

## La qualité de l'air près des autoroutes urbaines d'Ile-de-France : Zoom sur la porte de Gentilly

Si les niveaux des différents polluants du trafic routier sont toujours plus importants à proximité du boulevard Périphérique, ils varient aussi selon son environnement immédiat et son aménagement. Tel est l'enseignement majeur de l'étude de qualité de l'air effectuée autour de la porte de Gentilly.

Le boulevard Périphérique est une source particulièrement importante de pollution en tant qu'axe le plus emprunté de l'agglomération parisienne. Or de nombreux habitants en sont voisins, ainsi que des bâtiments recevant un public souvent sensible (écoles, maisons de retraites, hôpitaux...). Il est donc essentiel de comprendre comment la pollution se disperse autour du boulevard, en particulier dans les premières dizaines de mètres, et de disposer de données quantifiées sur les niveaux qui sont atteints. Echangeur de la porte de Bagnole, principaux axes de l'Essonne et du Val-de-Marne, abords de l'A4 à Charenton-Le-Pont et maintenant Périphérique au niveau de la porte de Gentilly... Une série d'études menées par Airparif a permis de dégager les grandes tendances sur l'impact d'un très grand axe autoroutier en général en fonction des polluants: de l'ordre de 200 m pour le dioxyde d'azote et de quelques dizaines de mètres pour le benzène et les particules. Cette zone d'impact varie en fonction du trafic, de l'urbanisme avoisinant. Topographie et situation de l'ouvrage routier (suspendu, en contrebas, en tranchée ou à niveau) jouent aussi un rôle important dans la dispersion de la pollution. La nouvelle étude porte de Gentilly a été menée pour analyser ces influences selon différents cas de figure.

Cette étude, pilotée par le Conseil régional d'Ile-de-France (Monsieur Jean-Félix Bernard), a été menée à la demande de l'association Ile-de-France Environnement\*. La zone d'étude se situe dans le 13<sup>ème</sup> et le 14<sup>ème</sup> arrondissement de Paris, ainsi que dans la commune de Gentilly. L'urbanisme y est contrasté : relâché au nord (cité universitaire, stade, cimetière...), plus dense au sud (habitats individuels et collectifs). Les configurations du Périphérique y sont très diverses, notamment en terme d'aménagement des voies. D'autre part, avec le stade Charléty, le collège Evariste Galois, la Cité universitaire, ou encore une maison de retraite, cette zone est bordée par des établissements très fréquentés, notamment par un public sensible (enfants, personnes âgées). La campagne de mesure a été menée en partenariat avec le LHVP (Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris) qui a effectué les mesures de la qualité de l'air à l'intérieur de certains bâtiments du secteur d'étude.

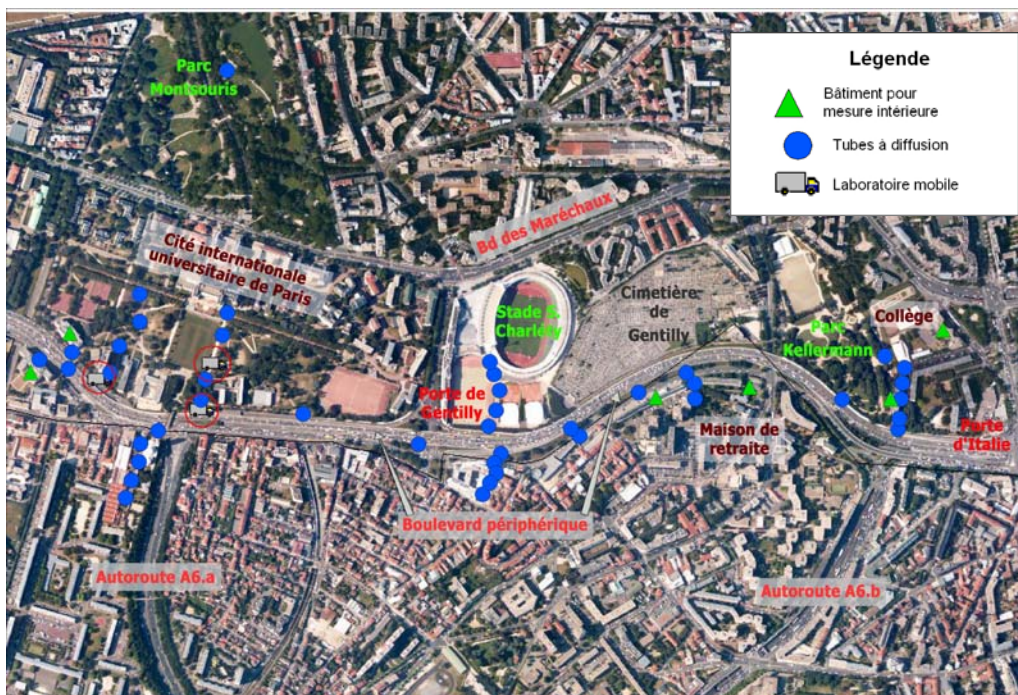


Figure 1 : Zone d'étude et répartition des points de mesure (source IAURIF)

\* L'étude a été financée par le Conseil régional d'Ile-de-France, par la Mairie de Paris, par les Conseils généraux des Hauts-de-Seine, de Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne, par l'Ademe, par la Drire et par le Sycptom.

## Tubes et analyseurs, des moyens de mesure complémentaires

Au total, 79 points de mesure ont été mis en place pendant un mois. Trois polluants liés au trafic routier ont été mesurés: le dioxyde d'azote, le benzène et les particules, réglementés pour leurs effets sur la santé. Les niveaux de ces polluants à proximité du trafic sont problématiques dans l'agglomération parisienne. Cette vaste campagne de mesure a eu lieu du 24 octobre au 21 novembre 2006.

Deux outils complémentaires ont été utilisés. D'une part, des tubes qui captent chimiquement la pollution (pour le dioxyde d'azote et le benzène). Simples d'utilisation, ces tubes ont l'avantage de pouvoir être répartis sur un grand nombre de sites. Ils fournissent des valeurs moyennes de pollution. D'autre part, des laboratoires mobiles, équipés d'appareils automatiques, ont permis une mesure des trois polluants heure par heure.

La majeure partie de ces mesures concerne l'air extérieur. 56 sites ont été équipés de tubes à diffusion. Ce dispositif a été complété par trois laboratoires mobiles.

Pour comparer air intérieur et air extérieur, 18 points de mesure par tubes ont été mis en place à la fois en façade et à l'intérieur de six bâtiments, à différents étages. Des appareils automatiques ont également été installés dans deux bâtiments recevant du public (collège et maison de retraite).

## Les normes annuelles dépassées

Les mesures et les calculs effectués sur une bande de 300 m de large centrée sur le Périphérique permettent d'évaluer les moyennes annuelles pour chaque polluant. Les résultats montrent un dépassement des normes de qualité de l'air à proximité du périphérique (figure 2).

**Les objectifs de qualité pour le dioxyde d'azote ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sont dépassés en moyenne sur une bande de 200 m de part et d'autre du Périphérique. Les niveaux de benzène et de particules sont quant à eux problématiques aux abords immédiats du Périphérique sur une bande de quelques dizaines de mètres.**

Pour le benzène, l'objectif de qualité français de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est en effet dépassé sur les premiers mètres. En ce qui concerne les PM10 (particules inférieures à  $10 \mu\text{m}$ ), l'objectif de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est également atteint : on obtient notamment une moyenne de  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$  au site de la maison du Liban (dans la cité universitaire, à 10 m du périphérique).

Enfin, les moyennes de PM2,5 (particules inférieures à  $2,5 \mu\text{m}$ ) flirtent aussi au bord du Périphérique avec la valeur limite de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fixée par la nouvelle directive européenne en cours de publication (moyenne annuelle de  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à la maison du Liban).

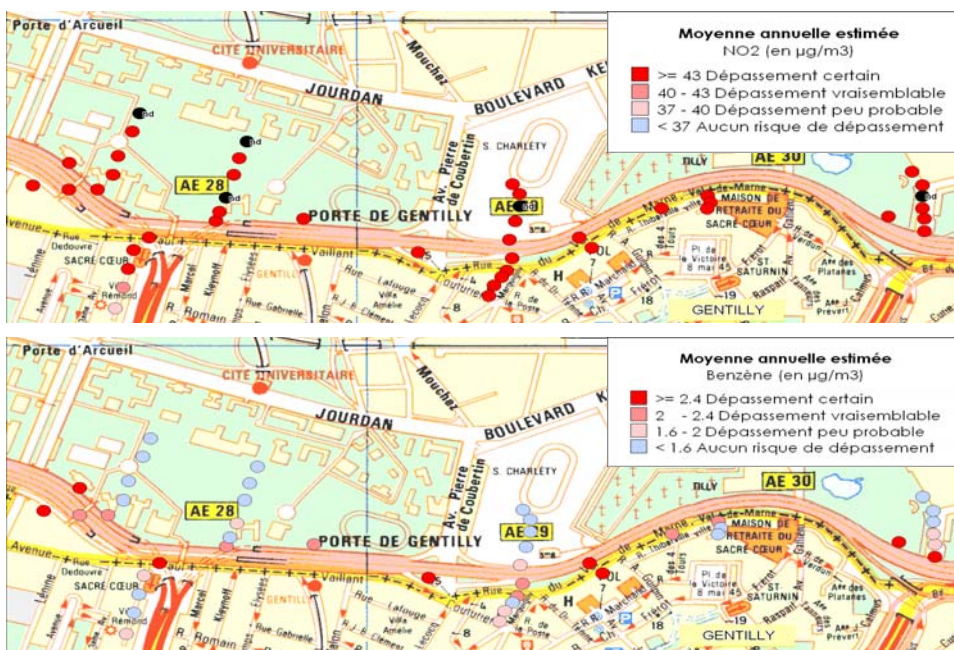


Figure 2 :  
Risque de dépassement de l'objectif de qualité annuel pour le dioxyde d'azote et le benzène

Cette différence d'impact selon les polluants s'explique par leurs caractéristiques chimiques et leur type d'émission par le trafic. Le long des voies de circulation, le benzène est directement rejeté dans l'atmosphère par les pots d'échappement (polluant primaire). C'est pourquoi ses concentrations diminuent plus rapidement dès que l'on s'éloigne de la chaussée que pour le dioxyde d'azote. Une petite partie seulement du dioxyde d'azote est en effet émise directement par le trafic. Ce polluant est majoritairement formé à partir de réactions chimiques dans l'atmosphère entre le monoxyde d'azote, produit par le trafic et d'autres sources de combustion, et l'ozone (polluant secondaire). Il décroît donc moins vite lorsque l'on s'éloigne des voies de circulation compte tenu de ce mode de formation.

**L'influence du Périphérique, y compris à l'intérieur des bâtiments, varie donc selon de nombreux paramètres : en fonction des polluants mais aussi de l'environnement du Périphérique et de sa configuration.** Les exemples présentés ci-dessous illustrent différents cas de figures rencontrés lors de l'étude.

### Trois critères déterminants : le type de polluant, la distance au trafic et l'urbanisation

**Plus on s'éloigne du trafic, plus les niveaux de pollution diminuent, jusqu'à rejoindre le niveau de base de l'agglomération parisienne. Cette baisse est plus ou moins rapide en fonction de l'urbanisation et du polluant considéré.** L'influence de la distance et de l'urbanisation a notamment été étudiée au niveau du stade de Charléty, avec des points de mesure de part et d'autre du boulevard Périphérique (voir figure 3 et figure 4).

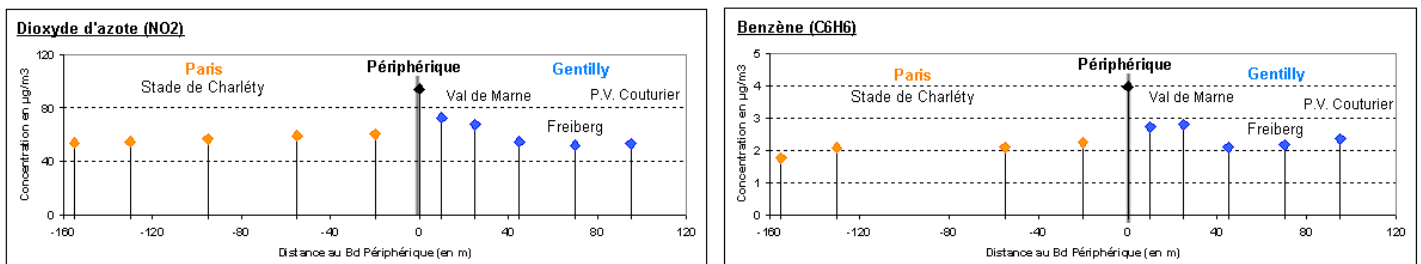


Figure 3 : Concentrations moyennes de dioxyde d'azote et de benzène le long du boulevard Périphérique

#### Variation selon la distance et le polluant

**Quel que soit le polluant considéré, les niveaux de pollution baissent lorsque l'on s'éloigne d'un axe de circulation. La diminution la plus rapide et la plus importante est observée dès les premiers mètres. Mais elle est moins importante pour le dioxyde d'azote que pour le benzène qui est directement rejeté dans l'air par le trafic.** A 20 mètres du Périphérique, du côté du stade Charléty (sites en orange) la baisse de dioxyde d'azote enregistrée était en moyenne de 35% contre 45% pour le benzène. Pour les deux polluants, la baisse était d'autant plus rapide que le Périphérique était en hauteur par rapport au point de mesure, ce qui accentue vraisemblablement la dispersion de la pollution.

De même, la distance d'influence du boulevard Périphérique est moins importante pour le benzène : à environ 150 m, ses niveaux rejoignent quasiment ceux du quartier (à 10% près) tandis que pour le dioxyde d'azote l'impact du Périphérique est toujours perceptible à cette distance avec des niveaux toujours supérieurs de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (soit 26%) à ceux du quartier.

### Impact de l'urbanisation

La zone étudiée ici présente une urbanisation très contrastée de part et d'autre du Périphérique: du coté parisien, l'urbanisation est faible avec le complexe sportif Charléty (sites en orange) alors qu'elle est très dense du coté de Gentilly (sites en bleu). La comparaison entre les deux permet de mettre en évidence l'effet de l'urbanisation sur la dispersion de la pollution provenant d'un axe routier majeur comme le Périphérique.

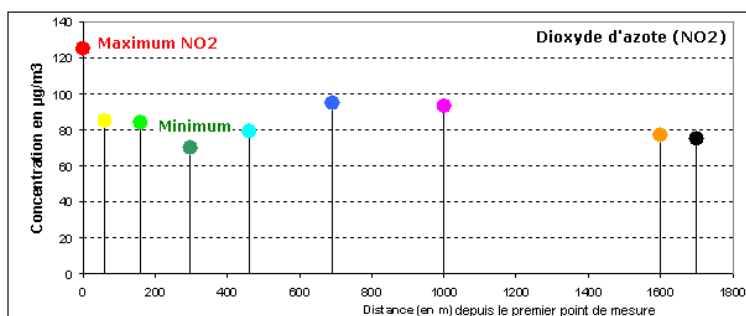
**Du côté de la commune de Gentilly, la baisse de teneurs avec l'éloignement du boulevard Périphérique s'observe toujours pour le dioxyde d'azote et le benzène mais moins rapidement que du côté du stade Charléty, compte tenu de l'influence des axes routiers locaux tels que la Rue du Val-de-Marne et l'Avenue P.V. Couturier. Pour le benzène, la rue du Val-de-Marne engendre même une légère remontée des concentrations entre 10 m et 25 m du boulevard Périphérique du fait de ses propres émissions. Même constat à 100 m du Périphérique où le trafic de l'avenue P.V. Couturier entraîne également une augmentation des teneurs.**

### Des fluctuations dues à l'aménagement de la voirie

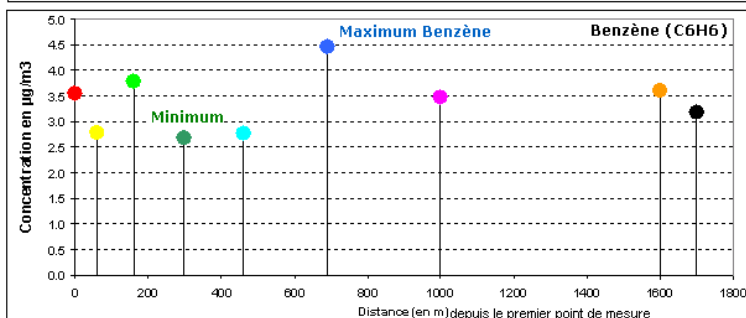
Neuf sites de mesure ont été installés le long du Périphérique sur une longueur d'environ 1,7 km, au plus proche du trafic. **On obtient des concentrations très variables : de l'ordre de 1.5 à 3 fois supérieures au niveau de la pollution moyenne des quartiers avoisinants (pollution de fond), en fonction de l'aménagement de la voirie et de sa configuration (voir figure 4).**



Figure 4 : Concentrations moyennes de dioxyde d'azote et de benzène le long du boulevard Périphérique selon son aménagement et sa configuration



Les teneurs les plus élevées en dioxyde d'azote ont été relevées sur le site le plus à l'ouest du domaine d'étude (**point rouge**). Il correspond à l'emplacement qui compte le plus de voies de circulation (neuf voies). Or, le dioxyde d'azote est émis en plus grande quantité quand la vitesse est élevée.



Au contraire, en ce qui concerne le benzène, on observe un maximum à un niveau de rétrécissement de la chaussée qui diminue la fluidité du trafic (**point bleu foncé**). Les émissions de benzène augmentent en effet en cas de trafic congestionné.



Pour les deux polluants, le niveau le plus faible (**point vert**) est obtenu à un emplacement avec un terre-plein central et une large bande d'arrêt d'urgence, ce qui favorise la dispersion du polluant (figure 5).

*Figure 5 : Configuration favorable à la dispersion de la pollution*



Un autre point (**jaune**) présente des niveaux plutôt faibles. Il s'agit d'un emplacement situé à une sortie de tunnel en tranchée. Le point de mesure est donc à environ 6 m de hauteur par rapport au trafic, et la partie de la voie en tranchée canalise d'une certaine manière la pollution (figure 6).

*Figure 6 : Axe en tranchée qui canalise la pollution et limite sa dispersion aux alentours*

### Des niveaux de pollution différents selon le sens du vent

#### Le boulevard Périphérique a une influence différente sur les points de mesure en fonction de la direction du vent.

La zone au sud du Périphérique est ainsi plus polluée par vent de secteur nord. La maison de retraite se trouve notamment dans un coude, au sud du Périphérique. Les directions de vents qui rabattent la pollution du Périphérique dans sa direction sont donc très nombreuses, pratiquement tous les vents nord-ouest à nord-est. Le site au niveau de la maison de retraite a enregistré des niveaux de dioxyde d'azote supérieurs par ce régime de vent (jusqu'à  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de différence par rapport à la moyenne du secteur). Cette différence représente l'impact du Périphérique.

A l'inverse, pour les bâtiments situés au nord du Périphérique, on observe un surcroît de dioxyde d'azote par vent de secteur sud. Dans ces directions de vent, le site de mesure à 10 m au nord de l'axe dans la cité universitaire a notamment des niveaux supérieurs en moyenne de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par rapport à ce qu'on enregistre dans l'air ambiant du quartier avoisinant.

On constate le même phénomène avec les particules PM10 (particules inférieures à  $10 \mu\text{m}$ ), avec un impact plus faible au-delà de 100 m de distance du Périphérique.

### L'effet tampon des bâtiments

Les mesures effectuées dans les bâtiments montrent que l'habitat joue un rôle d'atténuation de la pollution extérieure. Les niveaux mesurés sur les façades dépendent d'abord de la distance au Périphérique.

**En façade**, d'une manière générale, le paramètre le plus influent sur le niveau de pollution est en effet la distance à l'axe routier. Plus on s'éloigne du Périphérique, plus les niveaux de pollution sont proches des niveaux moyens du quartier.



Avec l'éloignement, la pollution est sensiblement la même à chaque étage. Dans un bâtiment rue P. Bourget par exemple (figure 7), on observe sensiblement les mêmes teneurs de dioxyde d'azote à chaque étage.

Figure 7 : Concentrations en **dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)** dans un bâtiment rue P. Bourget (à 50 m du Périphérique)

Par contre, dans les bâtiments proches de l'axe, les niveaux de pollution varient d'un étage à l'autre.

On observe ce phénomène notamment à l'ancienne maison des Arts et Métiers (figure 8). Ce site est au bord de l'avenue P.V. Couturier, elle-même en bordure de Périphérique. Le point de mesure situé au rez-de-chaussée (à quelques mètres de la façade) enregistre des niveaux bien plus élevés qu'au 2<sup>ème</sup> étage. En effet, chaque étage ajoute quelques mètres de distance par rapport aux pots d'échappement.

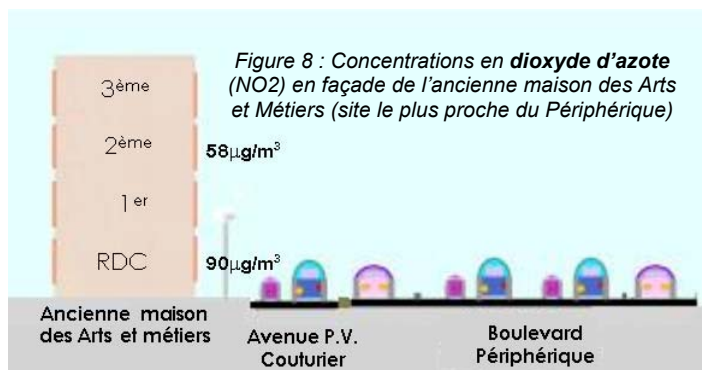


Figure 8 : Concentrations en **dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)** en façade de l'ancienne maison des Arts et Métiers (site le plus proche du Périphérique)

### A l'intérieur du bâtiment :

L'air mesuré au niveau des façades pénètre ensuite dans le bâtiment. Le site de la maison de retraite, situé à 40 m du Périphérique, illustre l'impact sur la qualité de l'air dans le bâtiment (figure 9).

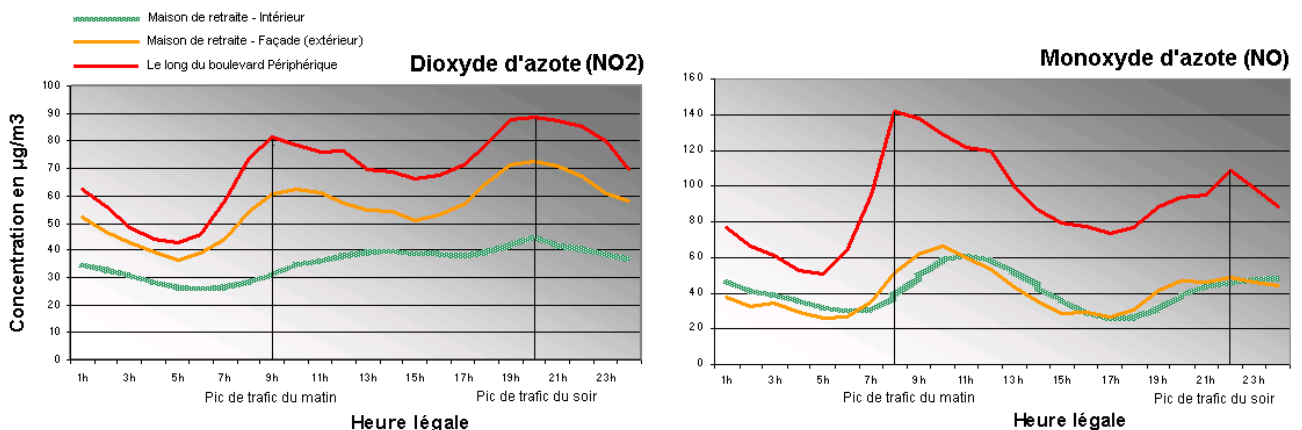


Figure 9 : Concentrations en **dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)** et en **oxydes d'azote (NO)** entre l'extérieur et l'intérieur de la maison de retraite

Pour les deux polluants, dioxyde d'azote et monoxyde d'azote, on observe que les niveaux sont inférieurs à ceux mesurés le long du Périphérique (au niveau du site de la maison du Liban), ce qui s'explique par une distance au Périphérique plus importante pour la maison de retraite. **Dans les deux cas, les pics de trafic du matin et du soir sont également visibles, témoignage supplémentaire de l'impact de l'air extérieur sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments. Ces pointes sont néanmoins atténuées plus ou moins fortement selon le polluant. Elle sont aussi décalées de près d'une heure le matin et plus étalées dans le temps, mettant en évidence un effet « tampon » des bâtiments.** Ce décalage s'explique par la vitesse de renouvellement de l'air dans le bâtiment. La ventilation et le lieu de la prise d'air influent beaucoup sur la qualité de l'air intérieur.

**L'effet d'atténuation dû aux bâtiments est plus important pour le dioxyde d'azote.** Les concentrations mesurées à l'intérieur de la maison de retraite sont ainsi nettement plus faibles que les niveaux mesurés en façade. Un abattement de 10 à 90 % de ses niveaux dans les bâtiments a pu être observé selon leur configuration et la pièce où les mesures ont été faites. Il s'explique notamment par la réactivité chimique du dioxyde d'azote avec les matériaux de revêtement intérieur ou d'ameublement. D'ailleurs, dans une pièce vide, cet abattement est très faible.

**Pour le monoxyde d'azote et le benzène, les concentrations à l'intérieur de la maison de retraite sont en revanche quasiment identiques aux niveaux mesurés dans l'air extérieur.** L'effet d'atténuation du bâtiment est beaucoup plus limité. En ce qui concerne les particules fines (PM<sub>2,5</sub>), on a constaté sur une série de mesures dans une pièce qu'elles provenaient en grande majorité de l'air extérieur.

Distance au trafic, nature des polluants, aménagement de la voirie, densité de l'urbanisation. Cette étude sur Gentilly permet de dégager avec une certaine marge de variabilité les principaux paramètres qui influencent la diffusion de la pollution provenant d'un axe routier important, comme le Périphérique, sur son environnement proche. Il n'est toutefois pas possible de transformer ces règles générales en outil de calcul absolu des niveaux pour toute situation à proximité des axes.

Les mesures menées dans les bâtiments à proximité du boulevard visaient essentiellement à explorer l'influence de cette pollution extérieure, liée au trafic routier, sur l'air intérieur à travers ses trois polluants les plus caractéristiques. Les polluants strictement issus de l'intérieur des bâtiments n'ont donc pas été suivis. Les mesures montrent que dans cette situation l'air extérieur influe fortement sur la qualité de l'air intérieur. Les niveaux de pollution dépendent largement de la ventilation du bâtiment.

