

Quelle qualité de l'air en voiture pendant les trajets quotidiens domicile-travail ?



Le véhicule d'Airparif a parcouru 5800 km

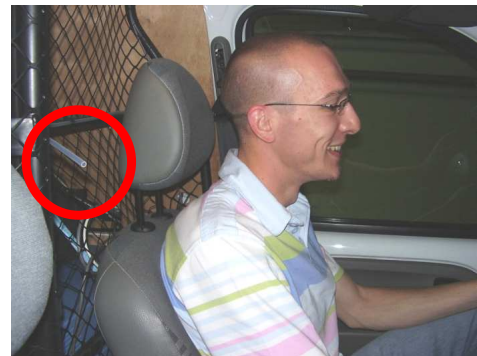
Avec le soutien financier de l'Afssset (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail), Airparif a mesuré la qualité de l'air respirée par les automobilistes franciliens lors de leurs trajets domicile-travail. C'est dans les trajets en direction ou au retour de Paris que l'on trouve les niveaux de pollution les plus élevés. Pour le dioxyde d'azote, les moyennes obtenues sur l'ensemble des trajets s'étendent de 47 à 292 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne 142 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), avec un temps de parcours allant de 10 minutes à 1h30 (moyenne 31 minutes).

Situé au cœur de la circulation, l'automobiliste est la première victime de la pollution liée au trafic routier. Telle fut la principale conclusion d'une première campagne de mesure dans un véhicule menée par Airparif durant l'été 2007. Pour approfondir ces premiers résultats, Airparif s'est penchée sur l'exposition des Franciliens qui utilisent quotidiennement leur voiture pour se rendre à leur travail, surtout aux heures de pointe. En effet, cette question concerne plus de 2 millions d'employés, toute l'année, pour des trajets d'une demi-heure en moyenne d'après l'Enquête globale des transports (1).

Des mesures effectuées sur plus de 300 trajets

En 2008, un véhicule d'Airparif a sillonné l'Ile-de-France, effectuant au total près de 300 trajets. Soit une distance de 5800 km : 4300 km de trajets domicile-travail et 1500 km de liaisons. Les mesures ont eu lieu lors du pic de trafic du matin dans le sens domicile-travail (de 7h à 10h), et du pic de trafic du soir dans le sens travail-domicile (de 17h à 20h) de juin à décembre 2008, sauf pendant la période creuse du 15 juillet au 15 août. Ces pointes de trafic sont déterminées à partir d'un indicateur de congestion (2). La période estivale est propice à des niveaux importants de dioxyde d'azote au plus près des grands axes de circulation, à cause de réactions chimiques entre les oxydes d'azote et l'ozone. Quant à la période hivernale, elle peut présenter également des niveaux de pollution importants liés à des conditions de stabilité atmosphérique.

Le véhicule était équipé d'appareils de mesure enregistrant toutes les 10 secondes les concentrations de dioxyde d'azote et le nombre de particules, avec une prise d'air à hauteur de respiration de l'automobiliste. Les deux polluants choisis sont liés en grande partie au trafic routier et leurs niveaux sont problématiques en Ile-de-France. L'analyseur d'oxydes d'azote utilisé est comparable à ceux utilisés dans les stations d'Airparif. Pour les particules, l'appareillage habituel, une microbalance, était trop sensible aux vibrations du véhicule. Un compteur de particules encore plus fines (inférieures à 1 μm) a donc été utilisé. Pour compléter le dispositif, le véhicule a été équipé d'un GPS et d'une caméra vidéo, afin de faciliter l'interprétation des données en fonction de la localisation et de la situation environnante.



Les appareils de mesure sont reliés à une prise d'air au niveau de la tête de l'automobiliste

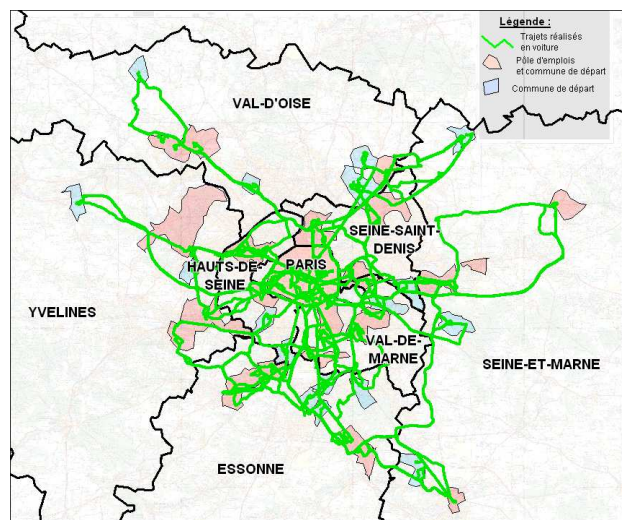
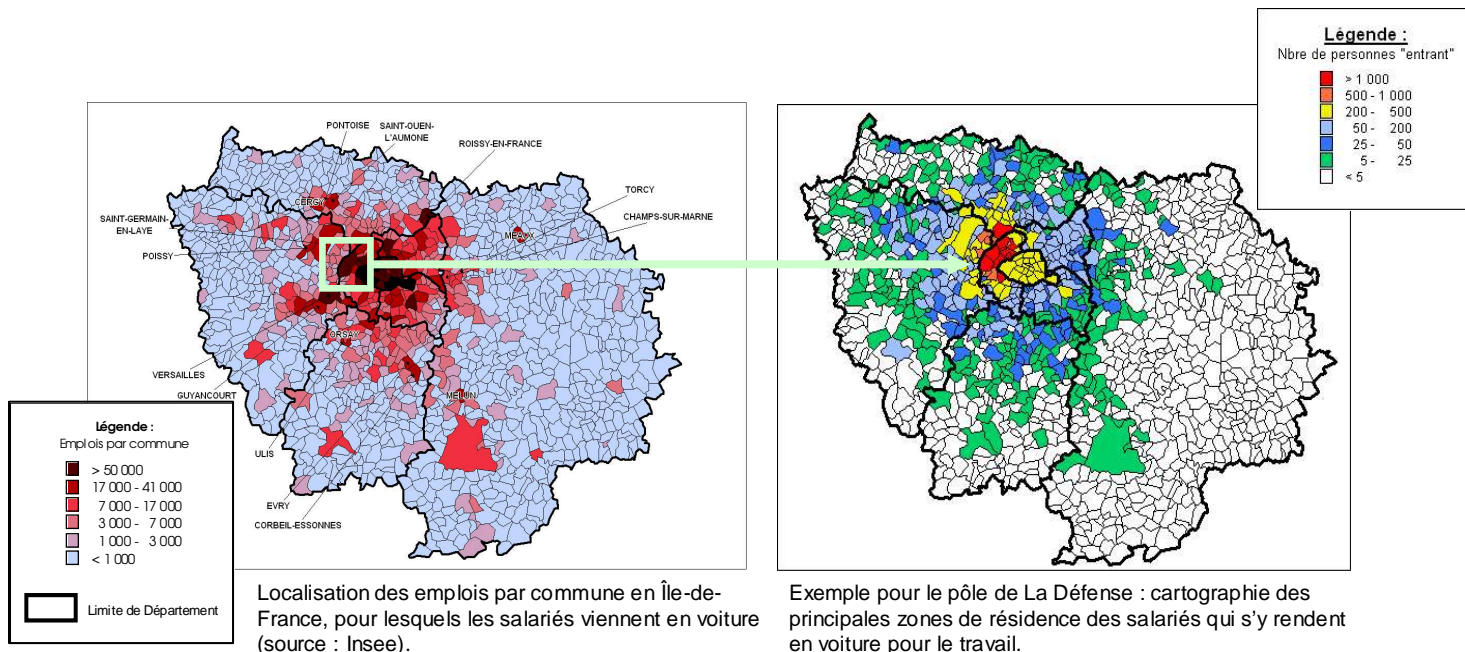
Différentes catégories de trajets en fonction de la zone de départ et d'arrivée

Où vont travailler les Franciliens utilisant leur voiture et d'où viennent-ils ? La réponse à cette question a permis d'identifier les trajets durant lesquels la qualité de l'air a été mesurée. Pour ce faire, la région a été découpée en trois grandes zones :

- la grande couronne regroupant la Seine-et-Marne, les Yvelines, l'Essonne et le Val-d'Oise,
- la petite couronne qui comprend les Hauts-de-Seine, la Seine-Saint-Denis et le Val-de-Marne
- et Paris.

A l'intérieur de chacune de ces zones, les principaux pôles d'emploi ont été identifiés à partir de données de l'Insee (3). Ces pôles regroupent une ou plusieurs communes, ils sont caractérisés par l'importance du nombre d'actifs s'y rendant en voiture. Une dizaine de pôles plus particulièrement attractifs ont ainsi été choisis dans chaque zone de l'Île-de-France : comme Cergy, Roissy, Evry en grande couronne ou La Défense, Saint-Denis, Créteil en petite couronne. Paris intra-muros a été considéré comme un seul pôle d'emploi.

Ces communes constituaient donc le point d'arrivée du trajet du matin et celui de départ des trajets du soir. Les données Insee ont aussi permis d'identifier les principales zones de résidence des Franciliens se rendant en voiture dans chacun de ces pôles. Ces zones ont servi de points de départ pour les trajets le matin et de point d'arrivée le soir.



Ensemble des circuits réalisés

Ce travail a permis de déterminer 88 trajets, plus particulièrement concentrés sur les zones où la qualité de l'air dans les véhicules est la plus critique et totalisant le nombre de déplacements quotidiens de Franciliens le plus important (voir tableau ci-dessous). Ainsi, les trajets de Paris vers la grande couronne n'ont pas été pris en compte du fait de leur trop faible proportion (moins de 1% des déplacements). De même pour les trajets au sein de la grande couronne en zone rurale exclusivement, la qualité de l'air en voiture étant alors peu influencée par le trafic routier (4).

L'influence de la densité du trafic et de l'urbanisation

Les niveaux obtenus sont très variables en fonction des trajets, pour les deux polluants mesurés. Pour le dioxyde d'azote par exemple, les moyennes obtenues sur les trajets s'étendent de 47 à 292 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne 142 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), avec un temps de parcours allant de 10 minutes à 1h30 (moyenne 31 minutes).

Les teneurs moyennes de dioxyde d'azote les plus importantes dans l'habitable ont été relevées sur les trajets petite couronne-Paris et grande couronne-Paris, avec respectivement 170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 167 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui s'explique par la densité du trafic des grands axes fréquentés, en direction de la capitale aux heures de pointe du matin et en direction de la banlieue le soir.

A l'inverse, les niveaux moyens les plus faibles ont été relevés sur les trajets effectués uniquement en grande couronne (103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne), avec un trafic routier moins dense, des axes de circulation moins importants et un niveau de pollution ambiante plus faible dans cette zone. Cependant, la disparité de la grande couronne en termes d'urbanisation et de trafic a entraîné des niveaux très variables entre les trajets suivant qu'ils partaient de zones rurales ou de zones urbaines. Pour les déplacements internes à Paris, les boulevards les plus importants et le Périphérique n'ont pas été empruntés, et les niveaux de dioxyde d'azote sont relativement plus faibles (118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne).

En moyenne, ces teneurs sont inférieures à la valeur guide fixée par l'OMS (Organisation mondiale de la santé) pour le dioxyde d'azote: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une heure. Ce seuil caractérise également le premier niveau des épisodes de pollution liés à ce polluant. Néanmoins, pour 9 trajets, c'est à dire **3% de l'ensemble des parcours, ce seuil a été dépassé avec, en moyenne sur ces trajets, un temps de déplacement de 1h15, et des teneurs de dioxyde d'azote dans l'habitable de 243 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (voir tableau suivant). Ces dépassements concernaient essentiellement ceux de la grande couronne vers Paris et vers la petite couronne, du fait de la densité du trafic, ainsi qu'un trajet de la petite couronne vers Paris.** Un maximum de 292 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a ainsi été enregistré pour un trajet d'un peu plus d'une heure, de la grande couronne vers la petite couronne. D'autres trajets plus courts (inférieurs à 1h) dépassent largement le seuil des 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le dioxyde d'azote.

	De la grande couronne vers Paris	De la grande couronne vers la petite couronne	De la petite couronne vers Paris	De Paris vers la petite couronne	Dans la petite couronne	De la petite couronne vers la grande couronne	Dans la grande couronne	Dans Paris	Total
Moyenne des parcours									
- niveau d'exposition au dioxyde d'azote	167 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	142 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- durée	1h01	44 min	37 min	32 min	26 min	26 min	30 min	18 min	34 min
Parcours dépassant le seuil d'information et d'alerte :									
Nombre de trajets concernés	5 parcours sur 32 (16%)	3 parcours sur 34 (9%)	1 parcours sur 34 (3%)	Aucun sur 34 parcours	Aucun sur 38 parcours	Aucun sur 32 parcours	Aucun sur 40 parcours	Aucun sur 38 parcours	9 parcours sur 282 (3%)
Maximum atteint	272 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h10)	292 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h02)	257 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (41 min)	226 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (33 min)	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (27 min)	184 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (33 min)	152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (29 min)	222 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (44 min)	292 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h02)

Les écarts de niveau entre les trajets se retrouvent pour les comptages de particules. Ainsi, les trajets grande couronne-Paris et petite couronne-Paris ont le nombre moyen de particules le plus élevé (respectivement 88 000 et 91 000 particules par cm^3). Et les niveaux les plus faibles sont retrouvés également pour les trajets intra grande couronne et intra Paris (respectivement 55 000 et 67 000 particules par cm^3). On ne peut comparer ces valeurs aux normes de qualité de l'air qui concernent la concentration massique des particules PM10 et PM2,5 (inférieures respectivement à $10\mu\text{m}$ et à $2,5\mu\text{m}$), et qui n'existent pas pour un pas de temps si court. Néanmoins, on peut comparer ces données à la campagne de mesure menée avec le même appareillage, à l'aide d'un vélo. Cette étude concernait l'exposition des cyclistes sur plusieurs trajets dans Paris, selon différents aménagements de voirie (5). On avait alors observé un niveau moyen de 40 000 particules par cm^3 , cette moyenne dépassant 60 000 particules par cm^3 pour les seuls parcours effectués au cœur du trafic routier, sans aménagement particulier dédié aux cyclistes (sur les quais de Seine).

D'autre part, 21 circuits ont également fait l'objet de mesures de benzène, par tubes chimiques exposés pendant des durées moyennes de 3h30. Les concentrations ainsi obtenues dans l'habitacle sont près de deux fois supérieures à celles observées pendant les mêmes durées sur la station d'Airparif en bordure du Périphérique (porte d'Auteuil). La moyenne est de $10,2\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec des niveaux variant de $4,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ à $18,9\mu\text{g}/\text{m}^3$ en fonction des trajets. Ces niveaux ne sont pas comparables aux normes de qualité de l'air pour le benzène qui sont fixées uniquement sur des moyennes annuelles.

Que peut-on dire des effets sanitaires au regard de l'étude d'Airparif?

Le point de vue de l'Afsset

En premier lieu, il convient de rappeler que le dioxyde d'azote et les particules fines, mesurés dans cette étude d'Airparif, sont connus pour être des indicateurs de la pollution atmosphérique. Ils sont particulièrement associés au trafic routier dans les agglomérations. Mais les automobilistes sont réellement exposés à un mélange de nombreux polluants, et non aux deux seuls polluants mesurés dans l'étude. Or plusieurs des polluants composant ce mélange ont également des effets néfastes connus sur la santé humaine. De plus, ces effets peuvent parfois être accentués par l'exposition cumulée à plusieurs polluants. **L'interprétation sanitaire apparait donc délicate au regard spécifiquement des polluants mesurés dans cette étude, et ne peut répondre à la question plus générale des effets sur la santé liés à la pollution de l'air de l'habitacle.**

Que dire alors des effets sur la santé associés aux deux polluants mesurés ? Tout d'abord, des effets sur la santé à court et long termes sont rapportés pour ces deux polluants. Ils sont par ailleurs précurseurs de polluants secondaires également néfastes. **Concernant les effets propres au NO_2** , ce polluant est un gaz, oxydant puissant, qui pénètre facilement dans l'appareil respiratoire jusqu'aux poumons. Les études expérimentales montrent qu'il peut provoquer des effets toxiques au niveau des voies respiratoires (irritations, inflammations...), incluant une augmentation de l'hyperréactivité bronchique chez les asthmatiques. L'OMS recommande pour le NO_2 une valeur guide de $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une heure d'exposition, en considérant la réactivité bronchique chez les asthmatiques.

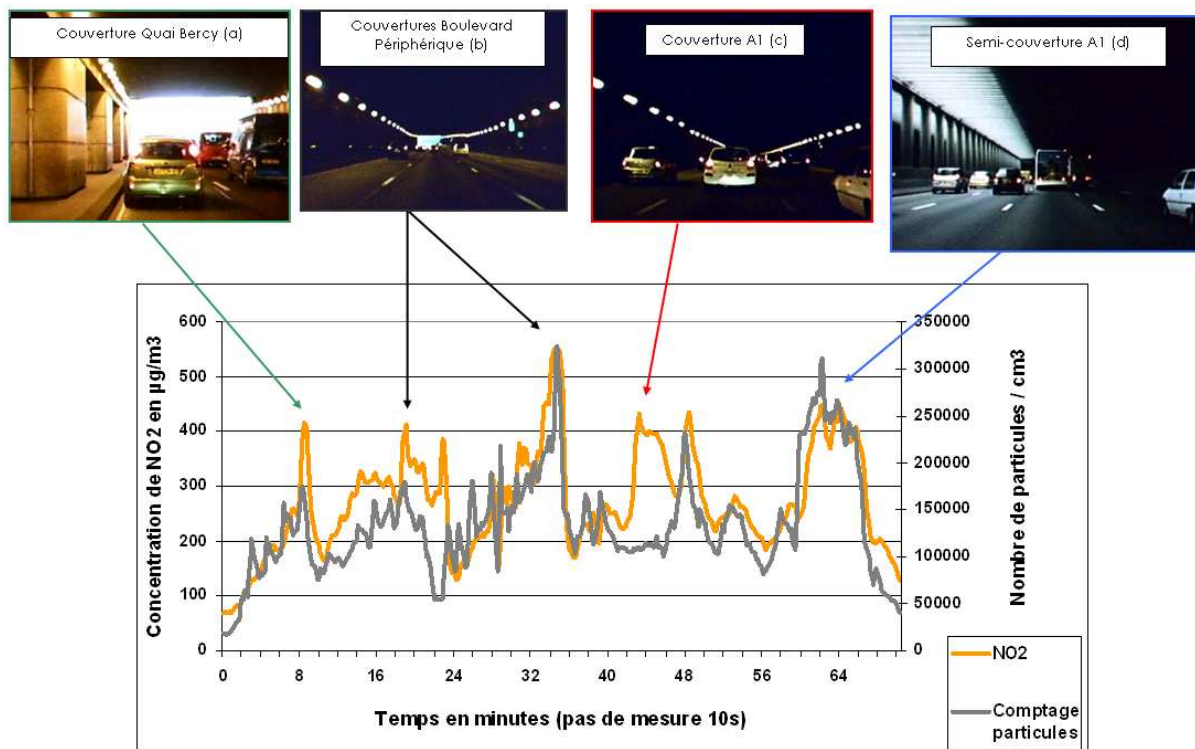
Le croisement des résultats de l'étude d'Airparif et de la valeur guide de l'OMS montre que la valeur guide est dépassée sur 3% des trajets domicile-travail d'au moins une heure réalisés en Ile-de-France. Une démarche développée par l'Afsset permet d'ajuster cette valeur en fonction des différentes durées des trajets domicile-travail. Les dépassements de la valeur guide ajustée concernent alors 7% des trajets domicile-travail réalisés en Ile-de-France. **En d'autres termes, ces résultats montrent que sur 7% des trajets domicile-travail en Ile-de-France, le NO_2 peut avoir des effets sanitaires sur l'automobiliste, en particulier pour les populations sensibles (asthmatiques notamment).**

Concernant les particules, plusieurs effets sanitaires affectant les systèmes respiratoires et cardiovasculaires leur sont imputables, que ce soit à court ou long terme, avec une sensibilité accrue pour certaines populations (enfants, asthmatiques, personnes âgées...). **Néanmoins, l'interprétation sanitaire de ces résultats en particules reste très difficile.** En effet, celles-ci ont été mesurées en nombre de particules ultrafines (inférieures à $1\mu\text{m}$) et non en concentration massique. Or, bien que plusieurs études toxicologiques mettent en évidence un potentiel d'effets néfastes des particules ultrafines, les données épidémiologiques semblent encore insuffisantes pour établir une relation entre des niveaux d'exposition à ces particules (mesurées en nombre) et des effets sur la santé humaine.

L'impact des tunnels et des véhicules environnants

Les niveaux de pollution relevés sont très variables en fonction des aménagements de voirie. Les trajets avec tunnel (sur plus de 5% de la durée du trajet) ont notamment des niveaux plus élevés, à cause de l'accumulation de la pollution liée au confinement.

Sur certains trajets, la part de temps passée dans un tunnel a dépassé 20%. Par exemple en direction du pôle d'emploi La Défense, avec notamment le tunnel de Neuilly (440 m). Autre exemple : on a obtenu des teneurs de pollution particulièrement élevées sur le trajet entre Paris et Roissy-en-France, avec les tunnels du Quai de Bercy, du Boulevard périphérique et de l'autoroute A1. La moyenne obtenue sur ce parcours le 24 octobre 2008 a atteint 272 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentration pour le dioxyde d'azote (avec des pics dépassant 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et 135 000 particules par cm^3 (certaines valeurs instantanées dépassant 300 000 particules par cm^3). Les niveaux obtenus sur ce trajet dans les tunnels sont presque deux fois supérieurs à ceux mesurés en moyenne sur le reste du trajet. Ce rapport est très variable en fonction des trajets : par exemple entre Marly-le-Roi (75) et le pôle de La Défense le 11 septembre 2008, les concentrations mesurées en moyenne dans les tunnels étaient environ cinq fois supérieures à celles mesurées en moyenne sur le reste du trajet.

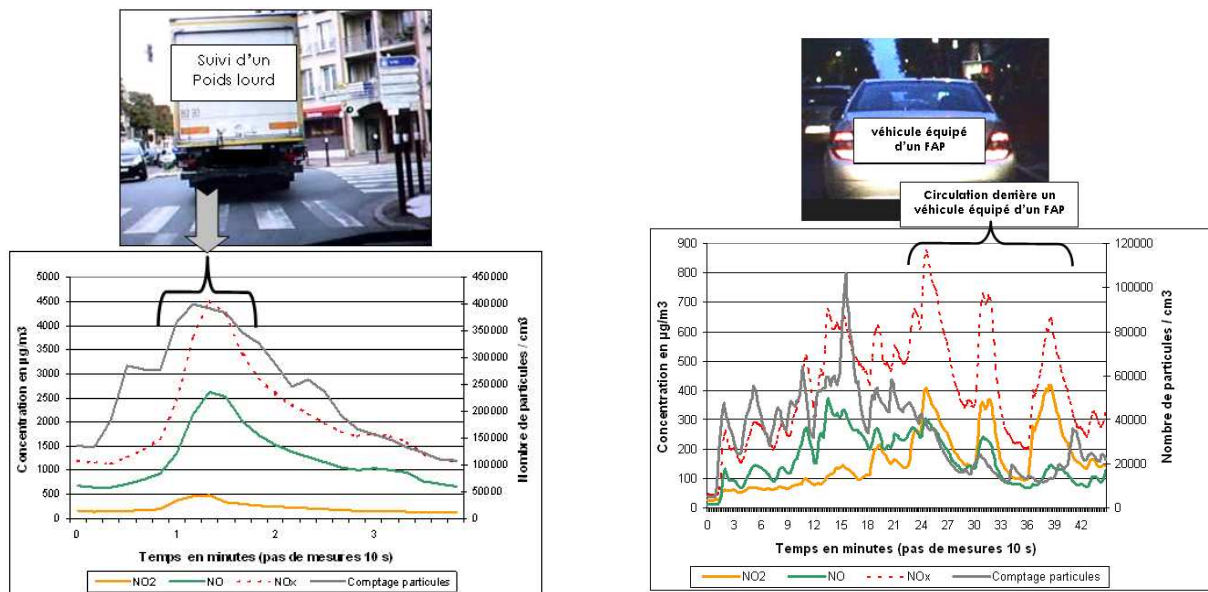


Evolution des niveaux de polluants en fonction des tunnels traversés

D'autre part, les niveaux sont influencés par les conditions de circulation et les véhicules environnants. Et plus particulièrement par le véhicule de devant.

- Par exemple, les niveaux d'oxydes d'azote et le nombre de particules a été multiplié par 4 en quelques secondes dans le sillage d'un poids lourd, lors d'un trajet effectué le 4 septembre 2008. Puis les niveaux redescendent progressivement une fois le camion dépassé. En effet, les poids lourds sont en moyenne émetteurs de douze fois plus d'oxydes d'azote et cinq fois plus de particules que les véhicules légers.

- Autre exemple lors d'un trajet effectué le 20 novembre 2008: **le nombre de particules a été divisé par quatre derrière un véhicule équipé d'un filtre à particules (FAP), mais la concentration de dioxyde d'azote a plus que doublé.** En effet, les filtres à particules réduisent d'environ 90% le nombre de particules rejetées, mais certains peuvent augmenter la part de dioxyde d'azote rejeté lorsqu'ils sont couplés à un catalyseur placé en amont ou à l'intérieur du filtre.



Cette étude sur les véhicules ainsi que la précédente sur les vélos confirment une nouvelle orientation de la surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France. Airparif poursuit bien sûr la mesure des polluants dans l'environnement, mais élargit aussi son travail à une meilleure connaissance de l'exposition des personnes selon les modes de transport utilisés.

Références :

- (1) Enquête globale des transports menée en 2001 en Ile-de-France
Source : Direction régionale de l'équipement d'Ile-de-France
- (2) Indice de congestion sur les principaux axes d'Ile-de-France
Source : Direction interdépartementale des routes d'Ile-de-France
- (3) Base de données « *Communes... Mobilités Travail – Etude* » de l'Insee (Institut national de la statistique et des études économiques), d'après le recensement 1999
- (4) Etude « *Mesures dans le flux de circulation* », menée par Airparif, synthèse disponible sur le lien www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/mesures_embarquees_synthese.pdf
- (5) Etude « *Influence des aménagements de voirie sur l'exposition des cyclistes à la pollution atmosphérique* », menée par Airparif avec l'Afsset en 2008, synthèse disponible sur le lien www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/NUMERO32.pdf