

2 0 1 5
Année de l'air
et du climat

Une double problématique qui nécessite un suivi et des actions coordonnées

En décembre 2015, Paris accueille et préside la 21^{ème} conférence internationale sur le climat (COP21 Paris) aussi appelée « Paris 2015 ». Comment la problématique du changement climatique à l'échelle de la planète est-elle liée à celle de la pollution de l'air, là où nous vivons et respirons ? Certains polluants participent aux deux phénomènes. Des co-bénéfices et des effets antagonistes sont possibles, ce qui plaide en faveur d'une gestion intégrée de l'air et du climat.



Airparif s'est intéressée à ces questions de longue date et installait des mesures de CO₂ sur la tour Saint Jacques à Paris dès 1992. Arrêtées depuis, une nouvelle station de mesure permanente de ce gaz a été installée en 2015 à la Tour Eiffel. De plus, l'inventaire spatialisé des polluants atmosphériques et des gaz à effet de serre (GES), réalisé par l'association en Île-de-France, permet de suivre conjointement l'efficacité des actions mises en œuvre sur ces deux plans.

Enjeux

- Les polluants de l'air et du climat

Différentes par leurs effets, les problématiques de l'air et du climat sont pourtant étroitement liées. D'une part, elles ont les mêmes origines : sources naturelles et, surtout, sources humaines en forte augmentation au niveau planétaire (transports, habitat, chauffage, industrie, agriculture). D'autre part, leurs effets sont imbriqués. Certains polluants de l'air, comme l'ozone et les particules, agissent sur le changement climatique : l'ozone a tendance à réchauffer l'atmosphère, les aérosols à la refroidir. A l'inverse, les changements climatiques pourraient induire des canicules, comme celle de 2003, plus fréquentes et auront donc notamment un impact sur les niveaux d'ozone.

Les polluants atmosphériques sont réglementés à cause de leurs effets sur la santé et l'environnement. Un être humain respire plusieurs milliers de litres d'air par jour (15 000 litres en moyenne pour un adulte). Chacun est donc concerné par les impacts des polluants sur la santé.

 POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE	 CHANGEMENT CLIMATIQUE
EFFETS locaux sur la santé et l'environnement	EFFETS planétaires sur le climat
POLLUANTS RESPONSABLES - particules (PM)/carbone suie*, - oxydes d'azote (NOx), - ozone (O ₃)*, - benzène (C ₆ H ₆), - monoxyde de carbone (CO), - hydrocarbures (COV), - métaux, - pesticides, - dioxines et furanes...	POLLUANTS RESPONSABLES LES GAZ À EFFET DE SERRE (GES) : Pris en compte dans le <u>protocole de Kyoto</u> : - dioxyde de carbone ou gaz carbonique (CO ₂), - méthane (CH ₄)*, - protoxyde d'azote (N ₂ O), - hydrofluorocarbures (HFC)*, - perfluorocarbures (PFC), - hexafluorure de soufre (SF ₆). <u>Autres :</u> - ozone (O ₃)*, - particules/aérosols/carbone suie*

*SLCPs (Polluants climatiques de courte durée de vie)

<p>La qualité de l'air que nous respirons (concentration) résulte d'un équilibre complexe entre les rejets de polluants (émissions) et certaines transformations dans l'environnement : sous l'effet de la météorologie, la pollution est accentuée ou au contraire dispersée.</p> <p>L'air est plus ou moins contaminé par des polluants produits par les activités humaines (industrie, transports, chauffage, agriculture), voire même par des sources naturelles (végétation, volcans, etc.).</p> <p>Les polluants qui posent le plus de problèmes en Ile-de-France sont le dioxyde d'azote, les particules, l'ozone et le benzène. Le trafic routier est la principale source de pollution de la région, compte tenu de la densité des axes routiers et du nombre de véhicules.</p> <p>L'ozone et certaines particules ne sont pas directement rejetés dans l'atmosphère, mais proviennent de réactions chimiques à partir d'autres polluants émis directement par le trafic routier, l'industrie, l'agriculture et le chauffage.</p>	<p>Certains gaz, appelés «gaz à effet de serre» (GES), «captent» une partie du rayonnement renvoyé par la Terre vers l'espace. La chaleur s'accumule alors dans les basses couches de l'atmosphère.</p> <p>Issu de l'utilisation des combustibles fossiles, le dioxyde de carbone (CO₂) est un des principaux représentants des gaz à effet de serre. Mais il n'est pas le seul.</p> <p>Ce phénomène est naturel et intense, il permet à la Terre d'avoir une température moyenne de 15°C, au lieu de -18°C. Toutefois, le rejet massif par les activités humaines de gaz à effet de serre accentue ce réchauffement : +1,1 à +6,4°C d'ici la fin du siècle selon le GIEC.</p> <p>Les modifications climatiques mettent en péril l'équilibre de la planète avec pour conséquences la fonte des glaces et l'élévation du niveau des mers, mais aussi des répercussions climatiques variables géographiquement : précipitations accrues, sécheresses aggravées, phénomènes extrêmes plus fréquents...</p>
---	---

- **Pour une gestion intégrée « Air et Climat »**

L'amélioration durable de la qualité de l'air et la lutte contre le changement climatique appellent à une gestion intégrée. En effet, certaines actions menées pour réduire le changement climatique peuvent avoir un impact négatif sur la qualité de l'air local, comme le développement du diesel¹ ou des substitutions de combustibles avec un développement du chauffage au bois individuel.

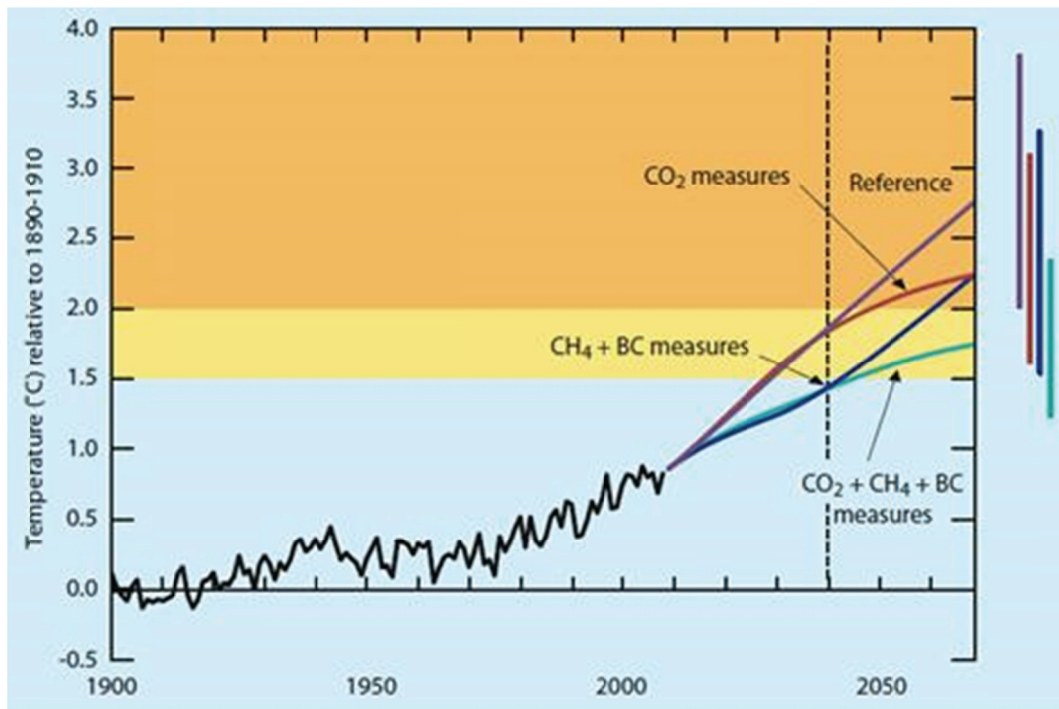
¹ Jusqu'à Euro 5

A l'inverse des stratégies de lutte communes peuvent être bénéfiques, puisque les actions visant à réduire la consommation énergétique permettent de progresser sur les deux plans. C'est également le cas pour les efforts de diminution des SLCPs (short lived climate pollutants, polluants à courte durée de vie, comme l'ozone, le méthane ou le carbone suie -voir page 8), polluants atmosphériques qui sont également des agents de forçage du climat à courte durée de vie dans l'atmosphère qui présentent des **co-bénéfices environnementaux, sanitaires et de développement**.

Suite à une demande du G8, la Banque mondiale a d'ailleurs indiqué dans un rapport et un article intitulés « Réduire les polluants atmosphériques à courte durée de vie : une solution gagnant-gagnant pour le développement et le climat » que la diminution des « rejets de certains polluants qui font partie de notre quotidien, le noir de carbone des véhicules diesel et des fourneaux à combustibles solides, le méthane issu des déchets solides ou les hydrocarbures fluorés de nos aérosols pourraient facilement être endigués, ce qui contribuerait à la réduction des gaz à effet de serre (...) avec des retombées immédiates sur le plan de la santé et pour l'agriculture » en particulier pour les pays en voie de développement qui sont aussi les plus vulnérables. Sur la période 2007-2012, elle a d'ailleurs consacré près de 8% de ses engagements financiers, soit 18 milliards de dollars, à des activités en lien avec les SLCPs.

Et c'est également le sens de la coalition « Climate and Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants (CCAC) lancée par le PNUE (Programme pour l'environnement des Nations Unies) en 2012. Selon son estimation, une action rapide de réduction des SLCPs permettrait d'éviter chaque année 2,4 millions de décès prématurés liés à la pollution de l'air extérieur d'ici 2030 et près de 32 millions de tonnes de récoltes perdues et de ralentir le réchauffement climatique de 0,5°C d'ici 2050.

Le graphique² suivant illustre les bénéfices de mesures intégrées « Air et Climat ».



Bénéfices de l'atténuation des émissions de méthane et du carbone noir sur la température. Source : PNUE

² Source : PNUE/OMM, (2011), " Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone ", résumé à l'intention des décideurs

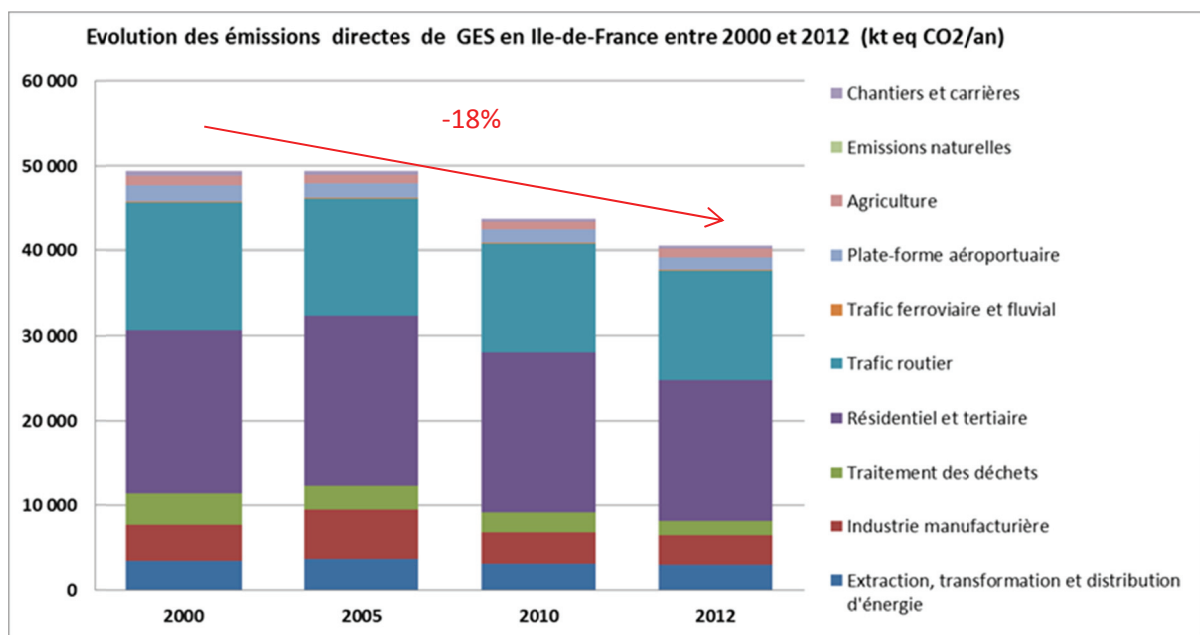
Des outils communs pour le suivi local des évolutions des polluants de l'air et du climat

- **Bilan des émissions de gaz à effet de serre**

Les grandes métropoles participent de manière importante aux émissions de CO₂ compte-tenu de la densité de leur population (consommation énergétique, besoin en transports et concentration des activités économiques). L'Île-de-France contribue ainsi à hauteur de 11% des émissions nationales de CO₂ pour un territoire couvrant seulement 2% de la France métropolitaine.

Pour permettre à ses membres de gérer de manière cohérente des actions « Air et Climat », Airparif réalise depuis plus de dix ans l'inventaire des émissions territoriales à l'échelle de l'Île-de-France, aussi bien pour les polluants de l'air que pour les GES.

L'inventaire d'Airparif des émissions de GES directes (scope1) et indirectes liées à la consommation d'énergie (scope2) de la région est utilisé dans les travaux menés dans le cadre du ROSE³, le réseau d'observation statistique de l'énergie en Île-de-France pour les Plans Energie Climat Territoriaux (PCET) des collectivités et également par les organismes de recherche travaillant sur le climat de la région.



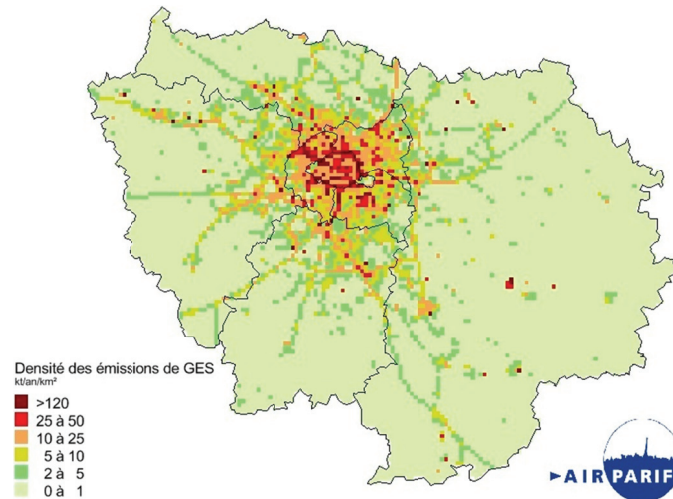
Source : Inventaire des émissions en Île-de-France Airparif – année de référence 2012

Les GES pris en compte dans l'inventaire francilien d'Airparif sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O), qui correspondent à 96% des émissions franciliennes de GES recensées au niveau national en 2012.

Les émissions directes de gaz à effet de serre en Île -de-France pour l'année 2012 représentent 41 Mt (millions de tonnes) en équivalent CO₂.

³ <http://www.roseidf.org/>

L'évolution des émissions montre une diminution des émissions de GES de -18% entre 2000 et 2012. Les émissions de GES des deux secteurs prépondérants en Île-de-France, le secteur résidentiel et tertiaire et le trafic routier, représentent respectivement 41% et 32% des émissions en 2012 et baissent de -14% et -15% sur 12 ans.



Cartographie des émissions de gaz à effet de serre en Île-de-France pour l'année 2012 (résolution 1km²)

La cartographie d'émissions ci-dessus montre de fortes densités d'émissions dans Paris et au sein de l'agglomération, ce qui est directement lié à la densité de population élevée dans cette zone et à l'ampleur du trafic routier sur les principales routes du réseau structurant francilien.

Les émissions de GES de l'agglomération parisienne contribuent pour 77% aux émissions de la région Île-de-France. La contribution du secteur résidentiel et tertiaire est de 48% contre 41% au niveau régional. Cependant c'est aussi dans cette même zone très habitée que les émissions par habitant sont donc les plus basses.

Exemple d'application : Dans le cadre d'une étude sur l'évolution de la qualité de l'air à Paris entre 2002 et 2012, Airparif a pu dissocier l'impact de différents facteurs agissant sur les polluants atmosphériques et sur les gaz à effet de serre. Pour les émissions de CO₂, le tableau suivant montre que la plus forte diminution est attribuable aux aménagements de voiries mis en place à Paris (-10%), alors que pour les émissions de polluants de l'air (NO_x et PM₁₀), c'est le renouvellement du parc automobile qui a eu l'impact le plus positif. En revanche, la diésélisation du parc a été néfaste pour l'air et finalement pas aussi favorable que ce qui pouvait être espéré pour le CO₂.

EMISSIONS Entre 2002 et 2012	Polluants atmosphériques		Gaz à effet de serre
	Oxydes d'azote NO _x	Particules PM ₁₀	Dioxyde de carbone CO ₂
Diminution du trafic et de la vitesse = impact des aménagements de voirie	-11%	-9%	-10%
Modernisation du parc : Evolution des Normes euros	-24%	-45%	-5%
Diésélisation du parc	+11%	+13%	-2%
Evolution de la composition du parc roulant	+3%	+6%	+4%
Evolution TOTALE des émissions tous facteurs confondus	-30%	-35%	-13%

Tableau des émissions par facteur à Paris entre 2002 et 2012. Source : Airparif - Evolution de la qualité de l'air à Paris entre 2002 et 2012

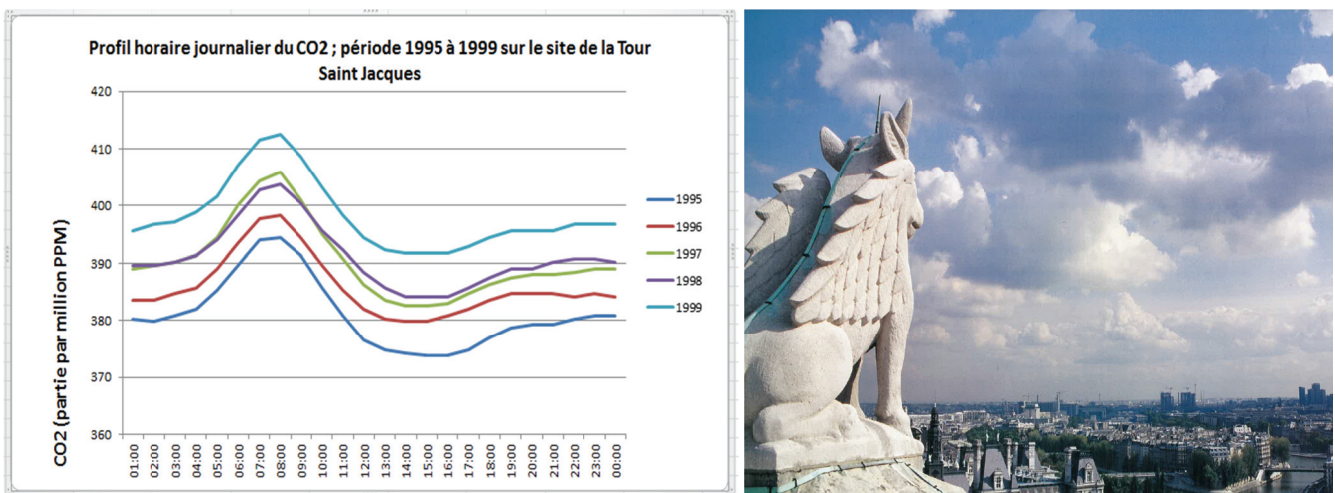
- **Mesure du dioxyde de carbone (CO₂)**

Le CO₂ est un gaz à effet de serre n'ayant pas d'impact direct sur la santé (nous expirons du CO₂ à chaque respiration). C'est un gaz inerte qui est très stable dans l'atmosphère : le gaz émis se retrouve immédiatement dans l'air ambiant. C'est donc un indicateur dans l'air ambiant intéressant à suivre et à mettre en parallèle avec la mesure d'autres polluants atmosphériques. Airparif a engagé des travaux d'études sur la mesure du CO₂ depuis 20 ans.

- Mesures des concentrations de CO₂ dans l'air parisien à la tour Saint-Jacques (Paris 4^{ème})

Des relevés de CO₂ ont déjà été réalisés à la tour Saint-Jacques dans le passé par Airparif, en collaboration avec le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (LHVP), entre 1992 et 1999. Les résultats et l'évolution des teneurs observées pendant ces années dans le cœur de Paris sont présentés à la figure suivante.

La tour Saint-Jacques est située en zone urbaine, marquée par la présence d'un fort trafic à proximité de la Tour. Les mesures ont été réalisées au 1^{er} étage (15 m). **Une augmentation progressive des niveaux de CO₂ est observée de 1995 à 1999 (+ 5%) qui illustre l'augmentation générale du niveau de fond.** De plus, le graphique suivant montre une augmentation le matin au moment de l'heure de pointe du trafic, comme cela est observé pour les polluants atmosphériques.



Profil journalier des teneurs en CO₂ mesurées entre 1995 et 1999 à la tour Saint Jacques, Paris (4^{ème}).

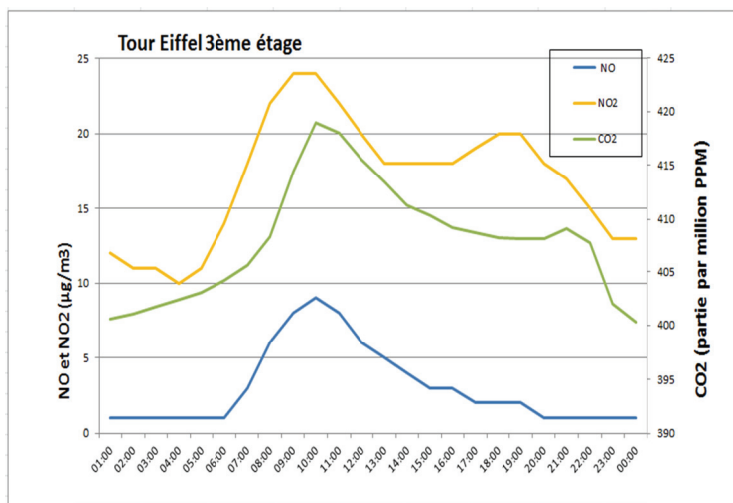
Suite aux travaux de rénovations réalisés sur la Tour au début des années 2000, Airparif n'a pu poursuivre le suivi des niveaux de CO₂ à ce point.

- Mesures des concentrations de CO₂ à la tour Eiffel (Paris 7^{ème})

En 2011-2012, dans le cadre d'un projet de recherche « MEGAPARIS » piloté par le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) et d'un financement de la Mairie de Paris, Airparif a réalisé des premières mesures au 3^{ème} étage de la tour Eiffel.

Le profil de la tour Eiffel est comparable à celui des autres polluants mesurés au 3^{ème} étage, comme le montre le graphique suivant. L'évolution journalière des polluants, dont le CO₂, suit celles des

émissions anthropiques, notamment celles issues du trafic routier. Une augmentation des teneurs est ainsi observée lors de l'heure de pointe du matin (trajet domicile – travail) et, d'une façon moins marquée, au moment des trajets retours (travail – domicile).



Profil journalier des mesures au 3^{ème} étage de la tour Eiffel (Paris 7^{ème}) entre le 01.07.2010 et le 31.12.12

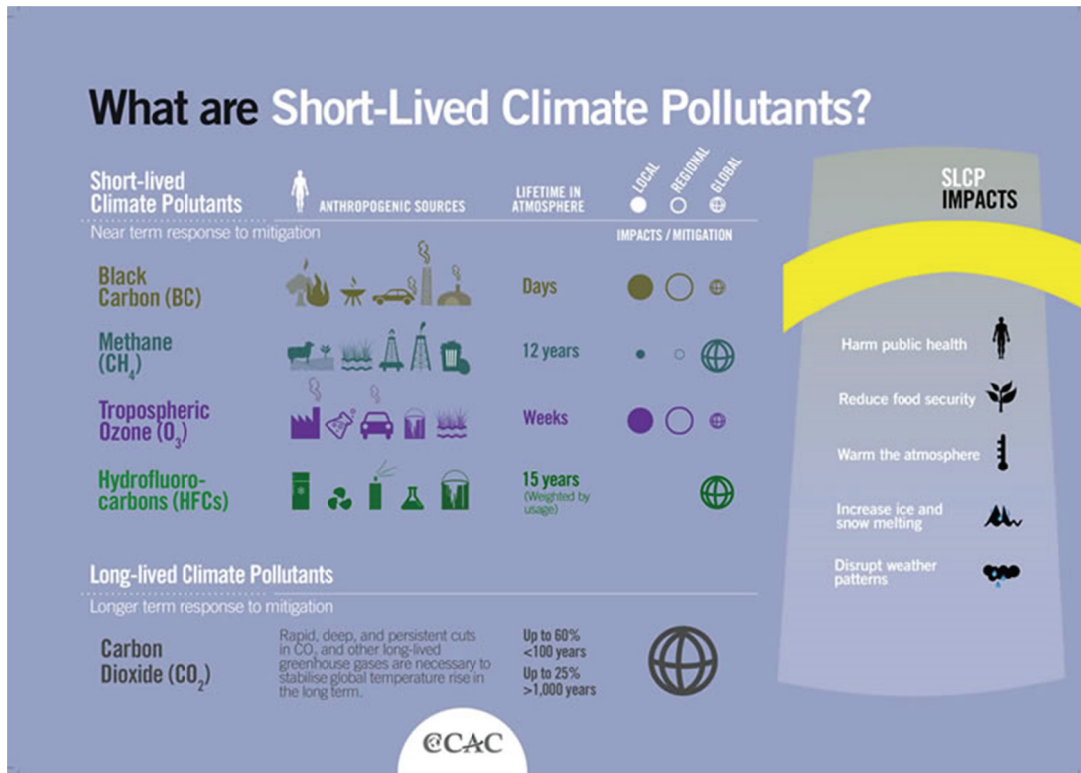
Le projet de recherche MEGAPARIS, auquel Airparif a participé, vise à terme à identifier les incertitudes des inventaires des émissions via des comparaisons « modèle-mesure ». Dans cette logique, **Airparif a installé en 2015 la première station permanente de mesure du CO₂ à la tour Eiffel**. Afin de pallier aux impacts liés à la variation de la couche limite observés lors des mesures au 3^{ème} étage, cette station a été installée au 1^{er} étage de la tour Eiffel et est ainsi représentative d'un milieu urbain de fond. Grâce à cette station de mesure permanente, Airparif pourra réaliser des mesures sur le long terme et des comparaisons interannuelles. Le bilan 2015 de la qualité de l'air en Île-de-France fera état des premières mesures.

- **Polluants à courte durée de vie (SLCPs, Short-Lived Climate Pollutants), dont l'ozone et le carbone suie**

D'après le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), les polluants climatiques de courte durée (SLCPs) sont des agents qui ont une durée de vie relativement courte dans l'atmosphère – de quelques jours à quelques décennies – et qui influent fortement sur le réchauffement du climat. Les principaux polluants de courte durée de vie sont le carbone noir (suie), le méthane (CH₄) et l'ozone troposphérique (O₃). Ces polluants sont les plus importants contributeurs de l'effet de serre d'origine humaine après le CO₂. Ce sont également des polluants atmosphériques qui peuvent avoir des impacts néfastes sur la santé humaine, l'agriculture et les écosystèmes. Des actions visant à réduire le carbone suie ou l'ozone sont donc bénéfiques à l'échelle locale (santé, végétation) et à l'échelle globale (effet de serre).

Du fait de leur courte durée de vie, des actions sur la pollution atmosphérique auront un effet à court terme sur les concentrations de ces polluants, et donc un impact sur le climat. Toutefois, comme le précise la PNUE, « si l'atténuation de ce type de polluants peut aider à réduire la vitesse du

réchauffement de la planète et éviter de dépasser la cible des 2°C à court terme, la protection du climat à long terme exige une réduction profonde et rapide des émissions de dioxyde de carbone. »



Source: Climate and Clean air coalition (CCAC)

○ Le double effet du carbone suie

Le carbone suie apparaît aujourd’hui comme le meilleur témoin des sources de pollution locale en lien avec la combustion liée au trafic ou à la combustion de biomasse. Le carbone suie appartient à la grande famille des particules. Il est constitué de carbone (C) dont la couleur noire absorbe le rayonnement lumineux. De ce fait, le carbone suie a un pouvoir réchauffant et est aussi un polluant climatique.

Afin de mieux comprendre ce polluant ambivalent et la part locale des épisodes de pollution dus aux particules, **Airparif dispose de 6 sites de mesures permanent du carbone suie**, aussi bien en zone rurale et urbaine qu’en situation de proximité et éloignée du trafic.

Airparif réalise également le bilan des émissions du carbone suie dans la région. Le premier contributeur aux émissions de carbone suie en Île-de-France est le transport routier avec 66% des émissions en 2012. Cette contribution majoritaire, ainsi que la faible part importée, fait du carbone suie un bon indicateur de suivi de la pollution automobile, grâce à sa mesure à proximité du trafic routier. Les véhicules diesels sont à l’origine de la quasi-totalité des émissions franciliennes de carbone suie du transport routier en 2012.

Les prochains bilans de la qualité de l’air en Île-de-France contiendront également un volet sur ce nouvel indicateur.

Dans le cadre de la revue Airparif Actu (#42 décembre 2014 : « Le carbone suie : enjeu présent et futur »), Airparif a eu l’occasion d’interviewer deux chercheurs sur les effets imbriqués du carbone suie entre pollution atmosphérique et réchauffement climatique.



Extrait de l'interview de Hervé Le Treut

Membre du Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur le climat) et directeur de l'IPSL (Institut Pierre-Simon Laplace des sciences de l'environnement)

Le rapport du Giec se penche principalement sur les gaz à effet de serre qui ont une longue durée de vie.

Comment sont pris en compte les composés à courte durée de vie comme les polluants atmosphériques ?

Le Giec a porté une attention plus grande sur les polluants atmosphériques, gaz et particules. Leur durée de vie n'est que de quelques semaines, ils ne sont donc pas dominants par rapport aux gaz à effet de serre qui se propagent une centaine d'années. Mais leur impact est loin d'être négligeable sur le climat. Les particules ont par exemple un effet complexe : la plupart refroidissent l'atmosphère, et certaines comme le carbone suie le réchauffent. Or on ne connaît pas encore assez bien les subtilités de leur bilan radiatif.



Extrait de l'interview de Paolo Laj

Directeur du Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement, et pionnier des mesures de carbone suie en haute altitude.

Le carbone suie est-il un levier d'action dans la lutte contre le changement climatique ?

On voit que le carbone suie se retrouve partout à des concentrations non négligeables, avec un rôle global sur le climat susceptible d'être conséquent. Son pouvoir de réchauffement est équivalent à celui du méthane. Déposé sur les surfaces enneigées, il pourrait en accélérer la fonte. Enfin, comme pour les autres types de particules, il agit sur la formation des nuages. Il pourrait ainsi paraître plus simple et plus économique pour les décideurs d'agir sur la limitation des émissions de carbone suie plutôt que sur celles du CO₂.

Mais les choses sont plus compliquées qu'elles n'en ont l'air car le carbone suie n'est jamais émis seul, mais avec d'autres particules, ou d'autres gaz qui une fois dans l'atmosphère formeront de nouvelles particules. Ces particules, à l'inverse du carbone suie, ont en général un effet refroidissant car elles réfléchissent la lumière plus qu'elles ne l'absorbent. Le trafic routier par exemple, qui est un des plus importants contributeurs de carbone suie, rejette aussi des particules refroidissantes. On peut donc difficilement savoir si une réduction du carbone suie aura un effet positif ou négatif sur les températures.

Cette réserve vaut surtout pour les pays développés où les concentrations de carbone suie observées sont plutôt faibles et la marge de réduction réduite. Pour certains pays émergents, les niveaux de carbone suie sont tellement élevés qu'une réduction en vue de la lutte contre le réchauffement climatique a plus de sens.

La baisse des émissions de carbone suie n'est donc pas une alternative à la baisse des émissions de CO₂. Il est par contre évident qu'une telle mesure serait bénéfique du point de vue la qualité de l'air. Dans nos pays, améliorer la santé des populations reste à mon sens l'argument principal pour diminuer les niveaux des particules.

o Le rôle de l'ozone

A très haute altitude, dans la haute atmosphère, l'ozone protège les organismes vivants en absorbant une partie des rayons UV. Mais à basse altitude, là où nous vivons et respirons, c'est un polluant qui irrite les yeux et l'appareil respiratoire, qui a des effets sur la végétation et qui impacte également le climat.

L'ozone est un polluant dit « secondaire », car il n'est pas directement rejeté dans l'atmosphère par une activité humaine. Il se forme par réaction chimique, à partir d'autres polluants, en particulier les oxydes d'azote et des hydrocarbures (émis en grande partie par le trafic routier), sous l'action du soleil. L'ozone est donc un polluant, qui pose problème essentiellement en été, car pour produire beaucoup d'ozone, de la chaleur et un ensoleillement important sont nécessaires.

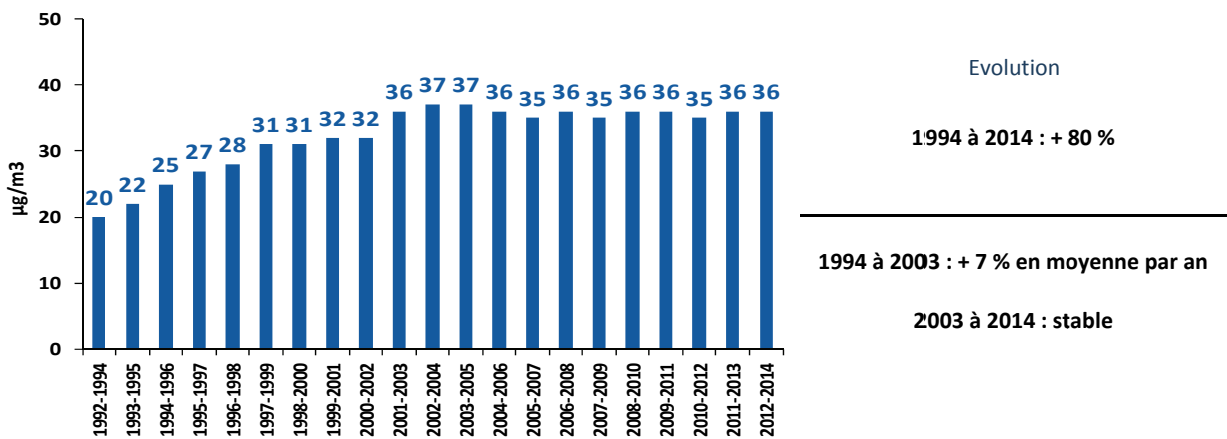
Durant la canicule de 2003, la pollution atmosphérique a eu une part de responsabilité dans les conséquences sanitaires. D'après une étude de l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), 379 décès anticipés étaient attribuables aux niveaux d'ozone observés entre le 3 et le 17 août 2003 (sur l'ensemble des 9 villes françaises étudiées).

A de fortes concentrations, l'ozone impacte également la végétation en formant des nécroses sur les feuilles limitant la photosynthèse et provoquant à terme des baisses de rendements agricoles. L'Île-de-France est directement concernée : les terres agricoles couvrent la moitié de son territoire, les forêts et milieux naturels plus du quart.

L'ensemble de l'Île-de-France connaît tous les ans, des dépassements de l'objectif de qualité de l'air pour ce polluant, plus particulièrement dans les zones périurbaines et rurales.

Sur le long terme, l'ozone est le seul polluant atmosphérique pour lequel les niveaux moyens sont en augmentation, même si ils tendent à se stabiliser ces dernières années. Ces 20 dernières années, l'ozone en Île-de-France a augmenté de plus de 80%. L'ozone reste donc en Île-de-France, comme dans l'ensemble des régions françaises et dans la majorité des pays européens, une problématique récurrente.

Airparif dispose de 24 points de mesure d'ozone répartis sur toute la région.



Evolution, à échantillon constant de trois stations urbaines de fond, de la concentration moyenne sur 3 ans en ozone (O₃) dans l'agglomération parisienne de 1992-1994 à 2012-2014

Conclusion et perspectives

Les problématiques atmosphériques et climatiques sont deux problématiques distinctes : l'une ayant des effets locaux sur la santé et l'environnement et l'autre sur la planète et le climat. Cependant, **ces deux enjeux sont fortement imbriqués et ne peuvent pas être considérés individuellement au risque de mettre en œuvre des actions de lutte antagonistes. Une politique intégrée « Air et Climat» est donc nécessaire** pour lutter à la fois contre la pollution de l'air et le réchauffement climatique. De plus, des actions intégrées de ce type permettent une réponse climatique rapide et durable. 70 % des Franciliens considèrent d'ailleurs que réduire la pollution de l'air est également bénéfique pour lutter contre le changement climatique⁴.

A travers les outils de surveillance et d'évaluation développés pour l'Île-de-France, Airparif participe à l'amélioration des connaissances sur les **interactions Air et Climat**. Ces éléments permettront notamment de contribuer à l'élaboration des futurs Plans Climat Air Energie Territoriaux (PCAET) inscrits dans le projet de loi sur la transition énergétique pour la croissance verte.

⁴ Sondage IFOP pour Airparif - Octobre 2014 - Étude de perception des Franciliens à l'égard de la qualité de l'air