

D'où proviennent les particules que l'on respire en Ile-de-France ?

Une étude menée par Airparif, en partenariat avec le LSCE (Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, CNRS-CEA) permet pour la première fois de quantifier la part de particules produite en Ile-de-France de celle provenant des régions avoisinantes, ainsi que les principales activités contributrices. Permises par le soutien financier de l'Etat, de la Région Ile-de-France et de la Ville de Paris, cette étude de grande ampleur s'est déroulée de 2009 à 2011 et a nécessité près de 90 000 analyses chimiques.

Elle met en évidence qu'à proximité d'un axe routier comme le Périphérique, les particules fines sont produites localement à près de 60%, avec une contribution importante et stable du trafic routier (44%). Tandis que dans l'agglomération parisienne, en situation éloignée du trafic, les particules que l'on observe proviennent à près de 70% d'import de pollution en provenance d'autres régions françaises, voire européennes. Parmi les 30% de particules produites localement, la contribution du trafic et du chauffage au bois résidentiel est importante et identique.

Les particules ont un effet reconnu sur la santé et c'est pour cette raison qu'elles sont réglementées. Or, en Ile-de-France, la plupart des valeurs réglementaires sont dépassées tous les ans. Plusieurs millions de Franciliens sont concernés et, comme d'autres Etats membres, la France est en situation de contentieux avec l'Europe pour non respect de la directive pour les particules PM10¹.

Dans ce contexte, la définition et la mise en place de plans d'actions nécessitent l'identification de mesures appropriées pour faire baisser les teneurs en particules dans l'environnement et donc une bonne connaissance de la responsabilité des différentes sources de particules. La difficulté réside :

- d'une part, dans le fait qu'il n'existe pas de relation directement proportionnelle entre les émissions (la quantité de particules rejetées dans l'atmosphère) et les concentrations dans l'air (la teneur en particules dans l'air que l'on respire), qui dépendent de nombreux facteurs, notamment météorologiques et chimiques ;
- et d'autre part dans la diversité des sources de particules. Les particules sont des polluants complexes qui peuvent être directement émis dans l'atmosphère (particules primaires), ou provenir de la transformation de polluants gazeux (particules secondaires). Elles peuvent de plus être transportées sur de longues distances et être remises en suspension une fois déposées au sol. De plus, les particules se composent de nombreuses substances et ne constituent pas une espèce chimique unique et homogène.

Dans ce contexte, l'étude menée doit aider à l'identification de mesures appropriées pour faire baisser les teneurs en particules dans l'environnement à travers un double objectif :

- **déterminer la proportion de particules induites localement par le trafic, produites par l'agglomération parisienne et importées d'autres régions en France ou en Europe.**
- **estimer la contribution des différentes sources d'émissions (chauffage, industrie, trafic, agriculture...) aux niveaux de particules mesurées le long d'une route à fort trafic, dans l'agglomération parisienne en général, ou à l'échelle de la région.**

L'étude en quelques chiffres...

- ✓ 7 stations de mesure
- ✓ 9 analyseurs automatiques
- ✓ 14 préleveurs manuels
- ✓ 5096 prélèvements
- ✓ 5682 filtres analysés
- ✓ Plus de 10 000 pesées
- ✓ Plus de 30 espèces chimiques mesurées chaque jour et sur chaque site, soit **87 600 analyses chimiques** :
 - ◆ 65 700 pour les particules fines
 - ◆ 21 900 pour les particules grossières



¹ Les **particules grossières** ou « **PM10** » sont de taille inférieure à 10 µm (6 à 8 fois plus petites que l'épaisseur d'un cheveu ou de la taille d'une cellule) et pénètrent dans l'appareil respiratoire. Les **particules fines** ou « **PM2,5** » sont inférieures ou égales à 2,5 µm (comme les bactéries) et peuvent se loger dans les ramifications les plus profondes des voies respiratoires.

Cette étude a été pilotée par Airparif qui a souhaité s'appuyer sur un **comité scientifique européen** composé d'experts français et européens de Berlin, Londres et Barcelone, ainsi que de représentants institutionnels français.

Elle est **essentiellement ciblée sur les particules fines PM2.5**, compte tenu de leur impact sur la santé mais également parce qu'elles représentent en moyenne 70 % de la masse totale des particules grossières.

Elle est basée sur une **méthode développée à Berlin** où elle a servi de base aux discussions pour la mise en place d'une zone de basse émission visant à diminuer les niveaux de particules. Elle repose sur le couplage de mesures de concentrations de particules avec des analyses de leur composition chimique, des données météorologiques et des données d'inventaire d'émissions en Ile-de-France et en Europe. Ces travaux ont concerné 7 stations de mesure réparties à travers l'Ile-de-France, dont 6 pendant un an de septembre 2009 à septembre 2010. Les résultats présentés ci-après distinguent deux types de situation : l'origine géographique et les sources de particules près du trafic, et celles dans l'agglomération parisienne lorsque l'on se trouve loin de la circulation.



Le long de la circulation, des particules en majorité franciliennes avec une contribution importante et stable toute l'année du trafic routier

Près de 60 % de la concentration annuelle en particules fines PM2.5 mesurée sur le site trafic du Périphérique résulte d'une production locale : par le trafic généré par cet axe routier à près de 44%, et par la pollution générale de l'agglomération parisienne pour 17%. Près de 40% de ces niveaux proviennent d'autres régions françaises et européennes.

Sources et origines des particules fines PM2.5 mesurées sur le site trafic du Périphérique (sept.2009 à sept.2010)

Site trafic du Périphérique	Particules produites en Ile-de-France		Particules importées
	par le trafic local	par l'agglomération	
Proportion de particules fines apportées	44%	17%	39%
Sources principales	<ul style="list-style-type: none"> • trafic dont fumées d'échappement (40%) 	<ul style="list-style-type: none"> • trafic de l'agglomération (4%) • chauffage résidentiel au bois (4%) • réactions chimiques dans l'atmosphère (5%) • industrie (2%) 	<ul style="list-style-type: none"> • réactions chimiques dans l'atmosphère (19%) • chauffage du secteur résidentiel et tertiaire (9%) • trafic routier (3%) • autres transports dont maritime (3%) • industrie (2%) • sources naturelles (1%)
	<ul style="list-style-type: none"> • Action locale sur le trafic de cet axe 	<ul style="list-style-type: none"> • Action locale à l'échelle de l'agglomération 	<ul style="list-style-type: none"> • Action nationale et européenne

A titre de comparaison, pour les particules grossières PM10, le trafic empruntant le Périphérique contribue aussi à près de la moitié de la concentration en particules et cette contribution est stable tout au long de l'année. L'autre moitié provient à la fois de l'agglomération parisienne et de particules produites en dehors de la région et importées.

Sources des particules fines produites localement

Parmi les 60% de particules fines produites en Ile-de-France, et sur lesquelles il est possible d'agir localement, le trafic représente la part la plus importante : 44% sur le Périphérique dont 40% issus de la circulation sur cet axe. Mais le chauffage au bois dans l'agglomération contribue également de manière non négligeable.

Les véhicules diesels contribuent à 90% des niveaux de particules fines produits par le trafic. Mais la contribution des véhicules essence induite essentiellement par les deux roues motorisés de moins de 50 cm³ ne doit pas être sous-estimée en ville (7%).

Parmi les véhicules diesels, et selon les sites de mesure, 50% des particules émises proviennent des véhicules particuliers, 20 à 35% des véhicules de livraison, et 10 à 20% des poids lourds.

Si les fumées d'échappement constituent l'essentiel de la contribution du trafic, la remise en suspension de particules déposées au sol, de l'abrasion des véhicules (pneus, plaquettes de freins...) et de la route peut également être importante.



**Dans l'agglomération parisienne et loin du trafic,
des particules qui proviennent en majorité de transferts de pollution**

En situation éloignée du trafic, les deux tiers de la concentration annuelle en particules fines PM2.5 mesurée à Paris proviennent de sources extérieures à la région. Un tiers est généré à parts égales (environ 7% chaque, soit pour chacune un quart de la contribution de l'agglomération parisienne) par des sources localisées dans l'agglomération parisienne : le chauffage résidentiel au bois et le trafic, sur lesquels il est possible d'agir directement et localement, et les particules provenant de réactions chimiques dans l'atmosphère pour lesquelles on ne peut agir qu'indirectement sur les précurseurs.

Sources et origines des particules fines PM2.5 mesurées dans l'agglomération parisienne à Paris (sept.2009 à 2010)

Site urbain éloigné du trafic (Paris)	Particules produites en Ile-de-France par l'agglomération	Particules importées
Particules fines PM2.5	32%	68%
Sources principales	<ul style="list-style-type: none"> • réactions chimiques dans l'atmosphère (7%) • chauffage résidentiel au bois (7%) • trafic routier (8%) • industrie (3%) • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • réactions chimiques dans l'atmosphère (34%). • chauffage résidentiel et tertiaire (16%) • trafic routier (6%) • autres transports dont maritime (5%) • industrie (3%) • sources naturelles (2%)
	↑ ● Action locale	↑ ● Action nationale et européenne

Bien que le bois soit un combustible peu utilisé en Ile-de-France, le chauffage au bois résidentiel est néanmoins une source très significative de particules fines produites dans l'agglomération parisienne (environ un quart).

➤ En termes de quantité de particules fines émises : le bois ne représente que 5% de la consommation énergétique en combustibles utilisés pour le chauffage résidentiel (selon le Ceren²) mais il est responsable de 84% des émissions de particules fines du chauffage résidentiel.

➤ En termes de concentration, et donc de qualité de l'air, cette étude permet de quantifier qu'en hiver, le chauffage au bois constitue une part non négligeable des particules fines produites localement. Il est en effet à l'origine de 7% des PM2.5 mesurées en zone urbaine pendant l'année (9% en hiver) et constitue un quart de la contribution de l'agglomération parisienne.

Sources de particules fines importées

La pollution en provenance d'autres régions est responsable de près de 70% des niveaux de particules fines mesurés en Ile-de-France. Ces particules proviennent majoritairement de composés inorganiques secondaires (34%) formés par réactions chimiques dans l'atmosphère à partir de composés gazeux émis par trois sources principales : le trafic routier, l'agriculture et l'industrie.

² Ceren : Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie

Le chauffage des habitations et des entreprises en France et en Europe, tous combustibles confondus, constitue la deuxième principale source de particules fines importées sur la région (16%). Les autres sources de particules importées sont par ordre d'importance : le trafic routier (6%), les autres modes de transport dont le maritime (5%) et l'industrie (3%).

Conclusions et perspectives

Compte tenu de l'imbrication des échelles géographiques impliquées dans les émissions de particules et de la diversité de leurs sources, quantifiées par l'étude, **améliorer la qualité de l'air sur l'ensemble de l'agglomération parisienne et respecter les réglementations ne peuvent être obtenus qu'au prix d'actions énergiques et complémentaires:**

- **en termes d'échelles géographiques** : avec des actions spécifiques sur le trafic d'un axe routier pour diminuer son niveau de pollution, en particulier vis-à-vis des riverains qui sont nombreux le long des grands axes en Ile-de-France. Des actions complémentaires à l'échelle de l'agglomération parisienne (comme le Plan de protection de l'atmosphère) visent à agir sur les particules fines produites localement. Et des mesures nationales et européennes (telles que les normes d'émission, les directives ou les normes Euro...) ciblent la part des particules importées.

- **par rapport aux activités ciblées** : la part du trafic diesel est relativement importante, tous types de véhicules confondus, et pas uniquement des véhicules particuliers. Mais d'autres sources de particules, comme le chauffage au bois, ont été mises en évidence pour leur contribution non négligeable. Sa prise en compte est d'autant plus importante que ce mode de chauffage est relativement minoritaire en Ile-de-France, contrairement à son impact. En outre, sa part pourrait s'accroître avec l'effet de mesures prises en faveur de la lutte contre le changement climatique ne prenant pas en compte la pollution atmosphérique.

- **en termes de polluants visés** : cette étude met en avant la contribution des particules fines PM2.5 aux niveaux de particules PM10 et donc l'intérêt de cibler des mesures de réduction de cette catégorie de particules, elles aussi réglementées, et qui permettrait de faire baisser aussi le niveau des PM10.

L'analyse de la composition chimique de particules le long du trafic a de plus mis en évidence que des actions sur le trafic permettraient probablement d'apporter un bénéfice sanitaire complémentaire en diminuant la teneur de certains composés. Ce serait le cas du carbone élémentaire, émis à 80% par le trafic et qui serait en partie à l'origine de la toxicité des PM2.5.

En revanche, on ne peut agir directement sur les particules secondaires, provenant de réactions chimiques dans l'atmosphère à partir de précurseurs émis principalement par le trafic, l'agriculture et l'industrie. Or leur part dans les niveaux de particules mesurés est significative.

Vis-à-vis de la fréquence de mise en place des actions de réduction, la stabilité de la contribution du trafic au cours de l'année, associée à la récurrence un jour sur deux des dépassements de la valeur limite, plaide pour **des mesures de réduction chroniques et à large échelle** plus que pour des mesures ponctuelles en cas d'épisode de pollution. Des mesures de réductions permanentes présenteraient de plus l'avantage de faire baisser le nombre et l'intensité des épisodes de pollution. En cas de pics de pollution, notamment en absence de vent, des actions ponctuelles sur plusieurs sources peuvent permettre de diminuer l'ampleur de l'épisode en agissant sur la contribution de l'agglomération parisienne et du trafic. Ces mesures ponctuelles, quelques jours par an, présentent donc un intérêt sanitaire pour les personnes sensibles mais elles ne contribuent pas à améliorer la qualité de l'air respiré au quotidien.

La très importante base de données créée aux cours de ces travaux permettra d'améliorer les outils de modélisation et de prévision des particules et pourra être utilisée par des équipes sanitaires et de recherche pour mieux comprendre le comportement des particules dans l'atmosphère et leur effet sanitaire. De plus, les phénomènes de remises en suspension et d'abrasion, qui sont une source de particules sur laquelle une action pourrait potentiellement être envisagée, ainsi que la formation d'aérosols secondaires, restent difficiles à évaluer et à prédire. Ils nécessiteraient des études complémentaires.