

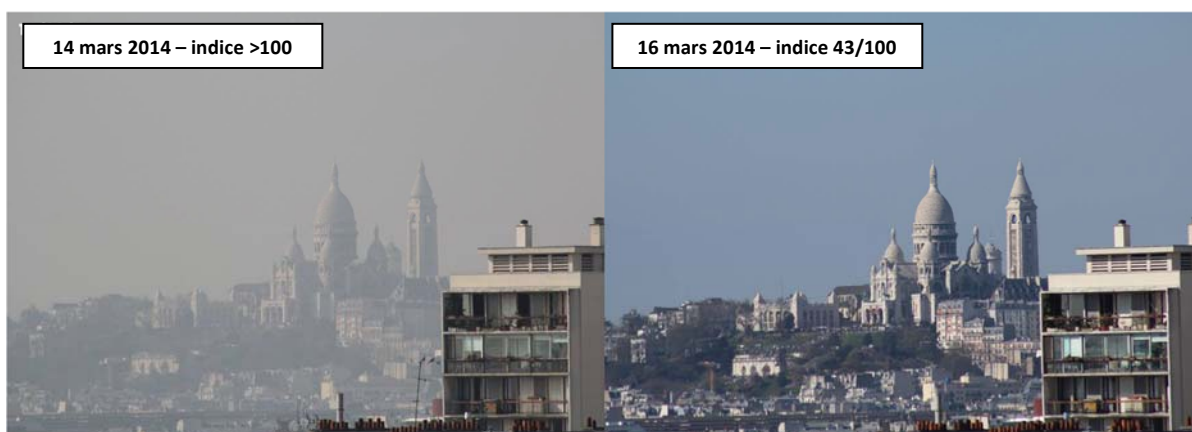
Bilan de l'épisode de pollution et de la circulation alternée

Durant le mois de mars 2014, l'agglomération parisienne a traversé un épisode de pollution long et intense. Airparif, en tant qu'association de surveillance de la qualité de l'air, participe au dispositif d'alerte mis en place par les préfets d'Ile-de-France en cas d'épisode de pollution de l'air. Grâce à ses outils de calcul et de modélisation ainsi qu'à ses prévisionnistes, Airparif a pu prévoir un certain nombre de dépassements qui ont permis aux autorités de mettre en place des mesures de réduction des émissions.

Le lundi 17 mars 2014, les autorités ont décidé la mise en place d'une circulation alternée à Paris et dans la vingtaine de communes limitrophes dans le cadre d'un épisode aux particules PM10. Cette décision fait suite à la persistance des niveaux élevés enregistrés par les stations d'Airparif et à la gratuité des transports en commun dans la région. Une telle procédure avait déjà été mise en place en 1997 mais pour un épisode de pollution au dioxyde d'azote. C'est la première fois qu'elle s'appliquait pour les particules.

Le dimanche 16 mars et le lundi 17 mars, Airparif n'a pas constaté d'épisode de pollution. Des questions se posent donc : Quel a été l'impact de cette mesure ? Cette baisse de pollution est-elle due à la baisse de trafic ou aux conditions météorologiques ? Que retenir de ces circonstances exceptionnelles ?

Description de l'épisode de pollution du 5 au 17 mars 2014



La qualité de l'air dépend en grande partie de l'intensité des émissions polluantes mais aussi de la météorologie qui conditionne la dispersion des polluants ou au contraire leur accumulation. Prévoir la qualité de l'air est donc un exercice difficile puisqu'il doit prendre en compte l'ensemble de ces facteurs.

Ainsi, vent et pluie favorisent la dispersion, le brassage et le lessivage des polluants. En revanche, les situations anticycloniques persistantes (pression atmosphérique élevée, ciel dégagé et limpide, fortes températures) accompagnées d'une absence de vent au sol (inférieur à 2 m/s) et de situation dite d'inversion de température (voir encadré) se traduisent par une accumulation progressive des polluants émis au-dessus de l'agglomération.

Les seuils de déclenchement de la procédure d'information et d'alerte ont été abaissés fin 2011 pour les particules PM10. Ils sont ainsi passés de 80 à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le premier seuil (information), et de 125 à 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le deuxième seuil (alerte).

Depuis l'abaissement des seuils de déclenchement, le nombre d'épisode de pollution en Ile-de-France a sensiblement augmenté. Ces nouveaux seuils sont en lien avec les valeurs limites de la réglementation européenne (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 à ne pas dépasser plus de 35 jours par an). En dehors des épisodes de pollution, ce sont les niveaux élevés de pollution chronique de particules respirés tout au long de l'année qui restent problématiques en Ile-de-France. Chaque année entre 1 et 4 millions de Franciliens sont

potentiellement exposés à des niveaux de pollution qui ne respectent pas la réglementation, principalement le long du trafic et dans le cœur de l'agglomération. Les valeurs limites étant notamment dépassées de manière récurrente en Ile-de-France, pour les particules PM10 et pour le dioxyde d'azote, une procédure de contentieux est en cours entre la France et l'Union européenne pour les premières et pourrait suivre pour le second. Seize autres Etats membres sont également concernés.

Le déroulement de l'ensemble de l'épisode sur la région francilienne est illustré par les cartes suivantes.

Conditions météorologiques durant l'épisode :

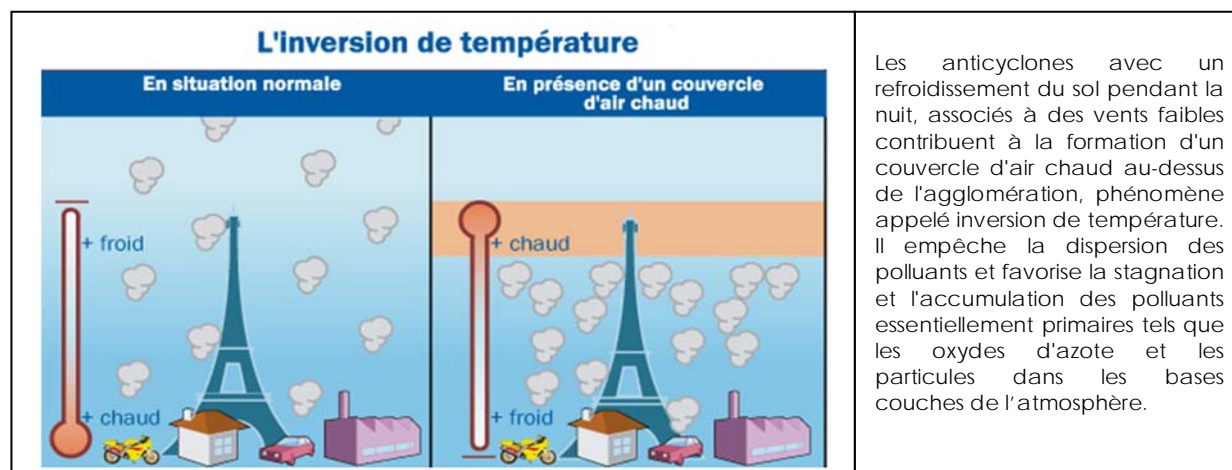
Les premiers jours de l'épisode étaient dus à des conditions anticycloniques caractéristiques de l'hiver avec de fortes inversions de température, notamment aux heures de pointes du trafic avec un vent très faible et une hauteur de couche de mélange très basse. La part de production locale s'est accumulée au dessus de l'agglomération parisienne provoquant des dépassements du seuil d'information.

Les mardi 11 et mercredi 12 mars, le vent s'est levé légèrement (faible à modéré) mais chargé en polluants qui ont rajouté un import important aux niveaux locaux déclenchant les premiers dépassements du seuil d'alerte.

Puis les jeudi 13 et vendredi 14 mars, les conditions anticycloniques de blocage, empêchant la dispersion des particules, se sont mises en place de nouveau. Le matin une inversion de température était observée sur l'agglomération avec un vent très faible et une hauteur de couche de mélange très basse. Une part importante de production locale s'est ajoutée aux niveaux déjà très élevés. Airparif prévoyait une persistance des dépassements du seuil d'alerte sur ces journées.

Un vent d'ouest (faible à modéré) s'est installé à partir de la mi-journée du samedi 15 mars et a permis une dispersion des particules. Une légère « réplique » a eu lieu lundi 17 mars au matin avec un vent faible mais une hauteur de couche de mélange basse. Une inversion de température n'ayant pas eu lieu était prévue ce jour-là laissant penser un possible dépassement du seuil d'information.

Durant cet épisode, les dépassements de seuils ont d'abord commencé avec une pollution locale, renforcée par un import en milieu d'épisode puis un ajout de pollution locale en fin de semaine.

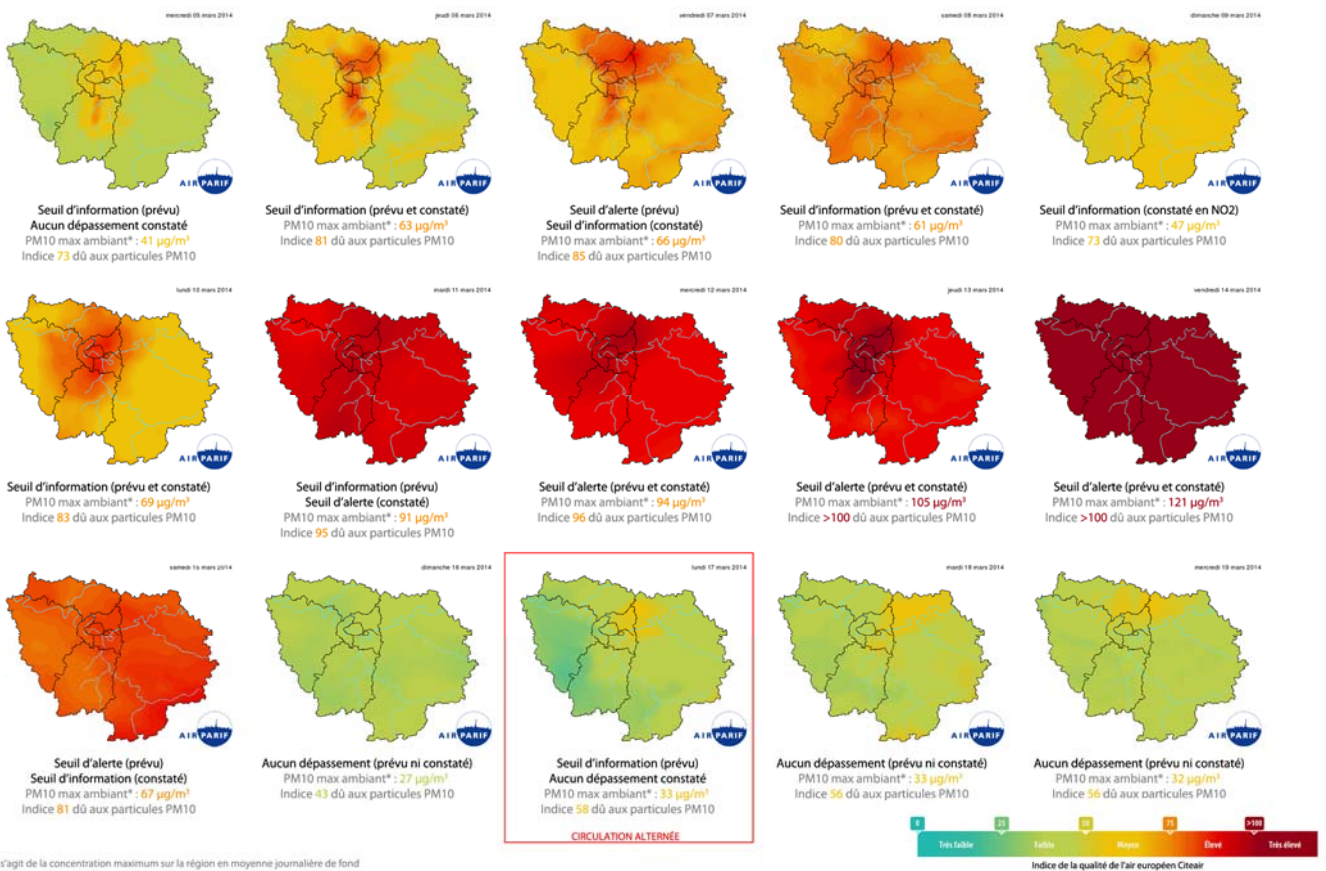


Perspectives : Le suivi du Black Carbon

Les particules regroupent de nombreux composés sous différentes formes chimiques : nitrate d'ammonium, matière organique, carbone suie.... Ce dernier, autrement appelé carbone élémentaire ou black carbon, est produit par des combustions incomplètes, issues du trafic routier notamment. Ses sources sont moins diverses et plus locales que pour l'ensemble des particules d'après l'Organisation Mondiale de la Santé, c'est un bon indicateur de la toxicité des particules issues de la combustion.

Le carbone suie semble donc un indicateur pertinent de la pollution particulaire pour suivre des actions de réduction envisagées notamment sur le trafic routier. Le LSCE et Airparif travaillent en collaboration sur deux projets de recherche sur le carbone suie (projet Prequalif et Rebecca). L'idée étant d'améliorer les connaissances sur la composition des particules à travers la mesure et la modélisation du carbone suie en Ile-de-France. L'analyse des concentrations en carbone suie durant cet épisode sera publiée prochainement.

Cartes journalières de la qualité de l'air en Île-de-France du 5 mars 2014 au 19 mars 2014



Impact de la circulation alternée



Les outils de calculs et de modélisation d'Airparif permettent de réaliser des analyses de scénarii et des évaluations de l'impact des mesures prises par les autorités. Surveiller la qualité de l'air, informer, comprendre les phénomènes de pollution et évaluer l'efficacité de mesures sont les missions d'Airparif.

L'ampleur de l'impact de mesures locales telle que la circulation alternée dépend des conditions météorologiques du jour, de la situation de la pollution et du polluant concerné. Le scénario optimum pour la mise en place d'une circulation alternée serait la mise en place lors d'un jour où la production locale liée

au trafic est majoritaire et dans des conditions anticycloniques avec une inversion de température et sans vent.

Afin de pouvoir évaluer l'impact de la mesure de circulation alternée prise le 17 mars 2014, il convient de comparer la situation observée à cette date avec une situation de référence, représentative du trafic qu'il y aurait eu sans cette mesure. L'évaluation de l'impact de la circulation alternée présente aussi certaines limites techniques, nous manquons d'éléments précis quant au parc roulant circulant ce jour. Les véhicules n'étant pas clairement identifiés, nos estimations trafic sont basées sur des analyses moyennes de flotte roulante et des boucles de comptage réelles. Sans cette identification précise des véhicules, nous ne pouvons connaître exactement quels véhicules ont circulé.

Pour évaluer l'impact de la circulation alternée sur le trafic routier, la journée du lundi 10 mars 2014 est utilisée comme référence : c'est également un lundi, du même mois. Les conditions climatiques de cette date n'étaient pas dégradées (pas de pluie ou de neige qui impacterait le trafic) et ce lundi ne constituait pas un lundi de retour de congés.

Impact sur le trafic routier :

Les données utilisées sont celles issues du système HEAVEN¹, recalé toutes les heures à partir de 400 points de comptages à Paris et environ 100 sur le reste de l'Île-de-France. Ainsi les données de trafic utilisées intègrent toutes les mesures de restriction prises le 17 mars 2014, soit la réduction de vitesse sur les grands axes franciliens, le contournement des poids lourds en transit ainsi que la circulation alternée sur Paris et les 22 communes limitrophes. L'effet de ces différentes mesures ne peut pas être examiné séparément.

Le tableau suivant montre l'écart de trafic entre le lundi 10 mars et lundi 17 mars. **La mise en place de la circulation alternée a un impact variable suivant les zones géographiques avec -18 % de trafic sur Paris, -13 % sur Petite Couronne et -9 % sur Grande Couronne.**

Zones	Heure Pointe du Matin	Heure Pointe du Soir	Durée de la Circulation alternée
Paris	-9 %	-21 %	-18 %
Petite Couronne	-6 %	-15 %	-13 %
Grande Couronne	-4 %	-10 %	-9 %

Tableau : Evolution du trafic le 17 mars en regard du trafic du 10 mars 2014 par secteur géographique.
HPM = de 7 à 9 heures locales et HPS = de 18 à 20 heures locales

Impact sur les émissions :

Les émissions de polluants correspondent aux quantités de polluants directement rejetées dans l'atmosphère. Les émissions permettent d'évaluer les actions de réduction sur la source de la pollution. Le tableau ci-dessous montre le pourcentage de réduction des émissions évalué durant la journée du 17 mars. En moyenne sur la durée de la circulation alternée (5h30-24h), cette mesure a contribué à la **baisse de 15 % des émissions liées au trafic routier en particules PM10 et de 20 % des émissions d'oxydes d'azote.**

En prenant en compte la journée de référence du 10 mars, on note un effet contrasté suivant les périodes de la journée. En cohérence avec les données de trafic, la baisse sur les émissions durant les heures de pointe du soir a été plus importante que celles du matin. Pour les particules PM10, la baisse des émissions est estimée à -3 % sur les heures du point de matin et -19 % sur celles du soir et respectivement -9 % et -23 % pour les émissions d'oxyde d'azote. Airparif ne possède pas d'assez d'éléments pour expliquer ce phénomène (temps de mise en place ? Effet comportemental ? Choix de la journée de référence ? etc.).

¹ source HEAVEN : modèle de trafic routier exploité par Airparif et développé en collaboration avec la Ville de Paris et la DRIEA et alimenté par des données horaires de la Ville de Paris et de la DIRIF.

Zonse	Emissions de Particules PM10	Emissions de Oxyde d'azote (NOx)
Circulation Alternée (CA)	-15 %	-20 %
Petite Couronne hors CA	-8 %	-13 %
Grande couronne	-4 %	-9 %

Tableau : Evolution des émissions le 17 mars avec et sans mesures de restriction de circulation par secteur géographique.

Impact sur les concentrations :

Les concentrations de polluants caractérisent **la qualité de l'air que l'on respire** (et s'expriment le plus souvent en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)). La qualité de l'air dépend des émissions, même s'il n'y a pas de lien simple et direct entre les deux. En effet, la qualité de l'air résulte d'un équilibre complexe entre la quantité de polluants rejetée dans l'air et toute une série de phénomènes auxquels ces polluants vont être soumis une fois dans l'atmosphère sous l'action de la météorologie : transport, dispersion sous l'action du vent et de la pluie, dépôt ou réactions chimiques des polluants entre eux ou sous l'action des rayons du soleil. Ainsi à partir d'émissions de polluants équivalentes en lieu et en intensité, les niveaux de polluants dans l'environnement peuvent varier d'un facteur cinq suivant les conditions météorologiques plus ou moins favorables à la dispersion, ou au contraire à la concentration de ces polluants.

Afin de mettre en avant l'impact de la circulation alternée sur les niveaux de pollution, Airparif a réalisé des cartes de « différence » entre les concentrations durant la journée de la circulation alternée et celles attendues ce jour-là sans mise en place de l'action (carte du jour avec le trafic de référence du 10 mars). Sur les cartes suivantes, une amélioration liée à la circulation alternée apparaît en bleu et une dégradation apparaîtrait en rouge.

Il est à noter qu'avec des conditions météorologiques différentes, telles qu'avec un anticyclone, peu de vent et une forte inversion de température, une amélioration plus importante aurait pu être escomptée. Malgré tout, les cartes du 17 mars montrent un bilan global positif :

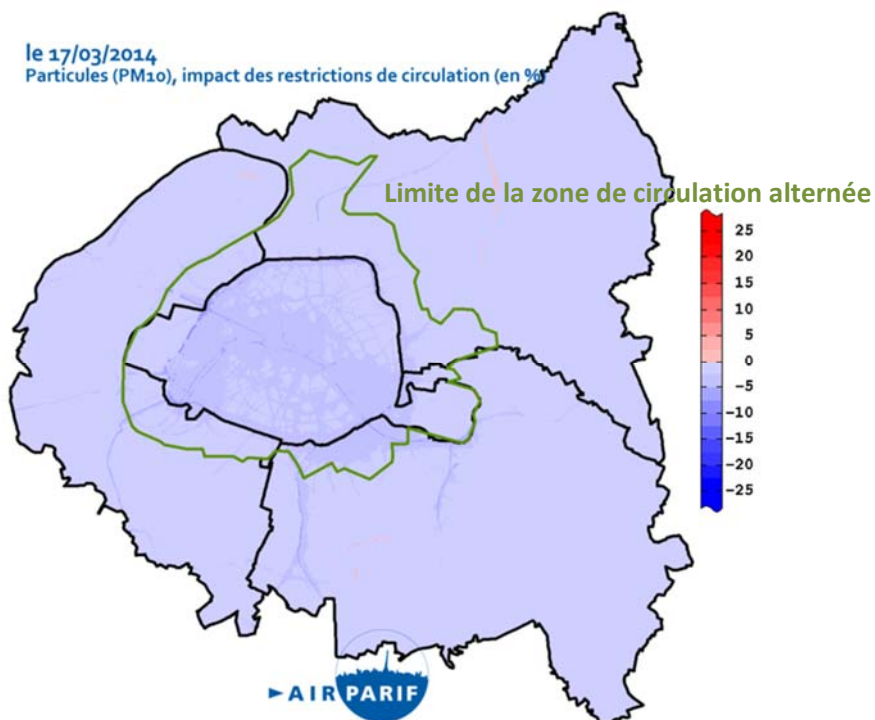
- **En situation éloignée des axes routiers, une amélioration de presque 2 % (soit $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de particules PM10** a pu être constatée en moyenne sur la journée dans la zone de la mise en place de la circulation alternée.
- **Mais comme l'illustrent les cartes suivantes, c'est à proximité du trafic et notamment sur les grands axes parisiens que la circulation alternée a eu le plus grand impact, notamment sur le Boulevard Périphérique. Pour les particules PM10, la diminution induite par la mise en place de la mesure est estimée à plus de 6 % (soit $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de baisse) sur l'ensemble de la journée (5h30-24h).** Certaines heures de la journée sont cependant marquées par des baisses plus importantes, notamment l'heure de pointe du soir avec des diminutions supérieures à 10 % sur l'ensemble du Boulevard Périphérique.

L'impact de cette action est encore plus important sur le dioxyde d'azote avec en moyenne sur la journée, une baisse de 10 % sur l'ensemble du Boulevard Périphérique. A l'heure de pointe du soir sur ce même axe routier, ces diminutions ont ponctuellement pu atteindre 30 %.

Le tableau et les cartes ci-dessous illustrent ces résultats :

	Concentration Particules PM10	Concentration Dioxyde d'azote (NO2)
Loin des axes routiers	- 2 %	- 7 %
A proximité du trafic (exemple du Boulevard Périphérique)	- 6 %	- 10 %

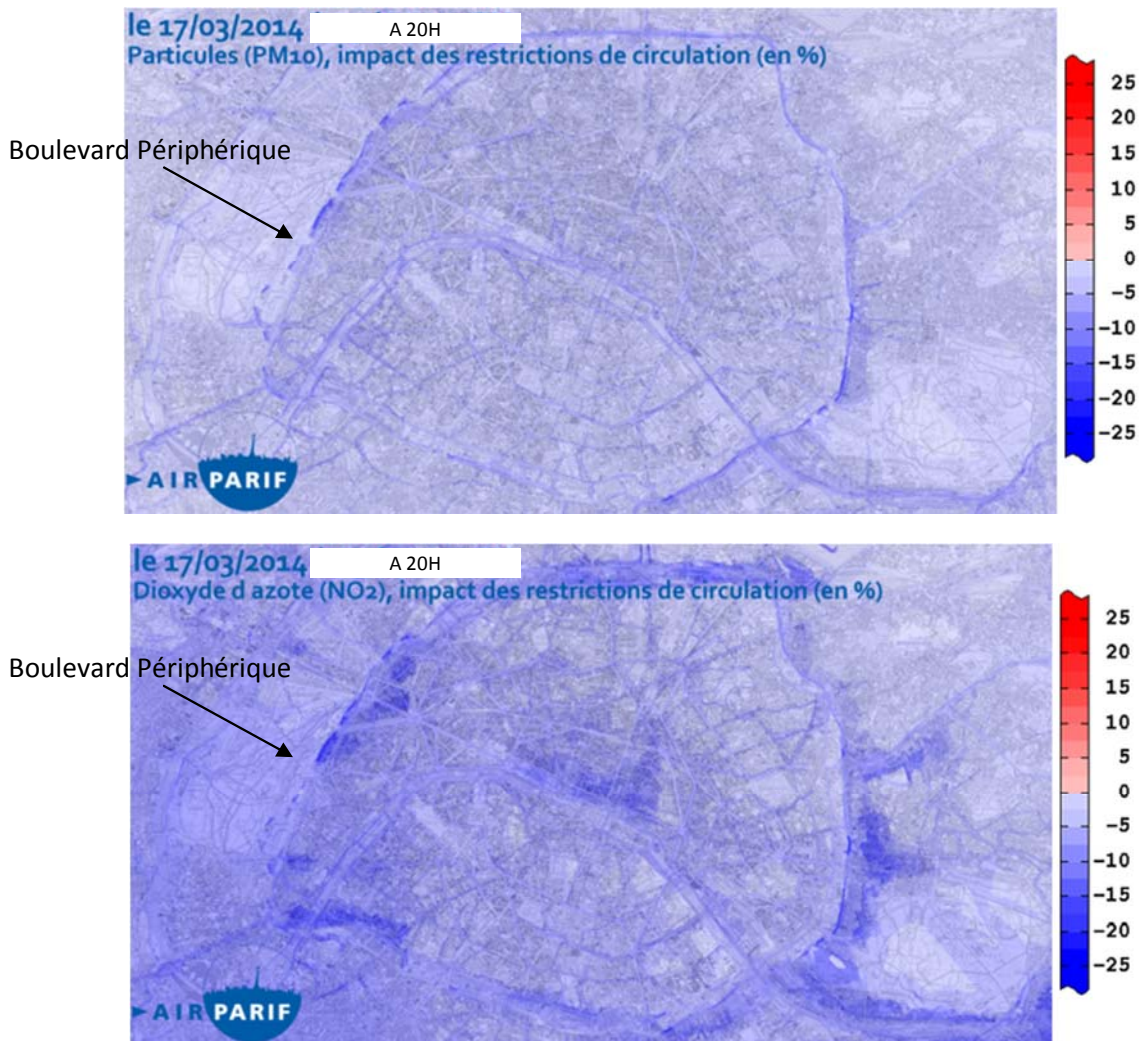
Impact moyen de la circulation alternée pour les particules PM10 en Ile-de-France
(en % de diminution de concentration sur la durée de l'opération : 05h30-minuit)



Zoom sur Paris



*Maximums de baisse atteints en particules PM10 et en dioxyde d'azote à 20h,
lors de la pointe de trafic du soir*



Circulation alternée : Evaluation de l'efficacité de la mesure

En fonction des conditions météorologiques et de la part des émissions liées au trafic routier, l'efficacité d'une circulation alternée est plus ou moins grande. Toutes les conditions météorologiques ne sont pas propices à la mise en place d'une telle mesure. Les meilleurs résultats peuvent être attendus lorsqu'il y a un anticyclone, peu de vent et une forte inversion de température. Ces conditions n'étaient pas complètement réunies lors de la journée du 17 mars. Malgré tout, une réelle diminution de l'exposition aux particules et une diminution encore plus forte de l'exposition au dioxyde d'azote liée à la mise en place de l'action a pu être relevée lors de cette journée.

De même, la mise en place de la circulation alternée a permis de diminuer le volume de trafic mais, dans ses modalités actuelles de mise en œuvre, en visant les véhicules de plaque paire ou impaire, elle ne permet pas de cibler de façon sélective les véhicules les plus polluants. De ce fait, des véhicules très émetteurs aux plaques impaires ont circulé ce jour et des véhicules moins émetteurs aux plaques pairs ont été interdits dans la zone.

L'évaluation de la mesure doit aussi s'inscrire dans le contexte de la région Ile-de-France, région densément peuplée et fortement urbanisée. Plus de 85 % de la population francilienne vit dans le cœur de

l'agglomération parisienne soit 2600km² et le poids du trafic routier y est important. Les valeurs limites sont dépassées de manière récurrente en Ile-de-France pour les particules PM10 depuis plusieurs années, chaque année entre 1 et 4 millions de franciliens sont exposés à des niveaux de particules dépassant les limites réglementaires et une procédure de contentieux est en cours entre la France et l'Union européenne.

Afin d'abaisser les niveaux globaux sur le long terme, une action pérenne de grand envergure sur le trafic devrait être appliquée, telle que celle initiée dans le cadre des zones de basse émission. Des discussions sur ces zones de basse émission sont en débat dans de nombreuses agglomérations européennes.

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (IARC), l'agence spécialisée de l'Organisation Mondiale de la Santé, a annoncé qu'elle classifiait la pollution de l'air extérieur comme cancérigène. Les particules fines, un composant majeur de la pollution ambiante, ont aussi été évaluées séparément et ont également été classifiées comme cancérigène.

Le rapport de l'IARC montre qu'il existe une relation entre l'augmentation du risque de cancer du poumon et l'augmentation du niveau d'exposition aux particules et à la pollution de l'air.

La pollution de l'air est déjà connue pour augmenter les risques de nombreuses maladies, telles que respiratoires et cardiovasculaires.

C'est pourquoi pour les particules, toute diminution d'exposition représente une réelle amélioration en termes de santé publique.

La circulation alternée n'est bien sûr pas la seule mesure pour réduire la pollution mais cette étude lui est spécifiquement consacrée. La circulation alternée est certes une mesure ponctuelle sur le trafic mais elle constitue une action de réduction qui a un impact quantifiable et visible. Elle apporte ainsi des enseignements sur l'impact d'autres actions chroniques pour abaisser la pollution due au trafic routier et plus généralement due à l'ensemble des sources de l'agglomération, telles que les mesures et les recommandations prévues par Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) approuvé le 25 mars 2013 .

En ce sens elle s'inscrit dans l'esprit de la loi sur l'Air qui énonce que chacun dans son domaine et ses activités a une responsabilité pour réduire la pollution de l'air.

Extraits de la Loi sur l'Air et l'utilisation rationnelle de l'Energie - 30 décembre 1996.

Article 1 ([Code de l'environnement - art. L220-1](#))

L'Etat et ses établissements publics, les collectivités territoriales et leurs établissements publics ainsi que les personnes privées concourent, chacun dans le domaine de sa compétence et dans les limites de sa responsabilité, à une politique dont l'objectif est la mise en oeuvre du droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé.

Cette action d'intérêt général consiste à prévenir, à surveiller, à réduire ou à supprimer les pollutions atmosphériques, à préserver la qualité de l'air et, à ces fins, à économiser et à utiliser rationnellement l'énergie. La protection de l'atmosphère intègre la prévention de la pollution de l'air et la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre.