8	0,4
12_B	Cordeliers_circulant	A	NIVEAU	16,6	14,6	13,8	4,4	3,3	3,1	13,9	11,5	10,3	5,4	4,5	3,9
12_D	Cordeliers_dernier_étage	A	NIVEAU	9,0	8,1	4,9	2,4	1,7	1,2	7,6	6,2	4,2	2,9	2,3	1,5
13_E	Grolée_caisse	S	NIVEAU	47,7	91,7	109,5	11,3	21,1	25,7	36,7	72,5	84,9	13,5	26,9	29,9
13_B	Grolée_circulant	S	NIVEAU	59,0	123,7	174,2	14,2	27,5	39,3	46,1	94,2	130,7	16,9	34,1	44,6
13_C	Grolée_bas	S	NIVEAU	26,1	72,8	158,7	7,0	17,9	40,4	22,2	60,3	132,3	8,0	21,2	43,4
14_B	République_circulant	S	NIVEAU	55,4	84,6	134,1	13,6	18,5	31,6	43,4	63,7	108,4	16,0	23,5	39,2
14_C	République_bas	S	NIVEAU	69,6	78,3	192,8	17,0	17,2	43,0	54,8	60,1	146,9	20,3	21,4	50,9
15_B	Hotel_de_Ville_circulant	S	NIVEAU	77,9	161,3	150,4	18,7	34,4	30,3	60,7	120,9	105,8	22,7	45,4	38,1
15_C	Hotel_de_Ville_bas	S	NIVEAU	98,6	258,3	196,0	23,2	57,9	40,0	75,1	203,5	135,7	28,0	76,1	48,5
16_B	Terreaux_circulant	S	NIVEAU	222,2	305,5	276,9	52,2	65,4	54,1	169,2	228,6	184,8	62,1	83,4	66,0
16_C	Terreaux_bas	S	NIVEAU	77,4	185,9	187,3	19,3	40,3	37,1	61,9	138,7	127,7	22,7	50,9	44,5
17_B	X_Rousse_circulant	S	NIVEAU	128,2	233,2	274,0	31,8	50,4	54,2	102,7	174,6	183,5	37,0	63,2	63,8
17_D	X_Rousse_bas	S	NIVEAU	54,6	105,7	205,1	13,1	23,5	45,7	42,3	80,7	137,1	15,2	29,1	48,0
18_B	Gros_Caillou_circulant	S	NIVEAU	124,4	270,2	424,5	32,5	64,1	92,4	104,6	220,6	317,6	38,0	76,7	107,9
18_C	Gros_Caillou_bas	S	NIVEAU	97,1	193,2	357,0	25,8	46,9	87,5	82,5	159,0	293,2	29,6	54,1	95,5
19_B	St_Exupery_circulant	S	NIVEAU	15,8	26,7	20,6	4,5	7,4	6,4	14,4	25,2	21,4	5,1	7,7	5,9
19_D	St_Exupery_bas	S	NIVEAU	1,6	5,9	5,5	0,9	7,8	17,2	2,5	21,8	47,4	0,6	3,8	7,3
20_B	PO_Cité_Int_circulant	S	NIVEAU	40,6	84,3	67,6	12,0	27,3	25,3	38,6	92,8	85,6	13,3	30,8	26,4

20_D	P0_Cité_Int_bas	S	NIVEAU	16,1	15,6	26,4	6,5	11,8	32,7	20,5	37,3	100,4	6,3	9,0	20,4
21_B	P2_Cité_Int_circulant	S	NIVEAU	36,3	35,8	71,0	8,3	7,7	15,7	27,5	26,9	52,3	10,0	9,7	17,5
21_C	P2_Cité_Int_bas	S	NIVEAU	4,1	4,2	14,9	1,6	2,3	9,4	4,9	6,8	26,7	1,4	1,5	5,4
22_B	Bourse_1er_niveau	S	NIVEAU	97,5	64,2	58,6	26,2	19,1	16,8	83,3	65,4	56,9	29,7	22,0	18,2
22_C	Bourse_bas	S	NIVEAU	109,8	93,7	85,4	38,8	36,1	36,4	127,3	122,5	122,0	41,1	37,0	32,9
22_D	Bourse_intermédiaire	S	NIVEAU	70,0	122,7	93,7	28,0	45,2	31,9	90,8	155,1	109,8	27,5	49,4	33,3
23_B	St Antoine_circulant	A	NIVEAU	15,1	13,5	51,3	3,7	3,0	13,1	11,5	10,6	45,1	4,2	3,8	15,2
23_C	St Antoine_bas	A	NIVEAU	5,2	11,6	21,2	1,3	2,8	4,6	4,1	9,3	15,6	1,5	2,0	5,3
24_B	St Georges_circulant	S	NIVEAU	73,6	132,8	193,9	18,3	30,5	41,5	58,1	105,2	141,8	21,1	38,2	50,3
24_D	St Georges_bas	S	NIVEAU	35,0	36,5	144,4	9,4	10,2	36,3	30,4	35,2	125,8	11,0	12,5	43,3
25_B	St Jean_circulant	A	NIVEAU	14,5	18,3	17,3	3,7	4,1	3,9	11,9	14,3	14,0	4,4	5,2	4,7
25_C	St Jean_bas	A	NIVEAU	3,2	8,0	5,3	0,9	1,7	1,2	2,5	6,3	4,5	1,0	2,3	1,5
1_A	Gpdieu_Personnel	S	LOCAL	58,6	62,0	105,8	14,2	13,6	22,0	46,7	48,2	76,2	17,6	18,0	27,3
03_A	F_Ours_Personnel	S	LOCAL	48,7	52,7	130,1	10,3	13,0	31,6	32,4	60,9	104,1	11,7	16,0	35,6
04_A	Poncet_Personnel	S	LOCAL	46,2	67,9	78,4	10,8	14,7	16,1	36,4	51,4	54,8	13,1	18,5	19,6
05_A	Célestins_Personnel	S	LOCAL	62,2	107,8	117,8	15,2	23,5	24,4	48,3	82,0	81,8	17,9	29,8	29,1
06_A	Perrache_Personnel	A	LOCAL	6,7	8,1	4,9	1,4	1,7	1,8	4,8	6,1	6,4	1,9	2,2	2,0
08_A	PDieu_CC_Personnel	S	LOCAL	8,7	4,5	11,7	2,4	1,2	3,4	7,9	4,1	10,2	3,1	2,1	5,7
09_A	HVilleurbanne_Personnel	S	LOCAL	33,9	67,0	118,5	8,2	15,8	26,5	26,3	53,1	88,5	9,7	18,5	30,0
10_A	BServient_Personnel	S	LOCAL	18,5	29,1	53,5	4,8	6,8	11,4	15,2	22,8	38,4	5,6	8,2	13,6
11_A	Halles_personnel	A	LOCAL	6,9	5,9	6,4	1,3	1,1	1,2	3,6	3,7	3,8	1,4	1,4	1,5
12_A	Cordeliers_Personnel	A	LOCAL	9,6	14,4	14,9	2,3	2,0	2,9	6,8	7,8	8,6	2,7	2,7	3,2
14_A	République_Personnel	S	LOCAL	55,3	86,5	125,3	13,5	18,7	26,5	44,0	64,8	89,7	16,6	24,2	33,5
15_A	Hotel_de_Ville_Personnel	S	LOCAL	15,5	31,7	54,6	3,6	6,6	10,7	11,2	22,4	35,3	4,3	8,6	12,9
16_A	Terreaux_Personnel	S	LOCAL	103,2	177,7	43,4	25,1	38,3	8,7	80,1	133,2	28,9	29,3	47,9	10,4
17_A	X_Rousse_Personnel	S	LOCAL	104,5	189,1	314,5	22,1	41,8	61,7	71,5	143,6	210,8	26,0	51,7	73,5
18_A	Gros_Caillou_Personnel	S	LOCAL	59,5	138,6	208,7	18,2	35,3	51,1	59,1	118,6	171,5	19,9	39,8	55,6
19_A	St_Exupery_Personnel	S	LOCAL	6,7	15,5	6,2	2,1	7,6	2,4	6,6	22,8	7,5	2,3	5,6	2,0
20_A	P0_Cité_Int_Personnel	A	LOCAL	27,4	32,4	41,4	17,0	24,9	33,3	50,1	74,9	100,1	11,7	16,3	21,3
21_A	P2_Cité_Int_Personnel	A	LOCAL	11,7	11,0	20,9	3,1	2,3	4,9	9,6	7,8	15,3	3,5	2,8	5,0
23_A	St Antoine_personnel	A	LOCAL	4,7	24,9	11,3	2,1	5,3	5,0	6,3	18,5	15,8	2,0	6,8	3,2
24_A	St Georges_personnel	S	LOCAL	67,0	136,2	253,0	17,4	32,7	57,4	56,2	112,7	196,3	19,9	39,4	66,5
25_A	St Jean_personnel	A	LOCAL	10,7	9,3	11,1	2,5	2,0	2,4	8,2	7,2	8,0	3,1	2,7	2,9

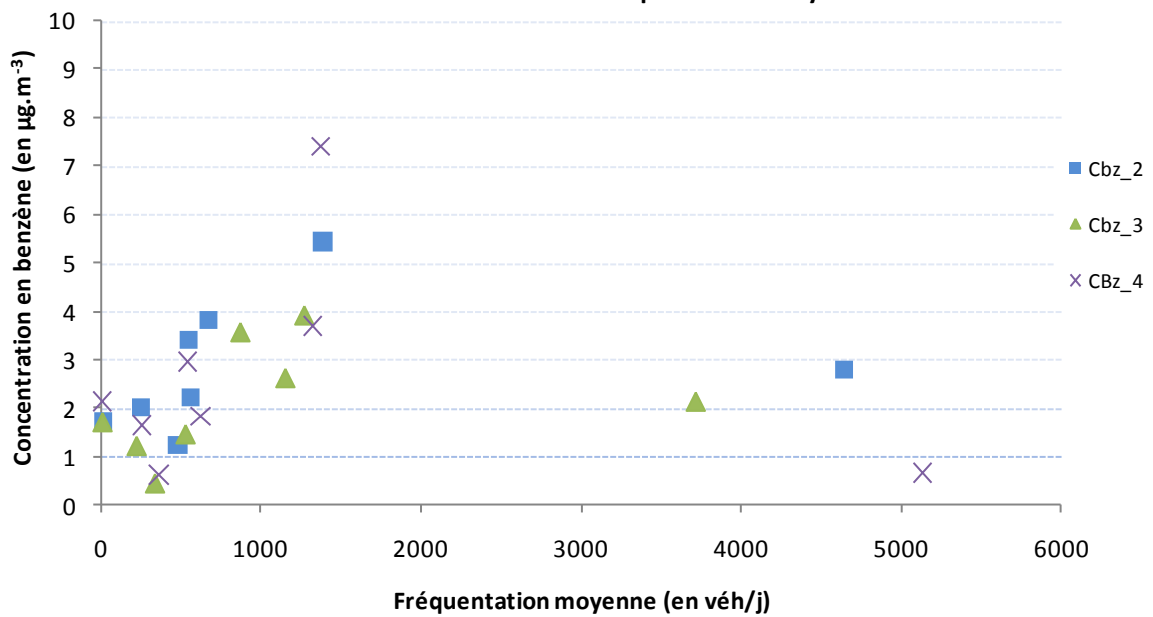
ANNEXE 6

Etude des corrélations des concentrations de polluants avec la fréquentation dans les parcs couverts à étage

Concentration en NO₂ dans les parcs couverts à étage en fonction de la fréquentation moyenne



Concentration en benzène dans les parcs couverts à étage en fonction de la fréquentation moyenne



ANNEXE 7 Codage des sites

Code_site	Nom site	TYPE	Lieu	Nom du parking	Nb de places total	Etage
08_Park-Lyon_01_A	Gpdieu_Personnel	S	LOCAL	Gare Part-Dieu	1700	0
08_Park-Lyon_01_B	Gpdieu_circulant	S	NIVEAU	Gare Part-Dieu	1700	-1
08_Park-Lyon_01_C	Gpdieu_bas	S	NIVEAU	Gare Part-Dieu	1700	-4
08_Park-Lyon_02_E	Villette_Caisse	A	NIVEAU	Villette	720	0
08_Park-Lyon_02_B	Villette_circulant	A	NIVEAU	Villette	720	1
08_Park-Lyon_02_D	Villette_dernier_etage	A	NIVEAU	Villette	720	7
08_Park-Lyon_03_A	F_Ours_Personnel	S	LOCAL	Fosse aux Ours	420	-1
08_Park-Lyon_03_B	F_Ours_circulant	S	NIVEAU	Fosse aux Ours	420	-2
08_Park-Lyon_03_C	F_Ours_bas	S	NIVEAU	Fosse aux Ours	420	-5
08_Park-Lyon_04_A	Poncet_Personnel	S	LOCAL	Antonin Poncet	700	-1
08_Park-Lyon_04_B	Poncet_circulant	S	NIVEAU	Antonin Poncet	700	-1
08_Park-Lyon_04_C	Poncet_bas	S	NIVEAU	Antonin Poncet	700	-4
08_Park-Lyon_05_A	Célestins_Personnel	S	LOCAL	Célestins	410	-1
08_Park-Lyon_05_B	Célestins_circulant	S	NIVEAU	Célestins	410	-1
08_Park-Lyon_05_C	Célestins_bas	S	NIVEAU	Célestins	410	-7
08_Park-Lyon_06_A	Perrache_Personnel	A	LOCAL	Perrache	890	1
08_Park-Lyon_06_B	Perrache_circulant	A	NIVEAU	Perrache	890	2
08_Park-Lyon_06_D	Perrache_haut	A	NIVEAU	Perrache	890	3
08_Park-Lyon_07_E	Berthelot_Caisse	A	NIVEAU	Berthelot	340	0
08_Park-Lyon_07_B	Berthelot_circulant	A	NIVEAU	Berthelot	340	1
08_Park-Lyon_07_D	Berthelot_haut	A	NIVEAU	Berthelot	340	6
08_Park-Lyon_08_A	PDieu_CC_Personnel	S	LOCAL	Part-Dieu Centre commercial	3040	0
08_Park-Lyon_08_B	PDieu_CC_circulant	A	NIVEAU	Part-Dieu Centre commercial	3040	1 bis
08_Park-Lyon_08_C	PDieu_CC_bas	A	NIVEAU	Part-Dieu Centre commercial	3040	0
08_Park-Lyon_09_A	HVilleurbanne_Personnel	S	LOCAL	Hôtel de Ville-Villeurbanne	380	-1
08_Park-Lyon_09_B	HVilleurbanne_circulant	S	NIVEAU	Hôtel de Ville-Villeurbanne	380	-2
08_Park-Lyon_09_C	HVilleurbanne_bas	S	NIVEAU	Hôtel de Ville-Villeurbanne	380	-4
08_Park-Lyon_10_A	BServient_Personnel	S	LOCAL	Bonnel-Servient	780	0
08_Park-Lyon_10_B	BServient_circulant	S	NIVEAU	Bonnel-Servient	780	-4
08_Park-Lyon_10_C	BServient_bas	S	NIVEAU	Bonnel-Servient	780	-6
08_Park-Lyon_11_A	Halles_personnel	A	LOCAL	Les Halles	480	0
08_Park-Lyon_11_B	Halles_circulant	A	NIVEAU	Les Halles	480	3
08_Park-Lyon_11_C	Halles_bas	A	NIVEAU	Les Halles	480	6
08_Park-Lyon_12_A	Cordeliers_Personnel	A	LOCAL	Cordeliers	790	0
08_Park-Lyon_12_B	Cordeliers_circulant	A	NIVEAU	Cordeliers	790	1
08_Park-Lyon_12_D	Cordeliers_dernier_étage	A	NIVEAU	Cordeliers	790	6
08_Park-Lyon_13_E	Grolée_caisse	S	NIVEAU	Grôlée	280	-3
08_Park-Lyon_13_B	Grolée_circulant	S	NIVEAU	Grôlée	280	-3
08_Park-Lyon_13_C	Grolée_bas	S	NIVEAU	Grôlée	280	-6
08_Park-Lyon_14_A	République_Personnel	S	LOCAL	République	780	-1

08_Park-Lyon_14_B	République_circulant	S	NIVEAU	République	780	-1
08_Park-Lyon_14_C	République_bas	S	NIVEAU	République	780	-7
08_Park-Lyon_15_A	Hotel_de_Ville_Personnel	S	LOCAL	Hôtel de Ville	220	-1
08_Park-Lyon_15_B	Hotel_de_Ville_circulant	S	NIVEAU	Hôtel de Ville	220	-2
08_Park-Lyon_15_C	Hotel_de_Ville_bas	S	NIVEAU	Hôtel de Ville	220	-4
08_Park-Lyon_16_A	Terreaux_Personnel	S	LOCAL	Terreaux	660	-1
08_Park-Lyon_16_B	Terreaux_circulant	S	NIVEAU	Terreaux	660	-2
08_Park-Lyon_16_C	Terreaux_bas	S	NIVEAU	Terreaux	660	-6
08_Park-Lyon_17_A	X_Rousse_Personnel	S	LOCAL	Croix-Rousse	330	-1
08_Park-Lyon_17_B	X_Rousse_circulant	S	NIVEAU	Croix-Rousse	330	-2
08_Park-Lyon_17_D	X_Rousse_bas	S	NIVEAU	Croix-Rousse	330	-8
08_Park-Lyon_18_A	Gros_Caillou_Personnel	S	LOCAL	Gros caillou	470	-1
08_Park-Lyon_18_B	Gros_Caillou_circulant	S	NIVEAU	Gros caillou	470	-1
08_Park-Lyon_18_C	Gros_Caillou_bas	S	NIVEAU	Gros caillou	470	-4
08_Park-Lyon_19_A	St_Exupery_Personnel	S	LOCAL	St Exupéry P1	1950	-1
08_Park-Lyon_19_B	St_Exupery_circulant	S	NIVEAU	St Exupéry P1	1950	-1
08_Park-Lyon_19_D	St_Exupery_bas	S	NIVEAU	St Exupéry P1	1950	-4
08_Park-Lyon_20_A	P0_Cité_Int_Personnel	A	LOCAL	P0 Cité Internationale	970	0
08_Park-Lyon_20_B	P0_Cité_Int_circulant	S	NIVEAU	P0 Cité Internationale	970	-2
08_Park-Lyon_20_D	P0_Cité_Int_bas	S	NIVEAU	P0 Cité Internationale	970	-6
08_Park-Lyon_21_A	P2_Cité_Int_Personnel	A	LOCAL	P2 Cité Internationale	1190	0
08_Park-Lyon_21_B	P2_Cité_Int_circulant	S	NIVEAU	P2 Cité Internationale	1190	-1
08_Park-Lyon_21_C	P2_Cité_Int_bas	S	NIVEAU	P2 Cité Internationale	1190	-3
08_Park-Lyon_22_B	Bourse_1er_niveau	S	NIVEAU	Bourse	530	0
08_Park-Lyon_22_C	Bourse_bas	S	NIVEAU	Bourse	530	-12
08_Park-Lyon_22_D	Bourse_intermédiaire	S	NIVEAU	Bourse	530	-6
08_Park-Lyon_23_A	St Antoine_personnel	A	LOCAL	Saint Antoine	810	0
08_Park-Lyon_23_B	St Antoine_circulant	A	NIVEAU	Saint Antoine	810	-1
08_Park-Lyon_23_C	St Antoine_bas	A	NIVEAU	Saint Antoine	810	-2
08_Park-Lyon_24_A	St Georges_personnel	S	LOCAL	Saint Georges	710	-1
08_Park-Lyon_24_B	St Georges_circulant	S	NIVEAU	Saint Georges	710	-1
08_Park-Lyon_24_D	St Georges_bas	S	NIVEAU	Saint Georges	710	-5
08_Park-Lyon_25_A	St Jean_personnel	A	LOCAL	St Jean	1000	0
08_Park-Lyon_25_B	St Jean_circulant	A	NIVEAU	St Jean	1000	-1
08_Park-Lyon_25_C	St Jean_bas	A	NIVEAU	St Jean	1000	-2

ANNEXE 8

Les boîtes à moustaches

La boîte à moustaches sert à représenter les principales statistiques de l'échantillon :

- Min : Valeur minimum observée dans l'échantillon
- Max : Valeur maximum observée dans l'échantillon
- Médiane : 50% des valeurs observées dans l'échantillon sont inférieures à cette valeur (la médiane sépare l'échantillon en deux parties contenant le même nombre de valeurs)
- 1^{er} quartile (P25) : 25% des valeurs observées dans l'échantillon sont inférieures à cette valeur
- 3^{ème} quartile (P75) : 75% des valeurs observées dans l'échantillon sont inférieures à cette valeur

