

LES ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES ET DE GAZ À EFFET DE SERRE PAR LES TRANSPORTS FRANCILIENS

La pollution atmosphérique liée aux transports et ses effets

Les polluants atmosphériques provenant des transports sont classés selon deux catégories : les polluants primaires émis directement à l'échappement, et les polluants secondaires résultant de la transformation chimique des premiers dans l'atmosphère. Les émissions de gaz à effet de serre concernent quasi intégralement le dioxyde de carbone ou « gaz carbonique » (CO₂).

Les polluants atmosphériques primaires

Le monoxyde de carbone (CO) est dû à une combustion rapide et incomplète des carburants. Il provoque un manque d'oxygénation des organes conduisant à des intoxications chroniques (maux de tête, vertiges, vomissements,...). Il peut être mortel ou laisser des séquelles irréversibles.

Les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), dont les hydrocarbures (HC), et plus particulièrement le benzène (C₆H₆) proviennent également d'une combustion incomplète du carburant et de l'huile. L'effet sanitaire est variable selon le polluant, allant de la simple gêne olfactive à une irritation ou diminution de la capacité respiratoire. Le benzène est cancérigène à fortes concentrations.

Les oxydes d'azote (NO et NO₂) résultent de l'association de l'azote et de l'oxygène à haute température. A la sortie du pot d'échappement le mélange est de l'ordre de 90% de NO (qui se transforme ensuite en NO₂) et 10% de NO₂. Ce dernier est un gaz irritant qui provoque une hyper-réactivité bronchique chez les asthmatiques et augmente la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

L'Observatoire Régional de la Santé (ORS) a estimé que la pollution à l'oxyde d'azote pouvait augmenter de 7,9% les hospitalisations pour asthme des moins de 15 ans, de 3,3% les hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire et de 2% la mortalité toutes causes non accidentelles¹.

Les composés soufrés sont principalement émis par les véhicules diesel. Ce sont des irritants des voies respiratoires. Ils altèrent la fonction pulmonaire chez l'enfant et

provoquent des crises d'asthme chez les asthmatiques.

Les micro-particules (PM₁₀)² émises en très grande majorité par les véhicules diesel, pénètrent jusqu'aux bronchioles, y véhiculant d'autres polluants toxiques. Elles sont la cause d'irritations et d'altération de la fonction respiratoire, surtout chez l'enfant, même à des concentrations relativement basses. Elles augmentent la mortalité pour causes respiratoires et cardio-vasculaires. L'Observatoire Régional de la Santé (ORS) a estimé que la pollution par les particules fines pouvait augmenter de 5,1% les hospitalisations pour maladies respiratoires des moins de 15 ans, de 4,7% la mortalité pour cause respiratoire et de 2,4% la mortalité pour causes cardio-vasculaires¹.

Pour l'instant, les émissions des véhicules sont réglementées pour quatre de ces polluants : le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures (HC), les oxydes d'azote (NOx), et les particules (PM₁₀).

Les polluants atmosphériques secondaires

L'ozone (O₃) provient de la transformation des oxydes d'azote et des composés organiques volatils non méthaniques sous l'action des ultraviolets. Ce gaz irritant altère la fonction pulmonaire, accroît les symptômes respiratoires (toux, oppression thoracique), notamment chez les sujets sensibles et exacerbe les crises d'asthme, surtout en cas d'exercice marqué.

L'Observatoire Régional de la Santé (ORS) a estimé que la pollution par l'ozone pouvait augmenter de 1,9% les hospitalisations pour broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO)¹.

L'acide sulfurique (H₂SO₄), se forme à partir des composés soufrés, contenu dans les pluies acides. Ces pluies menacent la vie des forêts et des eaux et s'attaquent aux cultures et aux bâtiments, voire à la santé humaine.

¹ ORS Ile-de-France : « ERPURS 1987-2000 ». Janvier 2003. Quel que soit le polluant examiné dans cette fiche, les valeurs mentionnées correspondent à une augmentation de la pollution de fond d'un niveau de base (celui non dépassé par les 5% de jours les moins pollués de l'année) à un niveau médian (celui atteint ou dépassé la moitié des jours de l'année).

² PM10 : PM vient de l'anglais « Particulate Matter » ; l'indice 10 indique que l'on ne considère que les micro-particules d'un diamètre inférieur ou égal à 10 microns pouvant atteindre les poumons (dont celles inférieures à 2,5 microns qui peuvent pénétrer dans les alvéoles pulmonaires)

L'acide nitrique (HNO_3), se forme à partir des oxydes d'azote, également contenu dans les pluies acides.

Les gaz à effet de serre.

Le méthane (CH_4) émanent principalement de véhicules fonctionnant au gaz naturel

Le dioxyde de carbone (CO_2), est produit par la combustion des carburants carbonés (carburants d'origine fossile, biocarburant).

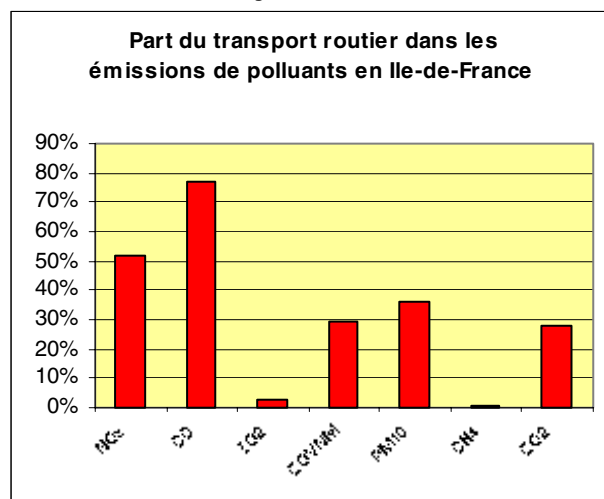
Une responsabilité majeure de la circulation routière en matière de pollution

Selon l'inventaire 2000 d'AIRPARIF la quasi totalité des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre liées aux transport régionaux hors transport aérien est due à la circulation routière en Île-de-France.

composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et le dioxyde de carbone (CO_2) (voir fig. 1)

Figure 1.

Le transport routier est responsable de 100% des émissions de méthane (CH_4) imputables aux transports, de 99,9% de celles de monoxyde de carbone (CO), de 99,8% de celles des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), de 99,4% de celles des micro-particules (PM_{10}), de 99,4% de celles de dioxyde de carbone (CO_2), de 99,3% de celles de dioxyde de soufre (SO_2) et de 98,3% de celles des oxydes d'azote (NO_x).



C'est pourquoi dans la suite de ce document on traitera préférentiellement la pollution atmosphérique et les émissions de dioxyde de carbone d'origine routière.

Source : DRIRE-AIRPARIF. Inventaire 2000

Par rapport aux autres secteurs d'activité, le transport routier est en Île-de-France le premier émetteur de monoxyde de carbone (CO), d'oxydes d'azote (NO_x), de micro-particules (PM_{10}) et le second pour les

Il joue cependant un rôle minime concernant les émissions de dioxyde de soufre (SO_2) et de méthane (CH_4) et il n'en sera pas fait état par la suite.

Une responsabilité différente selon la nature du polluant et la catégorie du véhicule

L'inventaire 2000 des émissions fournit également une estimation de la contribution des grandes catégories de véhicules aux

émissions relatives au transport routier à cette date : voir tableau 1.

Tableau 1. Estimation de la contribution des grandes catégories de véhicules aux émissions relatives au transport routier en 2000 (%)

(Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF)

	NO_x	CO	PM_{10}	COVNM	CO_2
Voitures particulières essence non catalysées	22%	46%	0%	31%	9,7%
Voitures particulières essence catalysées	4%	17%	0%	3%	18,3%
Voitures particulières diesel	19%	4%	37%	4%	28,0%
Véhicules utilitaires légers < 3.5 T essence	1%	5%	0%	2%	1,2%
Véhicules utilitaires légers < 3.5 T diesel	15%	3%	26%	2%	17,6%
Poids lourds > 3.5 T et bus	38%	3%	21%	8%	24,0%
Motocyclettes et motos < 50 cm3	0%	3%	0%	11%	0,1%
Motos > 50 cm3	1%	19%	0%	10%	1,1%
Evaporation d'essence	0%	0%	0%	29%	0,0%
Autre (pneus, freins, chaussée)	0%	0%	16%	0%	0,0%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

Le pot catalytique ayant été introduit sur les véhicules neufs à essence le 1er janvier 1993 et sur les véhicules diesel le 1er janvier 1997, cette situation n'est donc pas représentative de celle existant en 2005. En effet, entre

2000 et 2005, le taux de véhicules diesel dans le parc des particuliers est passé d'environ 35% à 43% tandis que la part des véhicules à essence non catalysés est passée de 27% à environ 10%.

Le tableau 1 permet cependant un ensemble de constats sur l'origine des émissions selon les types de véhicules.

- Le parc diesel (voitures particulières, véhicules utilitaires et poids lourds) était à l'origine de 72% des émissions de NO_x du trafic routier, les voitures particulières à essence non catalysées représentant à l'époque 22% du total. On peut estimer qu'aujourd'hui l'essentiel des émissions provient du parc diesel.
- Près de la moitié des émissions de CO était imputable aux voitures particulières à essence non catalysées (46%). Leur disparition progressive ne devrait laisser subsister que deux sources principales : les automobiles à essence catalysées qui, à kilométrage égal, émettent actuellement (EURO 4) 7 fois moins de CO que leurs homologues non catalysées, et les motos qui, à kilométrage égal, émettent actuellement (EURO 2) 5,5 fois plus de CO que les voitures à essence catalysées (EURO 4).
- La majorité des émissions de PM₁₀ (84%) provenait de l'échappement des véhicules diesel. Le reliquat (16%) émanait de l'usure des pneus, de la chaussée et des freins. Comme la diésélisation du parc se poursuit, on mesure l'intérêt du développement du filtre à particules sur les motorisations diesel.

- Les trois principales sources d'émissions des COVNM étaient l'échappement des voitures particulières à essence non catalysées (31%), l'évaporation d'essence (29%) et les deux-roues motorisés (21%). Comme pour le CO, ces derniers émettent proportionnellement beaucoup plus que leur part dans les déplacements des ménages (3,1%). Il est donc urgent de renforcer les normes d'émissions des deux-roues motorisés et de développer des technologies de dépollution à l'échappement. En revanche, la généralisation du pot catalytique a conduit à réduire considérablement la première source (voitures particulières à essence).
- Enfin on remarque que les véhicules diesel émettaient plus des deux tiers (70%) du CO₂ du transport routier, les véhicules à essence 29%. Le reliquat (1%) était attribuable aux deux-roues motorisés. Comme les émissions de CO₂ sont directement liées à la consommation de carburant fossile leur diminution ne pourra s'obtenir que par une meilleure efficacité énergétique des moteurs thermiques allié à des politiques de limitation de la circulation routière, dans l'attente de la percée des solutions alternatives aux carburants conventionnels (essence, gazole).

la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires

Sources de polluants dans les enceintes ferroviaires

La composition de l'air dans les souterrains du métro et du RER est liée d'une part à la composition de l'air en surface et d'autre part aux sources souterraines :
 particules métalliques émises par les systèmes de freinage
 émanations de produits d'entretien
 gaz et particules de source humaine (fumée de cigarette, émissions naturelles)
 La teneur en polluants dépend des caractéristiques de la ligne (partiellement aérienne ou entièrement souterraine), de son niveau de fréquentation et du type de matériel roulant (fer ou pneu).

Teneur des différents polluants dans les enceintes ferroviaires souterraines en Île-de-France.

(Source : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France)

Polluant	Comparaison avec les teneurs dans l'air extérieur
Monoxyde de carbone (CO)	Inférieures
Ozone (O ₃) Dioxyde de soufre (SO ₂) Benzène, Toluène, Xylène...	Équivalentes
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Supérieures aux stations de fond. Peuvent dépasser les stations de trafic.
Particules PM10	Supérieures à l'air extérieur

La spécificité de la qualité de l'air souterrain par rapport à l'air extérieur est liée principalement aux particules fines et dans une moindre mesure au NO₂ qui ne peut être décomposé sous l'effet de la lumière solaire.

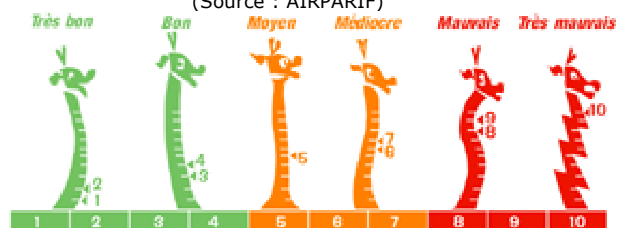
Exposition des voyageurs lors de leurs déplacements

La valeur limite journalière de la concentration en PM₁₀ à ne pas dépasser plus de 35 fois par an est de 50 µg/m³ depuis le 1er Janvier 2005 (Directive 1990/30/CE).
 Compte tenu du niveau de concentration extérieur (23 µg/m³), le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France recommande de ne pas excéder une concentration moyenne de 350 µg/m³ en souterrain pour un voyageur y circulant pendant 2 heures par jour. Cette valeur moyenne est dépassée en certains points du réseau RER avec des pics aux heures de pointe (580 µg/m³ à Gare du Nord et 1660 µg/m³ à Gare de Lyon). Elle n'est en revanche pas dépassée dans les stations de métro quelle que soit l'heure de la journée.

Informer le public : l'indice ATMO

AIRPARIF diffuse depuis 1992 une information quotidienne sur la qualité de l'air fondée sur l'indice national ATMO défini, ainsi que son mode de calcul, au niveau national. ATMO est déterminé à partir des niveaux de pollution mesurés au cours de la journée par les stations de fond urbaines et périurbaines et prend en compte les polluants atmosphériques traceurs des activités de transport, urbaines et industrielles : le dioxyde de soufre (SO₂), les micro-particules (PM₁₀), le dioxyde d'azote (NO₂), et l'ozone (O₃). L'information est diffusée au public en utilisant une grille de trois couleurs (voir figure 2).

Figure 2. Grille de couleurs de l'indice ATMO (Source : AIRPARIF)



En 2004, l'indice ATMO a été de bon à très bon pour plus de 300 journées et n'a été mauvais qu'une seule journée (Voir figure 3). En revanche, les conditions climatiques de 2003 ont conduit à un indice ATMO mauvais durant 10 journées.

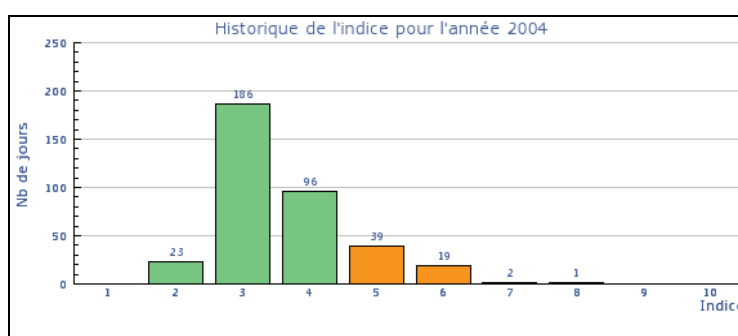


Figure 3. L'indice ATMO en 2004.

Source : AIRPARIF

Des évolutions encourageantes mais des niveaux encore préoccupants

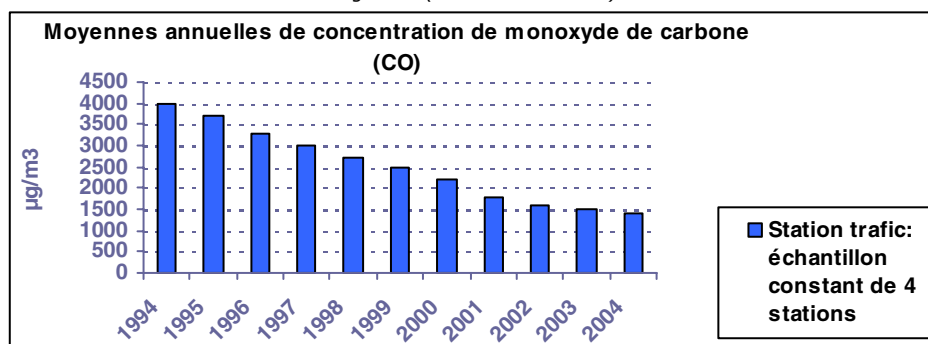
L'évolution des concentrations de polluants atmosphérique porte sur les moyennes annuelles, même si, pour un polluant donné, elles peuvent être largement dépassées en cas de pic de pollution. On mesure généralement les concentrations loin du trafic (station de fond), et celles proches du trafic (stations trafic) bien entendu plus élevées que les premières.

La concentration de certains polluants respecte (en moyenne annuelle) les normes sanitaires de qualité de l'air et ne cesse de diminuer.

C'est le cas du monoxyde de carbone (CO), mesuré dans les stations trafic où les valeurs

sont actuellement en deçà de l'objectif de 10.000 µg/m³ [Voir figure 4]. Ce résultat, dû en partie à l'amélioration de la combustion dans les moteurs, est à mettre en relation avec l'évolution de la composition du parc automobile des particuliers qui compte une proportion de plus en plus faible de véhicules à essence sans pot catalytique, progressivement remplacés soit par des véhicules à essence catalysés qui émettent actuellement (EURO 4) 7 fois moins de CO au km, soit par des véhicules diesel qui émettent actuellement (EURO 4) 15 fois moins de CO au km.

Figure 4. (Source : AIRPARIF)



La concentration reste bien inférieure à la valeur limite de protection de la santé humaine qui est de $10.000\mu\text{g}/\text{m}^3$ durant 8 heures.

Pour d'autres polluants la concentration baisse mais les normes sanitaires de qualité de l'air ne sont respectées (en moyenne annuelle) qu'en station de fond.

Il y a d'abord le benzène pour lequel l'objectif français de qualité de l'air est respecté en station de fond mais largement dépassé en station de trafic. [Voir figure 5]. Ce polluant

provient de deux sources principales : l'évaporation d'essence et l'échappement des véhicules à essence non catalysés. Là encore, la diffusion des véhicules à essence catalysés (11 fois moins polluants en COVNM+NO_x) et des véhicules diesel (environ 7 fois moins polluants en COVNM+NO_x) a permis une réduction substantielle des concentrations. Viennent ensuite les micro-particules (PM₁₀) pour lesquelles l'objectif français de qualité de l'air est respecté en station de fond mais pas en station trafic. [Voir figure 6]

Figure 5 - (Source : AIRPARIF)

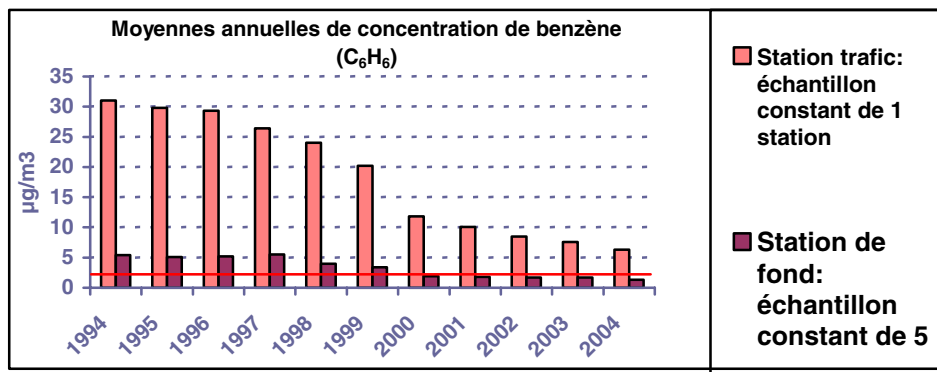
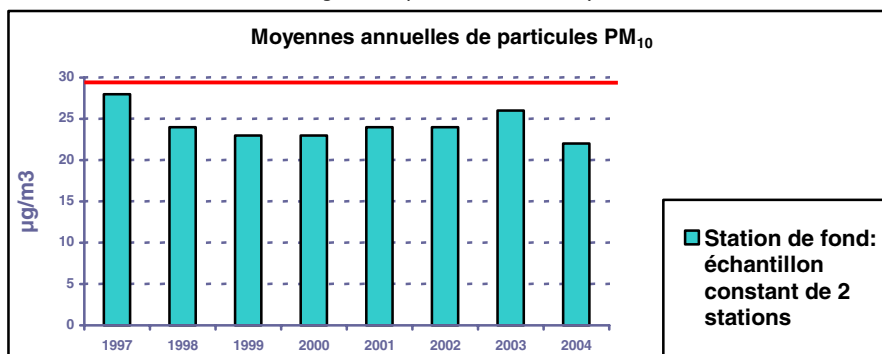


Figure 6 - (Source : AIRPARIF)



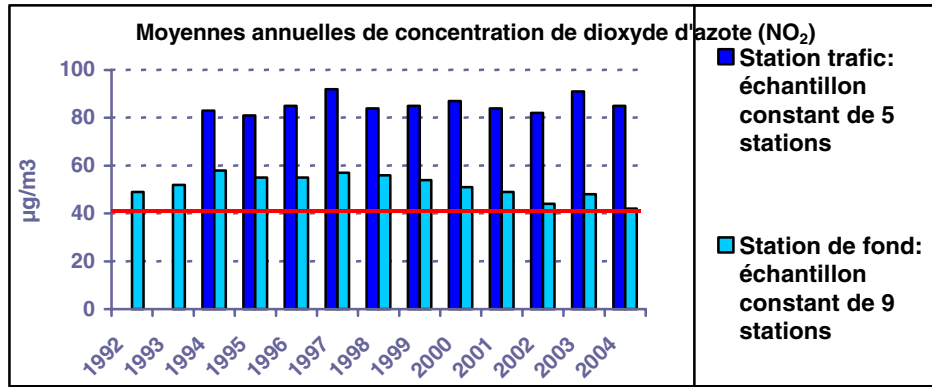
Depuis 2000 la hausse des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ pourrait être liée au développement de la motorisation diesel, unique source d'émission de ce polluant. Alors que l'objectif de qualité de $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ est respecté en station de fond, il ne l'est pas en station trafic. Par exemple, selon AIRPARIF, le taux moyen annuel sur le boulevard périphérique (Porte d'Auteuil) était de $46\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2003.

Pour un polluant, le dioxyde d'azote (NO₂), la concentration est relativement stable et

l'objectif français de qualité de l'air est dépassé en station de fond et très largement dépassé en station trafic. [Voir figure 7].

Le NO₂ est imputable à plus de 50% au transport routier régional. L'introduction du pot catalytique a réduit considérablement les émissions dues aux véhicules à essence. Cependant, la diésélisation du parc, bénéfique pour d'autres polluants, a annulé en partie ces gains puisque les véhicules diesel émettent actuellement (EURO 4) 3 fois plus de NO_x que les véhicules à essence catalysés récents (EURO 4).

Figure 7 - (Source : AIRPARIF)



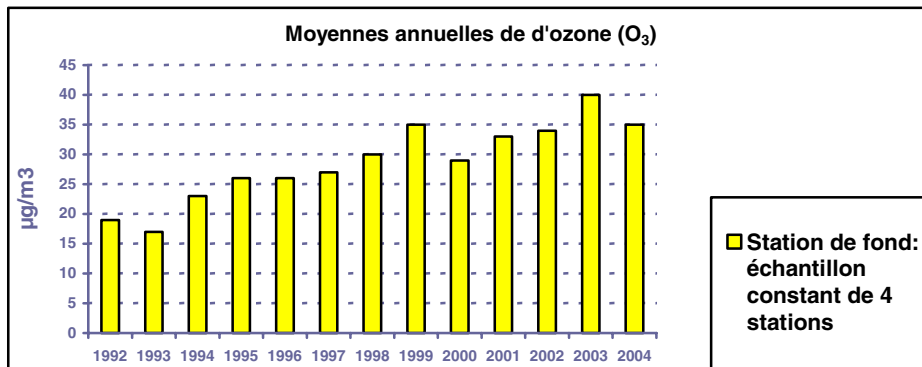
Les concentrations de NO₂ restent préoccupantes : aucune amélioration sensible n'est visible, et l'objectif de qualité français, de 40µg/m³, est dépassé, même en station de fond.

météorologiques (été sec et ensoleillé, et hiver doux) et par des apports transfrontaliers ou interrégionaux qui peuvent représenter de 30% à plus de 50% d'un total journalier.

Pour un polluant secondaire, l'ozone (O₃), la concentration est à la hausse. [Voir figure 8] C'est un phénomène complexe dont les précurseurs sont les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et les oxydes d'azote (NO_x) présents dans l'air. Il est amplifié par certaines conditions

L'objectif de qualité de l'air (110 µg/m³ en moyenne sur une période de 8 heures) est respecté, mais les conditions climatiques avec des températures orientées à la hausse ne sont pas favorables à une réduction de ce phénomène.

Figure 8 - (Source : AIRPARIF)



Le tableau 2 ci-après synthétise le bilan des concentrations de monoxyde de carbone

(CO), de dioxyde de soufre (SO₂), de benzène (C₆H₆), de dioxyde d'azote (NO₂), d'ozone (O₃) et de micro-particules (PM₁₀).

Tableau 2. Bilan des concentrations des principaux polluants atmosphériques liés au transports franciliens en 2004.

Source : AIRPARIF

Polluant	Objectif français	Concentration moyenne	Evolution
CO stations trafic	10.000 µg/m ³	1.400 µg/m ³	de 1994 à 2004 : division par 2,8
SO ₂ stations de fond	50 µg/m ³	7 µg/m ³	de 1994 à 2004: division par 2,7
C ₆ H ₆ stations de fond	2 µg/m ³	1,3 µg/m ³	de 1994 à 2004: division par 4,1
C ₆ H ₆ stations trafic	2 µg/m ³	6,3 µg/m ³	de 1994 à 2004: division par 4,9
NO ₂ stations de fond	40 µg/m ³	42 µg/m ³	de 1994 à 2004: - 27%
NO ₂ stations trafic	40 µg/m ³	85 µg/m ³	de 1994 à 2004: + 2%
O ₃ stations de fond	110 µg/m ³ *	35 µg/m ³	Tendance générale à la hausse.
PM ₁₀ stations de fond	30 µg/m ³	22 µg/m ³	de 1997 à 2004 : - 12%
PM ₁₀ station trafic Porte d'Auteuil (Bd périphérique)	30 µg/m ³	46 µg/m ³	nd

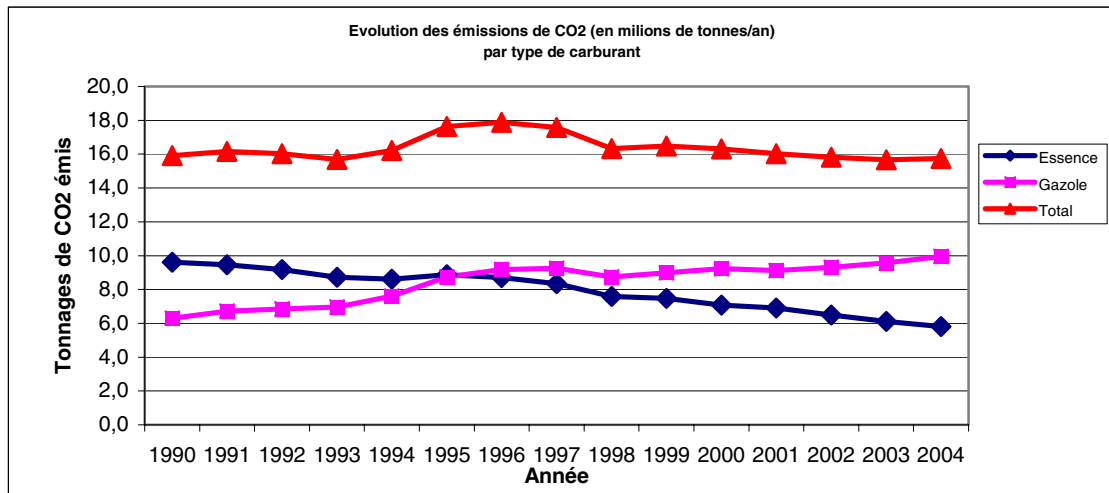
* : moyenne sur 8 heures - nd : non disponible

Estimation de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre par les transports franciliens

La part des transports dans les émissions de méthane étant infime (1%), la contribution des transports se résume finalement à ses émissions de CO₂. La figure 9 ci-après

présente une estimation de cette évolution établie à partir des ventes de carburants en Île-de-France.

Figure 9. (Source : CPDP, calculs IAURIF)



La meilleure efficacité énergétique du moteur diesel a permis, en dépit de la croissance de la circulation, de retrouver à partir des

années 2000 les niveaux observés au début des années 90.

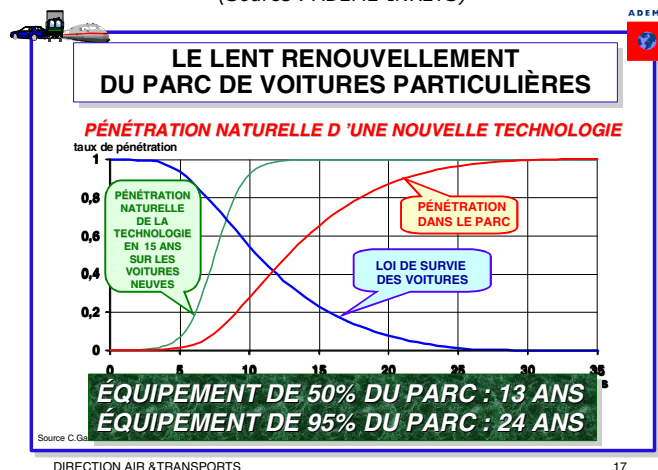
Normes européennes et progrès techniques à l'origine des baisses de pollution

Une voiture particulière essence neuve actuelle (EURO 4) émet 60 fois moins de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote (HC+NO_x) qu'une voiture neuve d'il y a 30 ans. Une voiture particulière diesel neuve actuelle (EURO 4) émet 120 fois moins de monoxyde de carbone (CO), 37 fois moins d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote (HC+NO_x), et 11 fois moins de particules qu'une voiture neuve d'il y a 30 ans.

Ce calcul est fait à partir des normes et ne tient donc pas compte d'équipements auxiliaires comme la climatisation et des conditions d'utilisation réelles des véhicules (type de conduite, fluidité du trafic, trajets courts à froid, etc.)

Cependant les résultats sur le terrain ne sont visibles qu'à long terme à cause de l'inertie importante de renouvellement du parc (plus de 25 ans) comme le montre la figure 10.

Figure 10. Pénétration naturelle d'une technologie dans le parc de voitures particulières. (Source : ADEME-INRETS)



Une innovation mise à l'instant t_0 sur la première voiture neuve équipera 50% du parc à t_0+13 ans ; 95% du parc le sera à t_0+24 ans et l'ensemble du parc environ 35 ans après. (courbe rouge). Rendre cet

équipement obligatoire sur les voitures neuves 5 ans après sa première mise sur le marché (par l'entrée en vigueur d'une nouvelle norme) ne réduirait ce délai que de 3,5 ans.

Renouvellement du parc et améliorations techniques : des réductions supplémentaires à attendre à moyen terme pour les émissions de polluants primaires

Les travaux menés par AIRPARIF dans le cadre du PPA (Plan de Protection de l'Atmosphère) ont montré qu'entre 2000 et 2010 la seule amélioration technologique, répercutée par le renouvellement du parc, permettrait de réduire de 73% les émissions de COVNM et de 50% celles de NO_x, malgré une augmentation prévue de 10,75% du trafic routier. Si l'étude d'AIRPARIF ne fournit pas de résultats pour les PM₁₀, on sait que les

nouveaux filtres à particules sont très efficaces quelle que soit la dimension des particules. Selon l'ADEME ils réduiraient le nombre de particules émises d'un facteur 1 000 (voire 10 000) sur l'ensemble du spectre granulométrique, ramenant ainsi le niveau d'émission des VL Diesel à celui de leur équivalent essence.

En revanche, à cet horizon (moyen terme), une réduction notable des émissions de CO₂, gaz à effet de serre, sera beaucoup plus difficile à obtenir par la seule technologie

Les émissions de CO₂ étant proportionnelles à la consommation de carburants fossiles, leur réduction pourrait être obtenue à partir de trois évolutions technologiques :

- **L'amélioration du rendement des moteurs classiques à combustion interne :**

Les motoristes améliorent déjà l'efficacité énergétique des moteurs en réduisant leur cylindrée avec maintien des performances (*downsizing*). De nouveaux moteurs à combustion interne HCCI (combustion homogène) et CAI (auto-inflammation contrôlée) pourraient être commercialisés dès 2010. Outre une réduction drastique des polluants locaux, ils pourraient apporter un gain de consommation de carburant de l'ordre de 30% (et par suite un gain équivalent des émissions de CO₂). Le véhicule hybride essence-électricité est commercialisé depuis 1997 (La Prius I de Toyota). Selon les conditions de circulation on obtient des gains de consommation de 10% à 30%. Il est appelé à se développer et on devrait voir rapidement arriver un hybride diesel-électricité.

- **Le recours à des carburants alternatifs dont le bilan CO₂ serait plus favorable :**

Si l'on tient compte du cycle de vie, les biocarburants sont les plus intéressants car une part importante du CO₂ émis lors de leur combustion a été consommée pendant la croissance des végétaux à partir desquels ils sont fabriqués (en outre ils constituent une énergie renouvelable). Par rapport aux carburants classiques (essence, gazole) le gain global en émission de CO₂ est de

l'ordre de 70%. En revanche ils coûtent de 2 à 3 fois plus cher à produire, à énergie égale (calcul effectué par l'IFP sur la base d'un prix du brut de 25\$ le baril). Leur intérêt socio-économique dépend de la valorisation attribuée au CO₂ non émis, à l'impact sur l'agriculture et au prix du baril de pétrole brut. A très long terme, et si le prix du pétrole brut devient durablement élevé, les carburants de synthèse à partir de la biomasse (bois, herbe, etc.) pourraient aussi être développés, à condition de réduire drastiquement leurs coûts de production qui sont aujourd'hui environ 15 fois plus élevés que celui du pétrole en mer du Nord. Ce type de carburants présente les mêmes avantages que les biocarburants actuels en ce qui concerne le CO₂.

- **L'émergence d'une technologie de rupture :**

Cette technologie –le moteur électrique alimenté par une pile à combustible³– offrirait de grands espoirs puisque son fonctionnement ne produit théoriquement que de l'eau ; toutefois son bilan effet de serre repose sur le type d'énergie utilisée pour fabriquer, manipuler et stocker⁴ l'hydrogène, carburant nécessaire à son fonctionnement. De grandes incertitudes pèsent cependant sur sa date de

³ Pile à combustible : générateur d'électricité à partir de l'hydrogène et de l'oxygène via une réaction électrochimique (réaction inverse à l'électrolyse de l'eau).

⁴ Pour éviter les problèmes de stockage il existe une filière de fabrication de l'hydrogène à bord du véhicule grâce à un réformeur mais cette fabrication se fait à partir de méthanol ou d'hydrocarbures et dégage du CO₂.

commercialisation et son succès n'est pas encore garanti. De plus, ses effets n'apparaîtront que très progressivement en raison de l'inertie de renouvellement du parc.

Selon les constructeurs automobiles, l'ensemble des nouvelles technologies envisageables ne devrait représenter que 14% du marché à l'horizon 2020. Les transports automobiles (y compris les deux-roues motorisés) seront donc largement dépendants des carburants fossiles pendant

longtemps et le bilan global dépendra de l'évolution du trafic routier (actuellement toujours en progression malgré un ralentissement ces dernières années). Dans ces conditions, **si on veut obtenir des résultats à la hauteur des objectifs nationaux de réduction d'émissions de gaz à effet de serre, il faudra également agir par le biais des politiques de transport et d'aménagement.**

La pollution locale créée par l'activité de transport aérien

Dans son inventaire 2000 réalisé dans le cadre du PPA (Plan de Protection de l'Atmosphère) AIRPARIF a évalué la contribution de l'activité de transport aérien dans la pollution locale en Île-de-France. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Emissions de polluants émanant de l'activité de transport aérien en Ile de France Année 2000. (Source : AIRPARIF)

	NO _x	CO	SO ₂	COVNM	PM ₁₀
Emissions transport aérien (tonnes)	6 874	9 151	206	1 968	280
Emissions totales (tonnes)	161 381	398 418	67 600	183 280	22 119
Part du transport aérien (%)	4,3%	2,3%	0,3%	1,1%	1,3%

Ainsi, en 2000, l'activité de transport aérien (trafic aérien + activités au sol) contribuait à hauteur de environ 4% des émissions régionales de NO_x, 2% de celles de CO, 1% de celles de COVNM et PM₁₀, 0,3% de celles de SO₂.

Ces émissions sont principalement générées par les transports liés aux aéroports : trafic aérien (roulage, décollage, approche et atterrissage des avions) et trafic routier (trafic d'échange et trafic interne). Pour Roissy-Charles de Gaulle : entre 75% et 85%. Le PPA indique la répartition des émissions locales produites par l'activité d'Air France à Roissy-Charles de Gaulle (page 99). Le trafic aérien à basse altitude (cycle LTO, « Landing-Take off ») est à l'origine de presque 70% des émissions de NO_x et de 45% de celles de CO et COVNM. Le reste provient des « activités au sol » : bâtiments et équipements, trajets routiers professionnels quotidiens des personnels d'Air France, véhicules de la logistique aéroportuaire, trajets routiers des passagers pour se rendre -ou partir- de l'aéroport (en voiture particulière, taxi et bus).

A titre d'illustration, les émissions de NO_x de l'activité de transport aérien représentent l'équivalent de celles générées par l'incinération des ordures ménagères de l'ensemble de la région.

Les émissions de NO_x et COVNM de Roissy-Charles de Gaulle sont de 30% supérieures à celles du trafic automobile du Boulevard Périphérique de Paris ; celles d'Orly correspondent à la moitié des émissions du trafic de ce même Boulevard.

Il ne faut pas oublier que ces émissions sont relativement concentrées (sur les emprises aéroportuaires et leurs abords).