

LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE ET LES TRANSPORTS FRANCILIENS

Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France
15 rue Falguière – 75740 Paris cedex 15
tél. : 01.53.85.77.40 – Télécopie : 01.53.85.76.02
[http : www.iaurif.org](http://www.iaurif.org)

Directeur Général : François DUGENY
Directeur du Département Transports et Infrastructures : Alain MEYERE
Auteurs de l'étude : Louis SERVANT, chargé d'études
Amélie SEBEK, stagiaire élève-ingénieur ESTP

© IAURIF – octobre 2004

REMERCIEMENTS

Les auteurs de l'étude remercient toutes les personnes qui les ont aidés dans leur tâche (Voir liste des personnalités auditionnées ou contactées, après la bibliographie).

SOMMAIRE

	page
Synthèse des principales conclusions de l'étude	1
Introduction	5
1. Rappel sur la pollution atmosphérique liée aux transports	7
2. Le constat	9
2.1 Les concentrations de polluants mesurés	9
2.2 L'inventaire des émissions de polluants	17
3. Évolution de la motorisation et de la circulation automobile	25
3.1 L'évolution du parc roulant de véhicules particuliers	25
3.2 L'évolution de la motorisation des ménages franciliens	26
3.3 L'évolution des immatriculations de véhicules particulières	30
3.4 L'évolution du parc des deux-roues à moteur des ménages franciliens	34
3.5 L'évolution de la circulation automobile	35
3.6 L'évolution de la consommation de carburant	36
3.7 L'évolution des déplacements des franciliens	37
4. L'évolution du parc des poids lourds et des autobus	45
4.1 L'évolution du parc des poids lourds	45
4.2 L'évolution du parc des autobus RATP et OPTILE	45
5. Les progrès des industries automobile et pétrolière	47
5.1 L'évolution des normes européennes (véhicules neufs et carburants)	47
5.2 Les facteurs agissant sur les émissions unitaires de véhicules	53
6. Les évolutions futures possibles des émissions liées au transport routier francilien	57
6.1 Oxydes d'azote (NOX) et composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)	63
6.2 Dioxyde de carbone (CO2)	64
7. Les progrès technologiques possibles	65
7.1 Les moteurs	65
7.2 Les carburants	67
7.3 Une vision du futur	70
8. Analyses d'études	73
8.1 Étude ERPURS 1987-2000	73
8.2 Évaluation de l'exposition des citoyens aux polluants d'origine automobile au cours de leurs déplacements dans l'agglomération parisienne	75

8.3 Estimation du coût global de la pollution atmosphérique liée au transports franciliens de voyageurs – année 2001	76
9. Les actions du Conseil Régional d'Île-de-France	79
9.1 Les subventions accordées à la RATP	79
9.2 Les subventions accordées aux transporteurs privés via les collectivités locales	79
9.3 L'appel à projets annuel pour la diminution de la pollution de l'air par les véhicules utilitaires	83
Bibliographie sommaire	89
Personnalités auditionnées ou contactées	91
Annexe 1 – Localisation des stations de mesures des polluants	93
Annexe 2 – Cartes de concentration annuelles de polluants	95
Annexe 3 – Directives européennes et décrets français relatifs à la qualité de l'air	99
Annexe 4 – L'exemple de la pénétration des technologies nouvelles dans le parc de voitures particulières	107
Annexe 5 – Sigles utilisés	113

SYNTHESE DES PRINCIPALES CONCLUSIONS DE L'ETUDE

Depuis plus de 50 ans, d'énormes progrès ont été réalisés dans l'industrie et le chauffage, permettant de réduire très fortement leurs émissions. Ainsi, depuis les années 70, les émissions dues aux transports deviennent plus préoccupantes.

En 2000, d'après AIRPARIF, les transports sont les premiers émetteurs d'oxydes d'azote (NO_x), de monoxyde de carbone (CO), de micro particules (PM), et les seconds de composés organiques volatils non méthaniques¹ (COVNM) et de dioxyde de carbone (CO_2). De plus, les NO_x et les COVNM sont des précurseurs du polluant secondaire qu'est l'ozone (O_3) en périodes ensoleillées.

Le bilan : une tendance générale à la décroissance des concentrations de polluants locaux (hors CO_2) mais des niveaux encore préoccupants pour le dioxyde d'azote (NO_2), le benzène (C_6H_6) et les particules fines (PM_{10}).

Le bilan des concentrations moyennes annuelles de polluants est le suivant :

- Entre 1994 et 2003, la concentration moyenne annuelle du monoxyde de carbone (CO) est passée de 4 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui est très largement en dessous de la valeur limite de protection de la santé humaine (10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette baisse est obtenue grâce à l'amélioration de la combustion des moteurs.
- Parmi les COVNM, le benzène (C_6H_6) est le plus connu pour ses effets cancérigènes. Bien que depuis 2000, l'objectif français de qualité de l'air de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ soit respecté en station de fond, il est encore très largement dépassé à proximité du trafic.
- Les émissions de monoxyde d'azote (NO) sont en continuelle baisse tant en station de fond, qu'en station trafic. Par contre, les concentrations de dioxyde d'azote (NO_2) restent préoccupantes : aucune amélioration n'est visible, et l'objectif de qualité français (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) est dépassé, même en station de fond.
- Les concentrations d'ozone (O_3), dont la formation est complexe, sont fortement liées aux conditions atmosphériques et aux apports de l'extérieur de l'Île-de-France. Ceci explique leurs fluctuations, ainsi que leurs remontées de ces quatre dernières années.
- Les particules fines PM_{10} (particules de diamètre inférieur à 10 microns), sont à surveiller tout particulièrement, car elles pénètrent loin dans le système respiratoire. L'objectif de qualité de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ est respecté en station de fond, mais pas en station trafic.
- En 2000 on estime que le transport routier a émis 14,4 millions de tonnes de CO_2 (1,3 tonne par habitant), soit 28% du total des émissions de ce gaz. C'est le deuxième contributeur aux émissions de CO_2 franciliennes, après le secteur résidentiel et tertiaire (44% du total).² Comme il n'y a pas d'inventaire antérieur on ne peut pas apprécier l'évolution de ces émissions.

¹ Composés essentiellement d'hydrocarbures (HC).

² Au niveau national cette hiérarchie est inversée : le transports routier est le principal contributeur d'émissions de CO_2 (26% du total en 2002) devant le secteur résidentiel et tertiaire (22%).

La réduction des concentrations de polluants locaux s'est opérée en dépit d'un accroissement important de la motorisation des ménages et du trafic routier, grâce à la diminution drastique des émissions individuelles de polluants des véhicules automobiles.

Entre 1994 et 2003 les émissions de CO ont été divisées par 2,7 ; celles de C₆H₆ par 3,2 en station de fond et 4,1 en station trafic ; celles de NO_x par 1,5.³

Or entre 1983 et 2001 le parc de voitures particulières à disposition des ménages est passé de 3,5 à 4,6 millions (+33%) ; cette croissance a surtout eu lieu en Grande Couronne (départements 77,78, 91 et 95) : +54%. De 1981 à 2001 la circulation (exprimée en véhicules-km) des seuls déplacements de personnes a crû de +55% (avec un net ralentissement ces 10 dernières années).

Ces résultats ont pu être obtenus grâce aux énormes progrès des industries automobile et pétrolière. Ainsi une voiture particulière essence neuve actuelle (EURO 3) émet 26 fois moins de monoxyde de carbone (CO) et 31 fois moins d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote (HC+NO_x) qu'une voiture neuve d'il y a 30 ans. A compter du 1^{er} janvier 2005, ces taux seront encore divisés par deux. De même une voiture particulière diesel neuve actuelle (EURO 3) émet 94 fois moins de monoxyde de carbone (CO), 20 fois moins d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote (HC+NO_x), et 5 fois moins de particules qu'une voiture neuve d'il y a 30 ans. A compter du 1^{er} janvier 2005, ces taux seront divisés par 1,3 pour le CO, 1,9 pour les HC et NO_x, et 2 pour les particules.

Les améliorations technologiques permettront encore de réduire fortement les émissions de polluants locaux (hors CO₂)

L'étude des tendances passées et les simulations à l'horizon 2010 faites dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) montrent clairement que, pour la pollution locale (CO, COVNM, NO_x, PM₁₀), ce sont les améliorations technologiques qui ont eu, et auront, un impact majeur dans la réduction des émissions. Entre 2000 et 2010 elles devraient permettre de réduire de 50% les émissions de NO_x et de 73% celles des COVNM.

En revanche, une réduction notable des émissions de CO₂, gaz à effet de serre, sera beaucoup plus difficile à obtenir par la seule technologie ; il faudra également agir par le biais des politiques de transport et d'aménagement.

En effet ces émissions sont proportionnelles à la consommation de carburants fossiles. Or la technologie de rupture du moteur à combustion interne -la pile à combustible- n'émergera qu'après 2010 ; de plus, comme l'ont montré les travaux de l'INRETS et de l'ADEME, la pénétration d'une technologie dans l'ensemble du parc automobile possède une forte inertie : 35 ans en l'absence de mesures d'accélération et 19 ans avec celles-ci (mise en œuvre de normes, réglementation, incitations financières). Par conséquent les transports automobiles (y compris les deux-roues motorisés) seront largement dépendants des carburants fossiles pendant longtemps. La baisse des émissions de CO₂ doit donc, bien sûr, être recherchée dans l'innovation technologique (du moteur à combustion interne, du véhicule hybride, des carburants) mais aussi dans les politiques de transport et d'aménagement visant à réduire la circulation routière.

Côté technologie les moteurs HCCI (combustion homogène) et CAI (auto-inflammation contrôlée) devraient être commercialisés dès 2010. Outre une réduction drastique des

³ Seules les concentrations moyennes de particules fines (PM₁₀) obéissent à un autre schéma : elles ont d'abord diminué entre 1994 et 2000 ; puis elles ont remonté ensuite pour atteindre en 2003 un niveau légèrement inférieur à celui de 1994. Cette hausse pourrait être liée au développement de la motorisation diesel.

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.

Si on tient compte du cycle de vie, les biocarburants sont les plus intéressants des carburants alternatifs à l'essence et au gazole car une part importante du CO₂ émis lors de leur combustion est consommé 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 fait 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 long terme, surtout 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 production⁴.

Les politiques de transport et d'aménagement ont un rôle important à jouer car toute réduction de la consommation de carburants fossiles (notamment par la baisse de la circulation routière) se traduit par une réduction équivalente d'émissions de CO₂. C'est un levier d'action indispensable car, à la différence de la pollution locale, l'innovation technologique n'apportera pas de diminution radicale des émissions de CO₂ à moyen terme, d'autant plus que la tendance du marché est à la diffusion rapide d'équipements de confort sources de consommation énergétique additionnelle parfois importante. Ainsi l'ADEME estime qu'en moyenne annuelle la climatisation implique une surconsommation de carburant de +7% et +26% de rejets équivalents de CO₂ (En incluant les fuites de fluide frigorigène). D'après les simulations à l'horizon 2010 faites dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) le seul renouvellement du parc automobile aurait très peu d'effet sur les émissions de CO₂. Celles-ci devraient augmenter de 11,2% entre 2000 et 2010, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que la circulation routière (scénario tendanciel). On rappelle que ces simulations ne tiennent pas compte des surconsommations liées aux équipements de confort. Ces mêmes simulations montrent également que l'application du Plan de Déplacements Urbains (PDU) n'apporterait qu'une réduction de 12% de la tendance haussière (soit +9,8% par rapport à l'an 2000). Tous ces éléments donnent une idée de l'ampleur des mesures à prendre si on veut réduire sensiblement les émissions de CO₂ dans les transports franciliens.

L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique liée aux transports franciliens a été démontré et chiffré.

L'étude épidémiologique de type écologique ERPURS 1987-2000 de l'ORS Ile-de-France a clairement mis en évidence –et quantifié- les effets sanitaires à court terme de la pollution atmosphérique (tant sur la mortalité que sur la morbidité). Il resterait à entreprendre des études sur les effets à long terme.

L'évaluation de l'exposition des citadins aux polluants d'origine automobile au cours de leurs déplacements dans l'agglomération parisienne a été entreprise entre janvier 1996 et février 1998 par le LCPP (Laboratoire Central de la Préfecture de Police) et LHVP (Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris). Son intérêt est de montrer que ce sont les automobilistes eux-mêmes (et leurs passagers) qui sont les plus exposés à la pollution locale qu'ils produisent (CO, NOx, FN, benzène, toluène). Les moins exposés sont les piétons et les

⁴ *Aujourd'hui ces coûts s'élèvent à 700-800€ par tonne, soit environ 15 fois le prix d'extraction du pétrole brut en mer du Nord (calcul effectué sur la base d'un prix d'extraction de 7,30 dollars US le baril et d'un taux de change de 1,2 dollars US pour 1 euro)*

usagers du métro et du RER. Au niveau intermédiaire on trouve les cyclistes et les usagers du bus.

De son côté le « Compte déplacements des voyageurs en Ile-de-France », élaboré par le STIF, a estimé que le coût global imputable en 2001 aux seuls transports franciliens de voyageurs pour les émissions de polluants s'élevait à 1.468 millions (dont 81% pour la pollution locale) avec la répartition modale suivante :

Voitures particulières	1164 M	(79%)
Bus	53 M	(4%)
Deux roues	251 M	(17%)

Depuis 1984, le Conseil Régional d'Ile-de-France s'active à favoriser les actions de réduction de la pollution atmosphérique.

Son assistance se concrétise à travers trois types d'intervention : les aides à caractère exceptionnel accordées à la RATP pour réduire les émissions de polluants atmosphériques de ses bus, les subventions accordées aux transporteurs privés pour améliorer leur offre de transport et les aides régionales dans le cadre de l'appel à projets annuel pour la diminution de la pollution de l'air par les véhicules utilitaires.

Fin 2003 le montant total de ces aides s'élevait à 272 millions courants.

INTRODUCTION

L'objectif de ce rapport est de faire le point sur l'évolution de la pollution atmosphérique liée aux transports et des divers paramètres qui déterminent leurs émissions. Quand cela est possible, on fera ressortir les relations de cause à effet.

Il s'appuie sur un travail de recueil de données et d'analyse réalisé à l'IAURIF entre le 15 mars et le 15 juillet 2004 par Amélie SEBEK, dans le cadre de son travail de fin d'études à l'Ecole Spéciale des Travaux Publics (ESTP), sous la direction de l'auteur de la version finale de ce rapport⁵.

Dans un premier temps on s'attache à dresser un état des lieux. (Chapitres 1 à 5)

Le premier chapitre est un bref rappel des polluants émis par les transports.

Le deuxième chapitre est consacré au constat sur les concentrations de polluants et leur évolution ainsi qu'à l'inventaire des émissions.

Le troisième chapitre examine l'évolution des paramètres comportementaux importants : le parc de voitures particulières et de deux-roues motorisés, les déplacements des franciliens, et la circulation automobile associée à ces derniers.

Le quatrième chapitre étudie le parc des poids lourds et des autobus.

Le cinquième chapitre fait le point sur les progrès technologiques déjà réalisés par les industries automobile et pétrolière.

Dans un deuxième temps, on aborde les aspects prospectifs. (Chapitres 6 et 7)

Le sixième chapitre présente les principaux résultats des simulations d'émissions de polluants réalisées dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA).

Le septième chapitre expose sommairement les progrès technologiques possibles, tant dans le domaine des moteurs, que dans celui des carburants.

Le huitième chapitre analyse trois études apportant un éclairage intéressant sur la pollution atmosphérique et les transports franciliens .

Le dossier se termine enfin par un panorama des actions du Conseil Régional destinées à réduire la pollution atmosphérique liée aux transports (Chapitre 9).

⁵ Amélie SEBEK « La pollution atmosphérique et les transports franciliens » ESTP-LAURIF, TFE Juillet 2004.

1. RAPPEL SUR LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE LIEE AUX TRANSPORTS

Les polluants provenant des transports routiers sont classés selon deux catégories ; d'une part, les polluants primaires, qui sont émis directement à l'échappement, d'autre part, les polluants secondaires, qui résultent de la transformation chimique des premiers dans l'atmosphère.

- Les polluants primaires

Le monoxyde de carbone (CO) est engendré par une combustion rapide et incomplète des carburants.

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. A haute température, ils peuvent subir des transformations chimiques, produisant des hydrocarbures non présents dans le carburant au départ, comme le benzène ou le méthane.

Le plomb (Pb) est le résultat de la combustion des additifs au plomb contenu dans les essences plombées ; celles-ci sont interdites à la vente en France depuis le 1^{er} janvier 2000.

Les oxydes d'azote (NO et NO₂) résultent de l'association de l'azote et de l'oxygène présents dans l'air à haute température.

Les composés soufrés sont principalement émis par les véhicules diesel.

Les micro-particules (PM₁₀) sont émises en très grande majorité par les véhicules diesel.

Le dioxyde de carbone (CO₂), produit de la combustion de tout corps carboné, est un gaz à effet de serre.

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 (NO_x), et les particules (PM₁₀).

- Les polluants secondaires

L'ozone (O₃) provient de la transformation des oxydes d'azotes et des composés organiques volatils non méthaniques sous l'action des ultraviolets.

L'acide sulfurique (H₂SO₄), formé à partir des composés soufrés, contenu dans les pluies acides.

L'acide nitrique (HNO₃), formé à partir des oxydes d'azote, également contenu dans les pluies acides.

L'évolution des concentrations moyennes annuelles de la plupart de ces polluants est présentée dans le chapitre suivant.

2. LE CONSTAT

Dans le cadre de la loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur « l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie », « l'Etat assure, avec le concours des collectivités territoriales dans le respect de leur libre administration et des principes de la décentralisation, la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement » (Art. 3). A l'échelle de chaque région, elle est mise en œuvre par un organisme agréé; celui-ci est composé de représentants de l'Etat et de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), des collectivités territoriales, de représentants d'activités contribuant directement ou indirectement à l'émission de substances surveillées, d'associations régionales de protection de l'environnement agréées, ainsi que d'experts.

En Ile-de-France, il s'agit d'AIRPARIF, association fondée en 1970, agréée par le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable. Sa structure lui confère un rôle très large : de la prise et l'analyse de mesures, à l'évaluation des impacts des actions visant à l'amélioration de la qualité de l'air, en passant par l'information du public.

Avec l'évolution des sources d'émissions, le réseau de stations automatiques de mesures s'est également transformé; au 3 mai 2004, elles sont au nombre de 45 (117 instruments de mesure) et ont pour but commun de connaître les propriétés de l'air respiré quotidiennement par les Franciliens. Les taux de polluants contenus dans l'air ambiant sont déterminés grâce aux stations de fond urbaines, périurbaines ou rurales. Les stations de proximité, de leur côté, fournissent une représentation directe des émissions maximales dues au trafic et aux industries. Enfin, les stations d'observation sont utilisées pour des études spécifiques. (Voir annexe 1 : Localisation des stations de mesures des polluants).

Des cartes de concentrations annuelles de polluants peuvent être établies. Pour cela AIRPARIF effectue une interpolation géostatistique à partir des mesures ponctuelles au droit des stations et du cadastre des émissions (avec une résolution d'un kilomètre carré). Le lecteur en trouvera des exemples en annexe 2.

2.1 LES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS MESURES

La nature des polluants réglementés (CO, SO₂, NO₂, NO_x, O₃, PM₁₀, C₆H₆, plomb) est fixée par décrets, qui établissent également les objectifs de qualité, les valeurs limites, les seuils d'information et d'alerte pour chacun d'eux. (Voir annexe 3. Directives européennes et décrets français relatifs à la qualité de l'air.)

AIRPARIF suit également l'évolution de polluants non réglementés ayant un impact reconnu sur la santé et sur l'environnement : fumées noires (FN), hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), aldéhydes, métaux lourds (arsenic, nickel, cadmium).

Comme le montrent les graphiques 2.a à 2.i. ci-après on constate une baisse sensible des concentrations moyennes annuelles de monoxyde de carbone (CO), de dioxyde de soufre (SO₂), de fumées noires (FN) et de benzène (C₆H₆). Pour CO, SO₂ et FN les concentrations sont actuellement bien inférieures à l'objectif de qualité. En revanche pour C₆H₆ celui-ci n'est respecté qu'en station de fond.

Malgré une baisse des concentrations de monoxyde d'azote (NO), on ne constate pas de diminution de celles du dioxyde d'azote (NO₂). Pour ce polluant l'objectif de qualité (40

$\mu\text{g}/\text{m}^3$) est dépassé même en station de fond (de 20% en 2003) ; en station trafic la concentration atteint 2,2 fois l'objectif de qualité.

L'évolution de la concentration d'ozone (O_3) est également préoccupante : elle a doublé entre 1992 et 2003. Sa formation est un phénomène complexe et ne dépend pas seulement des émissions de polluants précurseurs en Ile-de-France (COVNM et NO_x). Les conditions météorologiques jouent un rôle important et l'apport extérieur d'ozone (Interrégional voire transfrontalier) peut y contribuer largement (Jusqu'à plus de 50%).

Enfin, depuis 2000 la concentration des micro-particules (PM_{10}) ne cesse de croître. Comme on le verra plus loin (§ 2.2) les émissions de PM_{10} sont imputables aux véhicules diesel ; cette croissance s'expliquerait donc par le développement de la motorisation diesel.

Concernant les transports, les baisses de concentration de CO , SO_2 , FN , C_6H_6 , NO peuvent être attribuées à trois facteurs :

- Les normes européennes d'émissions sont de plus en plus strictes. Leur application donne des résultats notables, à moyen terme.
- L'imposition du pot catalytique trois voies et du pot d'oxydation, respectivement sur les véhicules essence depuis 1993, et sur les véhicules diesel depuis 1997. Ces systèmes permettent de renforcer et d'accélérer l'effet attendu des normes.
- L'amélioration de la technologie moteur : la consommation unitaire des véhicules est plus faible, donc leurs émissions sont moindres. Par ailleurs la teneur en soufre des carburants a fortement décrû.

Ces trois facteurs contribuent à la diminution, à long terme, des émissions dues aux transports, car ils sont partiellement contrebalancés par l'augmentation du trafic, et l'inertie de renouvellement du parc : il faut plus de 25 ans pour renouveler à 100% le parc automobile (15 ans pour le renouvellement à 50% et 24 ans pour celui à 95%)⁶.

D'autres paramètres interviennent également, selon le polluant concerné. Ils sont mentionnés en commentaires des évolutions des moyennes annuelles des polluants mesurés par AIRPARIF, présentées ci-après.

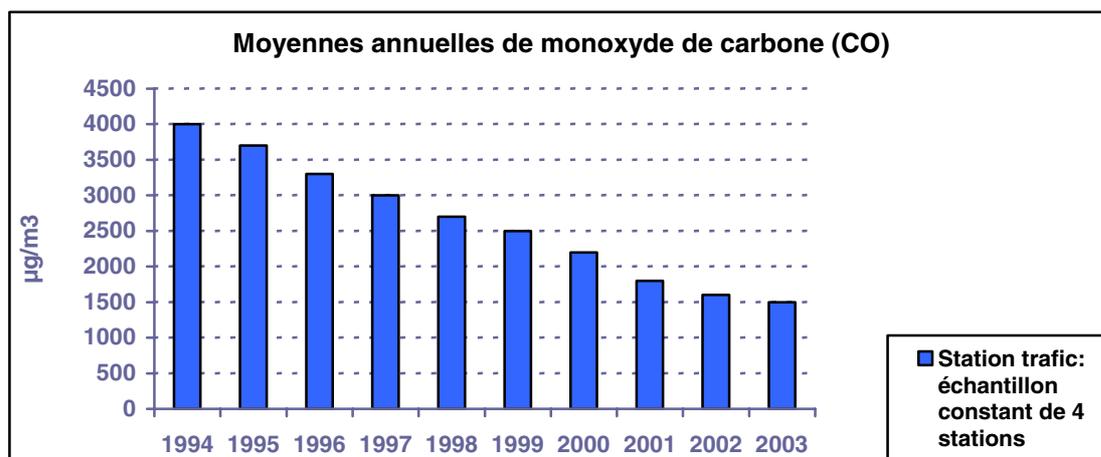
Tous les polluants exposés ci-après sont réglementés, sauf les fumées noires, dont les mesures servent à certaines études.

Une remarque toutefois : les stations de fond, présentées ici, sont situées en agglomération parisienne.

⁶ Voir annexe 4 . Les résultats des simulations présentées dans cette annexe montrent que les mesures combinées d'accélération de ce renouvellement (norme et retrait des véhicules âgés du parc) permettraient de gagner quelques années : 3,5 ans pour le renouvellement à 50% et 7 ans pour celui à 95%.

Graphique 2.a

Source : AIRPARIF



Entre 1994 et 2003 la concentration de monoxyde de carbone (CO) a été divisée par 2,7. Cette baisse régulière peut s'expliquer par l'amélioration de la combustion dans les moteurs et par la proportion grandissante de véhicules diesel dans le parc roulant ; en effet, ceux-ci émettent moins de CO que les véhicules essence.

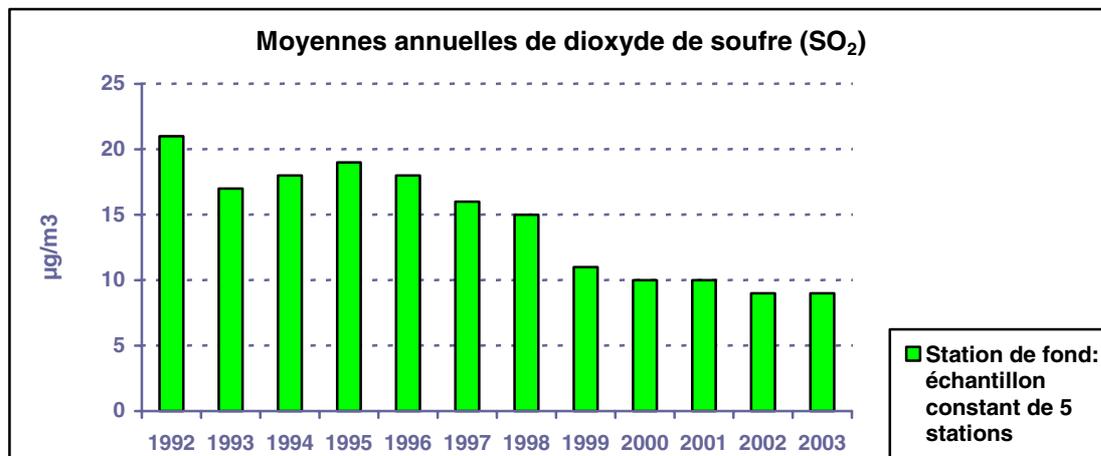
Il est à noter que la congestion s'accompagne d'une élévation d'émission de CO.

Toutefois, les concentrations restent bien inférieures à la valeur limite de protection de la santé humaine qui est de 10 000µg/m3 durant 8 heures.

Graphique 2.b

Source :

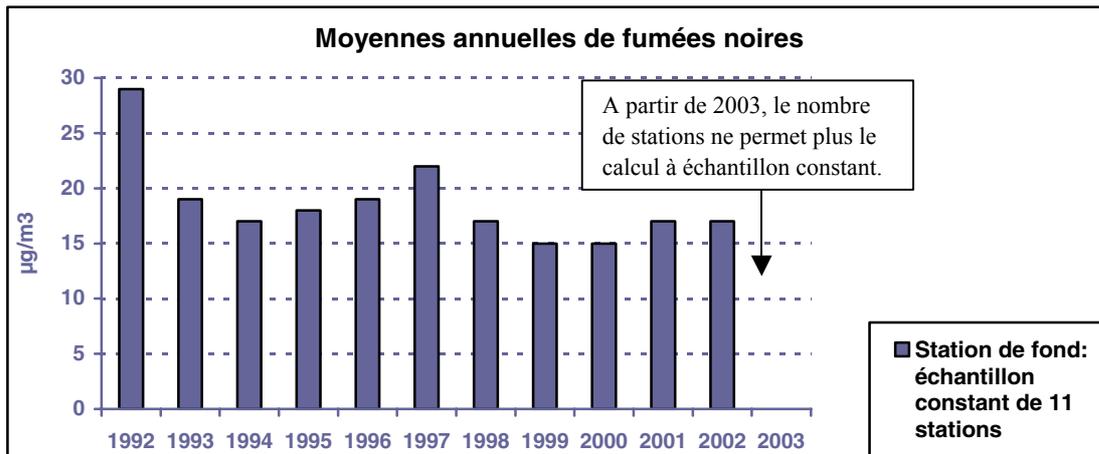
AIRPARIF



Des efforts au niveau industriel, notamment pour la production de chauffage et d'électricité, ont permis de diviser la moyenne annuelle hivernale de dioxyde de soufre (SO₂) de l'ordre de 20 depuis la fin des années 50. Cette baisse est renforcée par celle de la teneur en soufre dans les carburants : pour l'essence de 0,2% à 0,15% en masse entre 1994 et 2000 ; pour le gazole de 0.2% à 0.035% en masse sur la même période. Ainsi, entre 1995 et 2003, la moyenne annuelle de SO₂ est divisée par 2. Elle tend à se stabiliser autour de 10µg/m3, et reste très inférieure à l'objectif français de qualité de 50µg/m3. En général, la situation de fond est meilleure que celle aux abords du trafic ou d'industries. Depuis 1999, le seuil d'information de 300µm/m3 par heure n'a pas été atteint, excepté pour la station d'observation se trouvant au sommet de la Tour Eiffel, correspondant à des retombées de panaches industriels.

Graphique 2.c

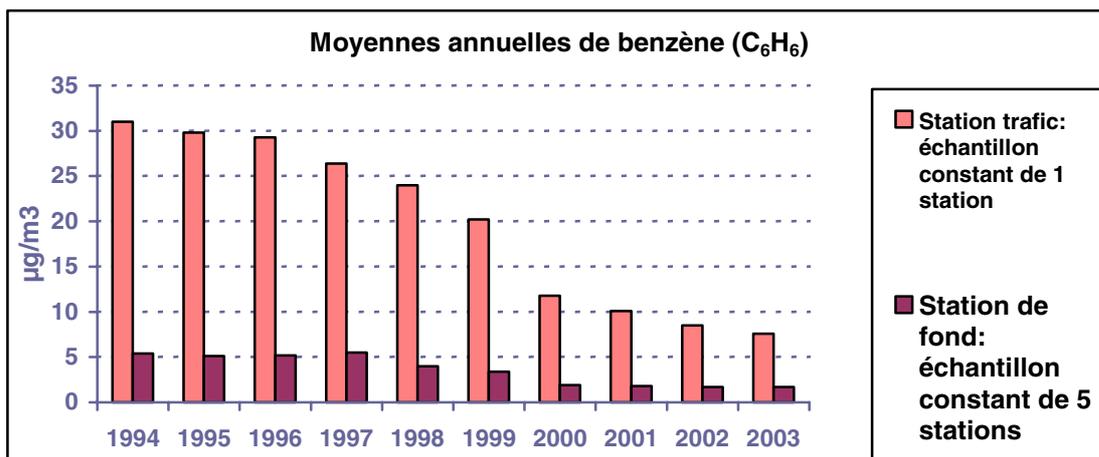
Source : AIRPARIF



Le traitement des émissions industrielles a permis de diviser les concentrations de fumées noires d'un facteur 8 en 40 ans. Les moyennes annuelles restent bien inférieures à la valeur limite de 80µg/m³ en moyenne journalière.

Graphique 2.d

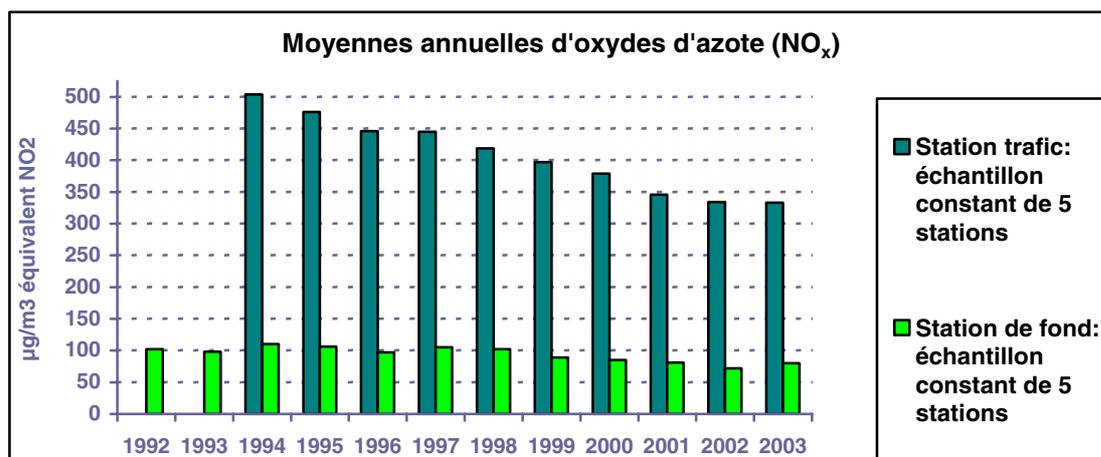
Source : AIRPARIF



Les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) sont reconnus pour être des précurseurs de l'ozone lors d'ensoleillements importants, et pour être cancérigènes. Le benzène (C₆H₆) est le plus connu d'entre eux. En ville ce sont essentiellement les véhicules à essence qui sont responsables des niveaux de contamination de l'air, de par les imbrûlés produits à la sortie de l'échappement et de par les phénomènes d'évaporation au niveau de différents organes du véhicule (réservoir, carburateur ...). Cela explique les taux nettement plus élevés en station trafic. Entre 1994 et 2003 les concentrations de benzène ont été divisées par 3,2 en station de fond et par 4,1 en station trafic. Ces diminutions de concentration sont attribuables à la réduction de la teneur maximum en benzène dans l'essence : de 5% en volume en 1998 à 1% en 2000. Bien que depuis 2000, l'objectif français de qualité de 2µg/m³ soit respecté en station de fond, il est très largement dépassé à proximité du trafic..

Graphique 2.e

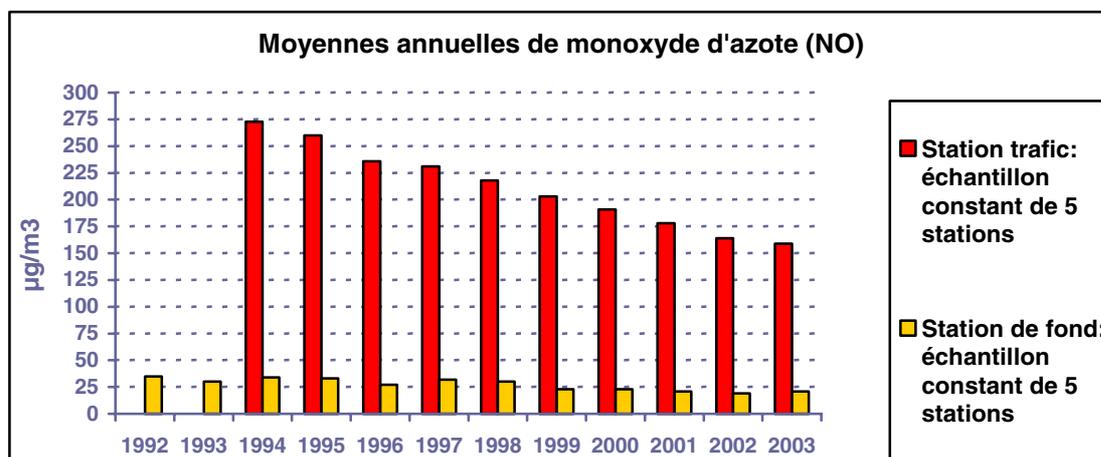
Source : AIRPARIF



Les émissions oxydes d'azote (NO_x) à l'échappement sont composées à 90% de monoxyde d'azote (NO) qui se transforme par la suite en dioxyde d'azote (NO₂) dans l'atmosphère. Principalement issus des transports, la concentration moyenne annuelle des NO_x est beaucoup plus élevée en station trafic ; de plus, les émissions augmentent avec la vitesse des véhicules, dans la plage de vitesses constatées en urbain. Entre 1994 et 2003 les concentrations de NO_x ont été divisées par 1,4 en station de fond et par 1,5 en station trafic. Malgré ces tendances à la baisse, les valeurs actuelles ne sont toujours pas acceptables, car elles restent au-dessus de la valeur limite de protection de la santé humaine (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en NO₂) et de celle de protection de la végétation (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ équivalent NO₂). Cette dernière est généralement respectée en zone rurale éloignée des centres urbains.

Graphique 2.f

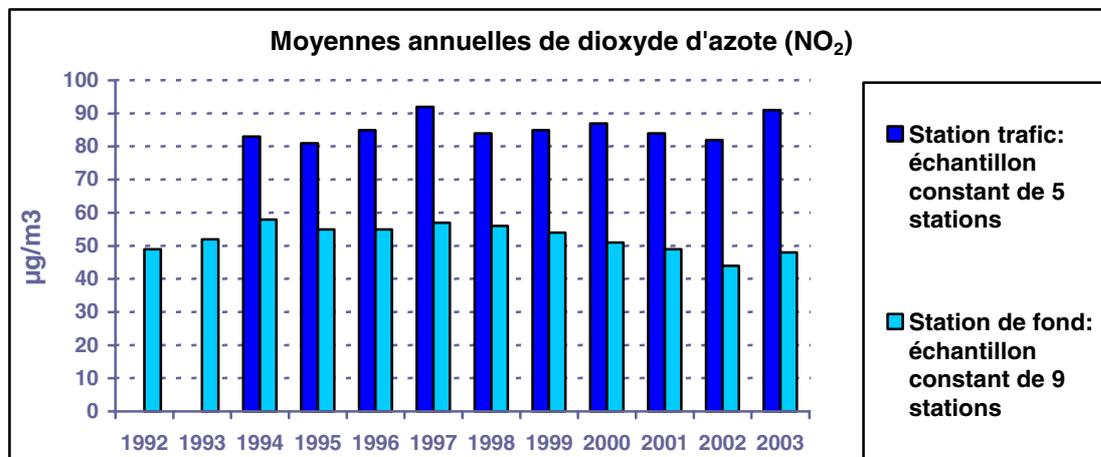
Source : AIRPARIF



Comme cela à été dit précédemment, l'amélioration des performances des véhicules participe à la baisse de 41% entre 1994 et 2003 aux abords de la circulation. Concernant les stations de fond, après une baisse régulière depuis 1997, on observe une légère augmentation entre 2002 et 2003, due aux conditions météorologiques exceptionnelles de cette dernière année.

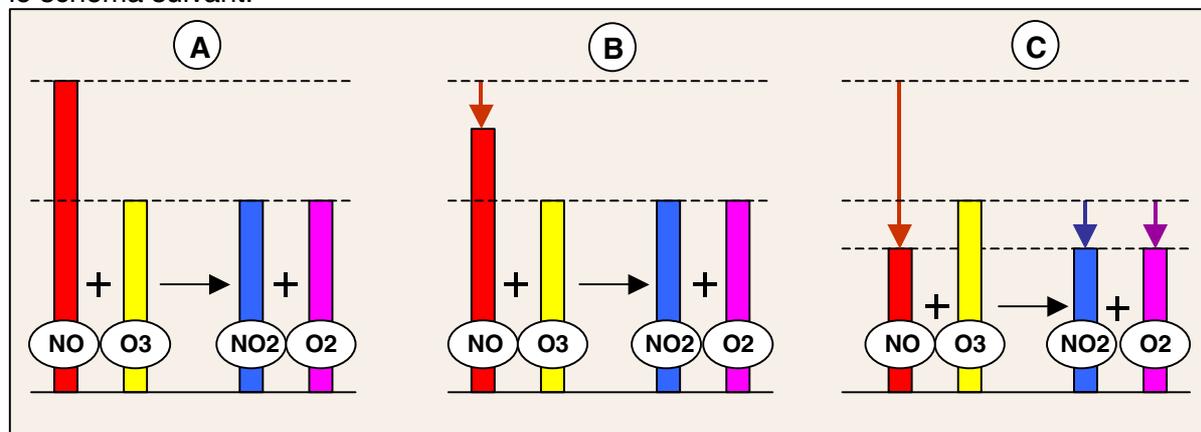
Graphique 2.g

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. Entre 1994 et 2003 les concentrations de NO₂ ont un peu diminué en station de fond (-17%) et légèrement augmenté en station trafic (+10%).

A proximité du trafic, le NO₂ est d'origine primaire et secondaire ; en effet, le monoxyde d'azote primaire (NO) est oxydé par l'ozone présent dans l'air, formant ainsi du dioxyde d'azote (NO₂), suivant la réaction : $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$. D'après le Plan Régional pour la Qualité de l'Air (PRQA), c'est l'ozone de fond qui serait un facteur limitant, comme le montre le schéma suivant.



- A** - Situation de référence : formation de dioxyde d'azote
B - Baisse insuffisante du monoxyde d'azote : la quantité de dioxyde d'azote formée est la même qu'en situation de référence.
C - Baisse des concentrations de monoxyde d'azote à un niveau inférieur à celles de l'ozone : une diminution des concentrations de NO₂ formé est alors remarquable.

En situation de fond, une baisse régulière de 1997 à 2002 annonce une amélioration concernant le NO₂. Cependant, les fluctuations des moyennes annuelles de ce polluant dépendent beaucoup des conditions météorologiques. De ce point de vue, l'année 2003, considérée comme une année exceptionnelle, voit la concentration de NO₂ augmenter de 10%. Toutefois, AIRPARIF a estimé que cette hausse aurait été de 9% sans la canicule, au lieu des 10% constatés. Ce seraient donc les conditions non favorables à la dispersion de ce polluant tout au long de l'année qui seraient responsables de cette élévation.

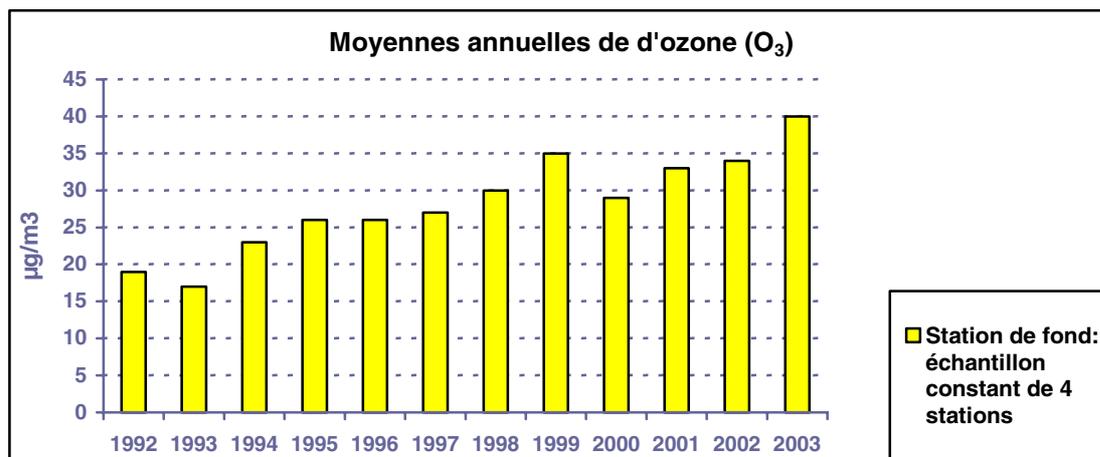
Comme le montrent les cartes de concentrations en annexe 2, c'est le centre de l'agglomération, plus dense, qui est touché par les teneurs élevées de ce polluant dans l'air. D'ailleurs, d'après le PRQA (page 94), «2,7 millions de personnes (soit plus d'une personne sur deux résidant dans le cœur dense de l'agglomération) sont potentiellement exposées à des niveaux excédant l'objectif de qualité de base (50µg/m3)*. »

*Il s'agit de l'objectif en Percentile 50 horaire en 1997, soit de la médiane des moyennes horaires.

Graphique 2.h

Source :

AIRPARIF



Les mécanismes de formation et de destruction de l'ozone sont relativement complexes. Les précurseurs à l'origine de l'ozone sont les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et les oxydes d'azote (NO_x). Le phénomène de formation dépend plus exactement de la proportion de COVNM et de NO_x présents dans l'air. Dans le centre de l'agglomération, où la concentration de NO_x est plus élevée, c'est la réaction de consommation de l'ozone qui prédomine : comme cela a été vu précédemment, le monoxyde d'azote se combine avec l'ozone pour produire du dioxyde d'azote. Plus on s'éloigne du centre, plus le ratio COVNM/NO_x va augmenter (car la concentration des NO_x baisse relativement plus que celle des COVNM) favorisant la formation d'ozone. En fonction de la force et de la direction du vent, les précurseurs vont être transportés au loin, déterminant les zones de genèse de ce polluant. Ce phénomène explique les concentrations d'ozone plus élevées en régions rurales.

L'ozone est un constituant naturel de l'air ; il est à 90% stratosphérique, à 10% troposphérique. Ce dernier, en trop grande quantité, est néfaste pour l'homme et l'environnement. Des mesures existent depuis la fin du XIXe siècle à l'observatoire du Pic du Midi : le taux d'ozone reste stable jusqu'à l'ère industrielle ; depuis, il ne fait qu'augmenter, corroborant l'hypothèse que l'évolution de l'ozone découle de l'activité croissante de l'homme.

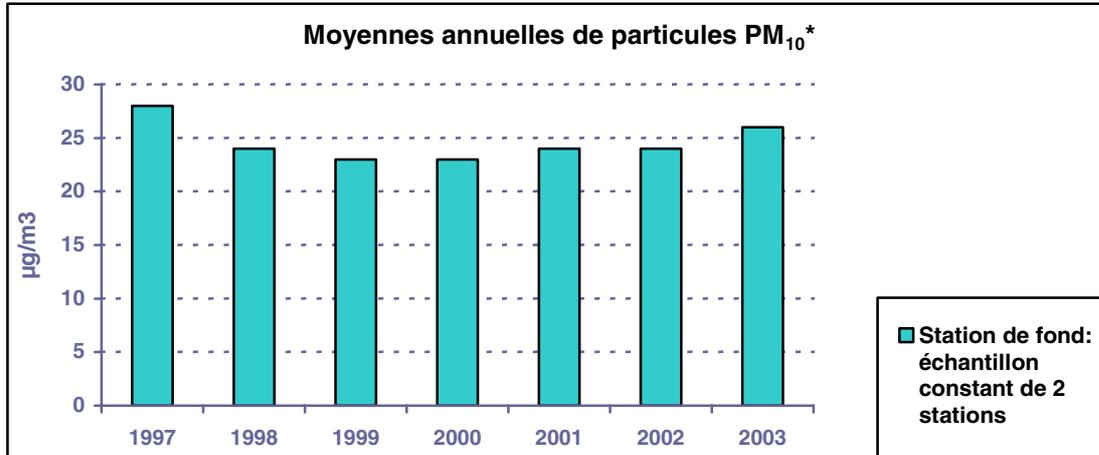
Ces 20 dernières années, la hausse de l'ozone constatée en Ile-de-France peut être due à la baisse globale du NO, augmentant ainsi le rapport COVNM/NO_x sur toute la région.

Par la suite, d'autres facteurs interviennent, mais qui ne peuvent, à eux seuls, expliquer cette évolution à long terme :

- les conditions météorologiques : un été sec et ensoleillé, ainsi qu'un hiver doux, sont propices à la formation d'ozone.
- l'apport transfrontalier ou interrégional : il peut représenter de 30% à plus de 50% d'un total journalier.

Graphique 2.i

Source : AIRPARIF



*PM₁₀ : Particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur à 10 microns

Depuis 2000 la hausse des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ pourrait être liée au développement de la motorisation diesel.

Alors que l'objectif de qualité de 30µg/m³ 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 46µg/m³ en 2003.

Les mesures de PM_{2.5} ne sont pas assez anciennes pour que l'on puisse voir une tendance se dessiner. Par contre, AIRPARIF estime qu'en station trafic, la moyenne annuelle de PM₁₀ est constituée à plus de 60% de PM_{2.5}.

2.2 L'INVENTAIRE DES EMISSIONS DE POLLUANTS

Dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), piloté par la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE), AIRPARIF a dressé un inventaire des émissions de polluants atmosphériques en Ile-de-France pour l'année 2000, et construit un cadastre des émissions à la résolution d'un kilomètre carré. Ce cadastre sert de donnée d'entrée aux modèles de prévision de la qualité de l'air.

Les tableaux 2.a, 2.b et le graphique 2.j indiquent les résultats de cet inventaire agrégés au niveau 1 de la nomenclature SNAP.

Tableau 2.a

**Emissions (tonnes/an) en Ile-de-France pour l'année 2000
détaillées au niveau 1 de la nomenclature SNAP***
Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF

	NO _x	CO	SO ₂	COVNM	PM ₁₀	CH ₄	CO ₂
Combustion dans les industries de l'énergie et de la transformation d'énergie	15 641	4 682	27 500	704	2 025	3 492	5 806 177
Combustion hors industrie	19 345	69 010	28 473	13 434	6 266	22 729	22 884 625
Combustion dans l'industrie manufacturière	7 368	1 000	6 660	463	496	274	2 796 243
Procédés de production	299	3	354	2 467	4 009	0	10 247
Extraction et distribution de combustibles fossiles	0	0	0	6 658	0	0	0
Utilisations de solvants	3	0	0	75 847	0	0	0
Transport routier	84 178	306 341	2 324	52 472	7 998	2 615	14 383 776
Autres sources mobiles et machineries	14 656	15 086	553	3 973	708	44	1 478 664
Traitement et élimination des déchets	7 450	2 297	1 736	3 237	546	162 500	4 101 185
Agriculture et sylviculture	12 441	0	0	0	71	1 799	0
Autres sources et puits (sources biogéniques)	0	0	0	24 025	0	0	0
TOTAL	161 381	398 418	67 600	183 280	22 119	193 454	51 460 917

*SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution): nomenclature développée par l'Union Européenne.

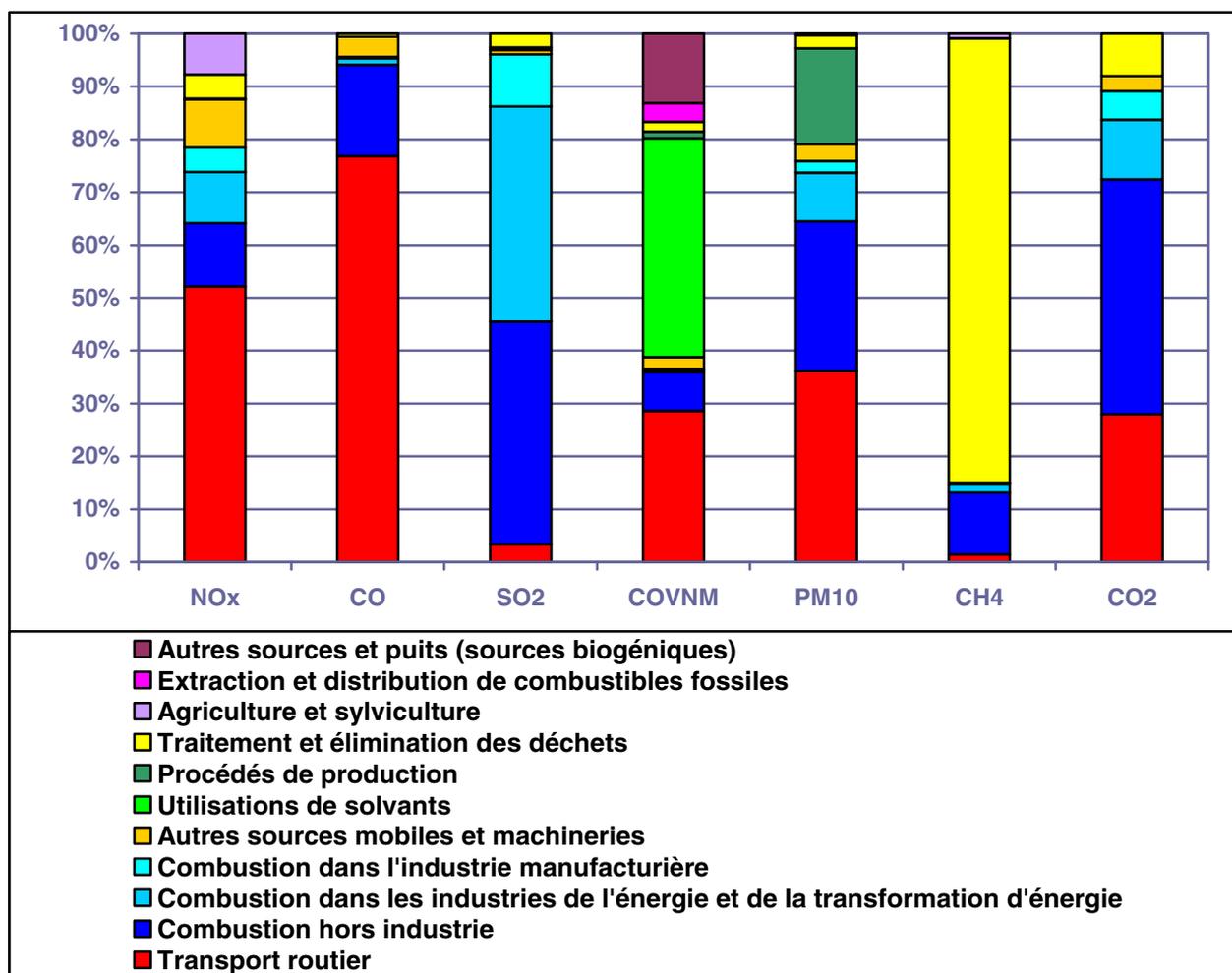
Tableau 2.b

**Contribution (%) des catégories émettrices de la nomenclature SNAP
au niveau 1 aux émissions annuelles d'Ile-de-France
Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF**

	NO_x	CO	SO₂	COVNM	PM10	CH₄	CO₂
Combustion dans les industries de l'énergie et de la transformation d'énergie	10%	1%	41%	0%	9%	2%	11%
Combustion hors industrie	12%	17%	42%	7%	28%	12%	44%
Combustion dans l'industrie manufacturière	5%	0%	10%	0%	2%	0%	5%
Procédés de production	0%	0%	1%	1%	18%	0%	0%
Extraction et distribution de combustibles fossiles	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%
Utilisations de solvants	0%	0%	0%	41%	0%	0%	0%
Transport routier	52%	77%	3%	29%	36%	1%	28%
Autres sources mobiles et machineries	9%	4%	1%	2%	3%	0%	3%
Traitement et élimination des déchets	5%	1%	3%	2%	2%	84%	8%
Agriculture et sylviculture	8%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
Autres sources et puits (sources biogéniques)	0%	0%	0%	13%	0%	0%	0%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Graphique 2.j

**Contribution (%) des catégories émettrices de la nomenclature SNAP
au niveau 1 aux émissions annuelles d'Ile-de-France
Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF**



L'inventaire 2000 des émissions, montre que les transports sont les premiers émetteurs de trois polluants :

- monoxyde de carbone (CO) : 77%
- oxydes d'azote (NO_x) : 52%
- particules (PM₁₀) : 36%

Ils sont les seconds pour deux polluants :

- composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) : 29% (Après l'utilisation de solvants : 41%)
- dioxyde de carbone (CO₂) 28% (Après la combustion hors industrie : 44%).

Enfin, les transports jouent un rôle minime concernant les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) et de méthane (CH₄).

L'inventaire 2000 fournit également des estimations plus précises par secteur. Les tableaux 2.c et 2.d et le graphique 2.k détaillent les contributions des diverses catégories de véhicules aux émissions relatives au transport routier.

Tableau 2.c

Emissions relatives au transport routier pour l'année 2000 en tonnes/an
Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF

	NO _x	CO	PM ₁₀	COVNM	SO ₂	CH ₄	CO ₂
Voitures particulières essence non catalysées	18 765	144 405	0	16 036	131	917	1 389 259
Voitures particulières essence catalysées	3 679	51 881	0	1 675	221	487	2 632 637
Voitures particulières diesel	15 856	10 928	2 972	2 110	776	196	4 025 662
Véhicules utilitaires légers < 3.5 T essence	947	13 993	0	1 237	16	43	178 051
Véhicules utilitaires légers < 3.5 T diesel	12 980	8 310	2 078	1 272	488	53	2 530 032
Poids lourds > 3.5 T et bus	31 328	7 921	1 675	4 056	665	229	3 446 773
Motocyclettes et motos < 50 cm ³	21	9 891	0	5 759	4	144	18 539
Motos > 50 cm ³	603	59 011	0	5 113	22	546	162 822
Evaporation d'essence	0	0	0	15 213	0	0	0
Autre (pneus, freins, chaussée)	0	0	1 273	0	0	0	0
TOTAL	84 178	306 341	7 998	52 472	2 324	2 615	14 383 776

Tableau 2.d

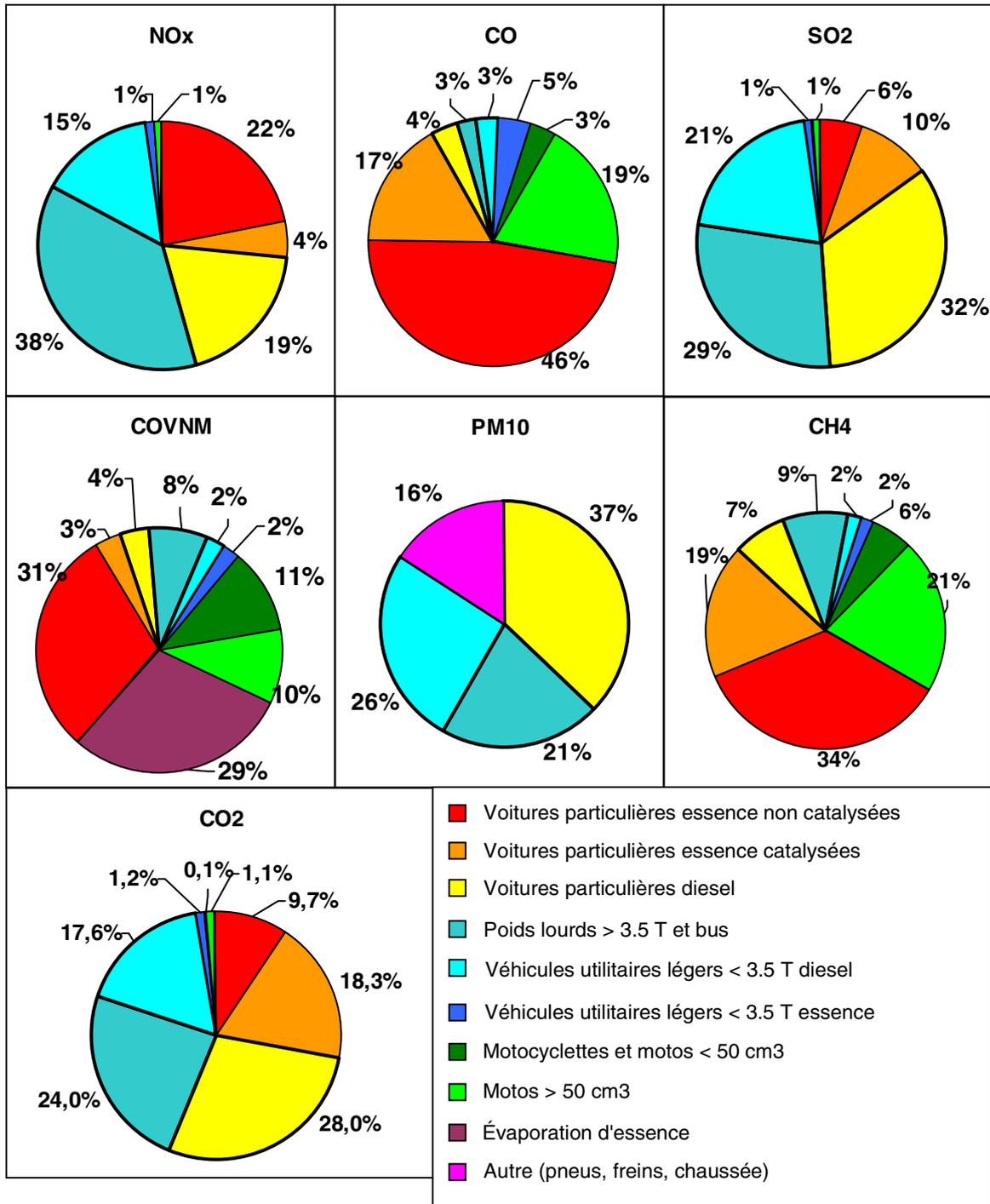
Contribution des grandes catégories de véhicules aux émissions relatives au transport routier en 2000 (%)
Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF

	NO _x	CO	PM ₁₀	COVNM	SO ₂	CH ₄	CO ₂
Voitures particulières essence non catalysées	22%	46%	0%	31%	6%	34%	9,7%
Voitures particulières essence catalysées	4%	17%	0%	3%	10%	19%	18,3%
Voitures particulières diesel	19%	4%	37%	4%	1%	7%	28,0%
Véhicules utilitaires légers < 3.5 T essence	1%	5%	0%	2%	0%	2%	1,2%
Véhicules utilitaires légers < 3.5 T diesel	15%	3%	26%	2%	32%	2%	17,6%
Poids lourds > 3.5 T et bus	38%	3%	21%	8%	21%	9%	24,0%
Motocyclettes et motos < 50 cm ³	0%	3%	0%	11%	29%	6%	0,1%
Motos > 50 cm ³	1%	19%	0%	10%	1%	21%	1,1%
Evaporation d'essence	0%	0%	0%	29%	0%	0%	0,0%
Autre (pneus, freins, chaussée)	0%	0%	16%	0%	0%	0%	0,0%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Graphique 2.k

Contribution des grandes catégories de véhicules aux émissions relatives au transport routier en 2000 (%)

Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF



Ne possédant pas, à ce jour, de données sur la répartition du trafic routier régional selon les diverses catégories technologiques des véhicules de l'inventaire on se limitera à des commentaires sur les contributions relatives de ces catégories aux émissions de chaque polluant.

1) *Oxydes d'azote (NO_x).*

Les premiers émetteurs de NO_x du trafic routier sont les poids lourds (38%), suivies des voitures particulières à essence non catalysées (22%) puis des voitures particulières diesel (19%). Les véhicules utilitaires légers diesel ont une contribution non négligeable (15%).

On vérifie indirectement l'efficacité du pot catalytique sur les voitures particulières à essence. En effet si on examine la composition du parc des ménages (Tableau 2.e ci-dessous) on constate que les voitures particulières à essence avec pot catalytique représentent 37% du parc de véhicules à disposition des ménages (Lui-même estimé à 92% du parc roulant de voitures particulières par le STIF) mais n'émettent que 9% des émissions de NO_x des seules voitures particulières (4% rapporté aux 45% des émissions liées aux voitures particulières). A l'inverse, les voitures particulières à essence non catalysées représentent 26% du parc de véhicules à disposition des ménages mais émettent 49% des NO_x des seules voitures particulières (22% rapporté à 45%).

Tableau 2.e

Composition du parc des ménages selon la motorisation et le carburant
Source : EGT 2001

	Proportion %
Diesel avec pot catalytique	19,4%
Diesel sans pot catalytique	15,6%
Essence avec pot catalytique	37,3%
Essence sans pot catalytique	26,0%
Electrique	0,0%
GPL, GNV, Mixtes	0,5%
Autres	0,1%
NR	1,1%
Ensemble	100,0%

2) *Le monoxyde de carbone (CO)*

Près de la moitié des émissions de CO est imputable aux voitures particulières à essence non catalysées (46%).

Le reliquat est essentiellement imputable aux voitures particulières à essence avec pot catalytique (17%) et aux motos de plus de 50 cm³ (19%). On remarque que les deux-roues motorisés émettent proportionnellement beaucoup plus de CO (22%) que leur part dans les déplacements des ménages (3,1%).

3) *Les micro-particules (PM₁₀).*

La majorité des émissions de PM₁₀ (84%) provient de l'échappement des véhicules diesel.

Le reliquat (16%) émane de l'usure des pneus, de la chaussée et des freins.

Le premier émetteur est l'échappement des voitures particulières diesel (37%), suivi de celui des véhicules utilitaires légers diesel (26%) puis des poids lourds (21%).

Comme la diésélisation du parc se poursuit et que, comme on l'a vu au chapitre précédent, les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ augmentent : on mesure l'intérêt du développement du filtre à particules sur les motorisations diesel.

4) Les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)

Les deux principales sources d'émissions des COVNM sont l'échappement des voitures particulières à essence non catalysées (31%) et l'évaporation d'essence (29%).

A l'instar du CO on remarque que les deux-roues motorisés émettent proportionnellement beaucoup plus de COVNM (21%) que leur part dans les déplacements des ménages (3,1%). Comme ce moyen de locomotion a tendance à se développer il est urgent de renforcer les normes d'émissions de ces véhicules et de développer des technologies de dépollution à l'échappement.

5) Le dioxyde de soufre (SO₂)

On rappelle que le transport routier ne joue qu'un rôle mineur dans les émissions de SO₂ (3% seulement).

Il y a donc peu de commentaires à faire sur ce sujet si ce n'est que la baisse continue du taux de soufre dans les carburants contribue à la diminution des émissions du secteur transport.

6) Le méthane (CH₄)

Comme pour le SO₂, le transport routier ne joue qu'un rôle mineur dans les émissions de CH₄ (1% seulement).

Il n'y a par suite pas de commentaires à faire sur ce point.

7) Le gaz carbonique (CO₂)

On remarque que les véhicules diesel émettent plus des deux tiers (70%) du CO₂ du transport routier, les véhicules essence 29%. Le reliquat (1%) est 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 alliée à des politiques de limitation de la circulation routière, dans l'attente de la percée des solutions alternatives aux carburants conventionnels (essence, gazole).

8) Le cas particulier des deux-roues motorisés.

On a remarqué que les deux-roues motorisés émettent proportionnellement beaucoup plus de CO et de COVNM que leur part dans les déplacements des ménages.

Comme le précise une étude de l'ADEME⁷ les deux-roues motorisés sont bien plus polluants que les voitures. En 2000, les deux-roues motorisés sont 3 à 5 fois plus émetteurs de CO

⁷ ADEME : « Motocycles, cyclomoteurs : émissions de polluants et consommation d'énergie. Premiers constats », Valbonne, mai 2001 (BARBUSSE Stéphane)

qu'une voiture neuve, et 8 à 11 fois plus émetteurs de HC+NO_x (Emissions unitaires des véhicules exprimées en g/km) .

Les normes d'émissions pour les deux roues motorisées sont en voie de réduire l'écart entre ce mode de transport et les véhicules particuliers. Elles sont présentées au chapitre 5, ainsi que les efforts faits par l'industrie pour les respecter.

3. EVOLUTION DE LA MOTORISATION ET DE LA CIRCULATION AUTOMOBILE

La motorisation et la circulation routière ayant un impact sur la qualité de l'air, plusieurs aspects de ces facteurs sont développés dans ce qui suit.

On examinera successivement les évolutions : du parc roulant de véhicules particuliers, de la motorisation des ménages franciliens, des immatriculations de véhicules particuliers, du parc des deux-roues à moteur des ménages franciliens, de la circulation automobile liée aux déplacements des personnes de la consommation de carburant et des déplacements des franciliens.

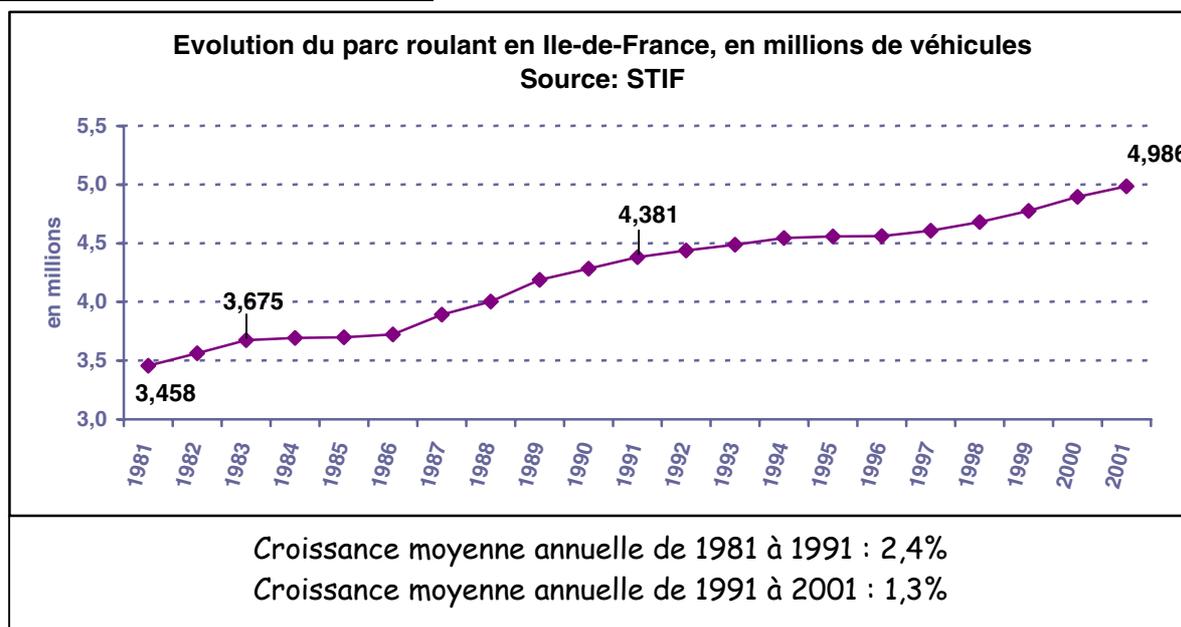
3.1 L'EVOLUTION DU PARC ROULANT DE VEHICULES PARTICULIERS

Dans le cadre de ses travaux sur le compte des déplacements des voyageurs en Ile-de-France le groupe de travail présidé par le STIF⁸ a estimé que le parc de voitures particulières et commerciales francilien s'élevait à 4.986.000 unités en 2001.

D'après le STIF 92% de ce parc sont constitués de véhicules à disposition des ménages franciliens.

Le graphique 3.a ci-dessous montre l'évolution de ce parc entre 1981 et 2001.

Graphique 3.a



On observe une augmentation constante du parc roulant en Ile-de-France (+44% en 20 ans) mais avec des rythmes annuels de croissance variables. Depuis 1997 on aurait une accélération de la motorisation (+2% par an).

On peut obtenir une connaissance plus détaillée des éléments de ce parc à travers deux bases de données qui ont cependant leurs limites.

La première est l'enquête globale des transports (EGT) qui ne recueille que les données sur le parc à disposition des ménages franciliens (soit 92% du parc roulant).

⁸ « Compte déplacements des voyageurs en Ile-de-France. Rapport d'actualisation 2001 ». STIF Novembre 2003.

La deuxième est le fichier des cartes grises. Théoriquement ce fichier devrait être fiable car la réglementation oblige les propriétaires à signaler les mises au rebut de vieux véhicules et les ventes à l'étranger (ce qui permettrait un apurement du fichier). En pratique peu de personnes suivent la réglementation de sorte que le fichier des cartes grises surestime le parc réel, et ce d'autant plus que l'on se trouve dans une catégorie de véhicules âgés. Malgré leurs limitations on analyse ci-après ces données car elles apportent un éclairage complémentaire sur le parc de voitures particulières.

3.2 L'EVOLUTION DE LA MOTORISATION DES MENAGES FRANCILIENS

Les enquêtes globales de transport (EGT) de 1983 et 2001 permettent de voir l'évolution de la motorisation des ménages selon leur taux d'équipement (Nombre de véhicules du ménage) et leur localisation résidentielle. C'est l'objet des tableaux 3.a, 3.b et des graphiques 3.b, 3.c. ci-après.

Tableau 3.a

Evolution du nombre de ménages motorisés entre 1983 et 2001

Source : EGT 1983 et 2001

VP : voiture particulière.

		1983		2001		Evolution 1983-2001	
		Nombre de ménages	%	Nombre de ménages	%	Nombre de ménages	%
Paris	0 VP	582 675	52,9%	608 556	53,3%	25 881	4,4%
	1 VP	458 490	41,7%	462 069	40,4%	3 579	0,8%
	2 VP	55 207	5,0%	66 463	5,8%	11 256	20,4%
	3 VP +	4 116	0,4%	5 610	0,5%	1 494	36,3%
Total Paris		1 100 488	100%	1 142 698	100%		
Petite Couronne	0 VP	461 863	30,7%	468 957	28,2%	7 094	1,5%
	1 VP	791 806	52,6%	847 225	51,0%	55 419	7,0%
	2 VP	221 624	14,7%	301 040	18,1%	79 416	35,8%
	3 VP +	29 698	2,0%	45 431	2,7%	15 733	53,0%
Total Petite Couronne		1 504 991	100%	1 662 653	100%		
Grande couronne	0 VP	275 883	20,1%	265 827	14,7%	-10 056	-3,6%
	1 VP	695 529	50,6%	830 766	46,0%	135 237	19,4%
	2 VP	355 189	25,8%	587 064	32,5%	231 875	65,3%
	3 VP +	47 814	3,5%	123 286	6,8%	75 472	157,8%
Total Grande Couronne		1 374 415	100%	1 806 943	100%		
Ensemble	0 VP	1 320 421	33,2%	1 343 340	29,1%	22 919	1,7%
	1 VP	1 945 825	48,9%	2 140 060	46,4%	194 235	10,0%
	2 VP	632 020	15,9%	954 567	20,7%	322 547	51,0%
	3 VP +	81 628	2,1%	174 327	3,8%	92 699	113,6%
Nombre de ménages franciliens		3 979 894	100,0%	4 612 294	100,0%	632 400	15,9%
Nombre de ménages franciliens motorisés		2 659 473	66,8%	3 268 954	70,9%	609 481	22,9%

Le premier constat que l'on fait est qu'il existe encore une partie importante des ménages qui n'est pas motorisée (29% en 2001) et que leur part relative a peu diminué entre 1983 et 2001 puisqu'en 1983 elle était de 33% (Tableau 3.a).

Comme on pouvait si attendre les ménages parisiens sont les moins équipés : depuis 1983 53% de ceux-ci ne disposent pas de voiture particulière.

Le second constat est que la motorisation s'accroît quand on s'éloigne de la capitale : à Paris 47% des ménages sont motorisés, en Petite Couronne 72% (Départements 92, 93, 94) et en Grande Couronne 85% (Départements 77, 78, 91, 95).

C'est de loin dans la Grande Couronne que la motorisation a le plus progressé. En 2001 47% des ménages motorisés sont résidents de cette zone (Contre 42% en 1983) et le parc de véhicules de ces résidents représente 52% du parc total des ménages franciliens (Contre 45% en 1983). [Graphiques 3.b, 3.c et tableau 3.b].

In fine le parc des véhicules à disposition des ménages a augmenté de seulement 5% dans Paris, mais de 20% en Petite Couronne et de 54% en Grande Couronne (Tableau 3.b).

Le troisième constat est que la multimotorisation (Plusieurs véhicules par ménage) a fortement progressé. Entre 1983 et 2001 le pourcentage de ménages ayant 2 VP ou plus est passé de 18% à 24,5%.

Là encore c'est dans la Grande Couronne que le phénomène est de loin le plus accentué. Entre 1983 et 2001 le pourcentage de ménages multimotorisés y a crû de 29,3% à 40,3% tandis que dans la Petite Couronne on passait de 16,7% à 20,8% et à Paris de 5,4% à 6,3%.

Graphique 3.b

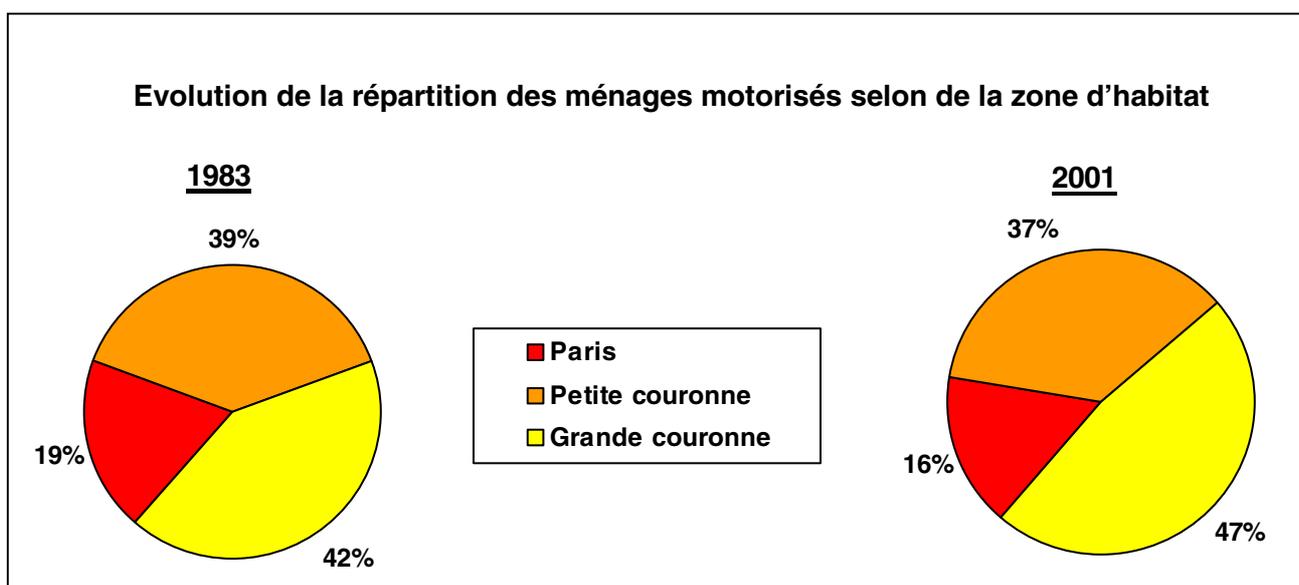


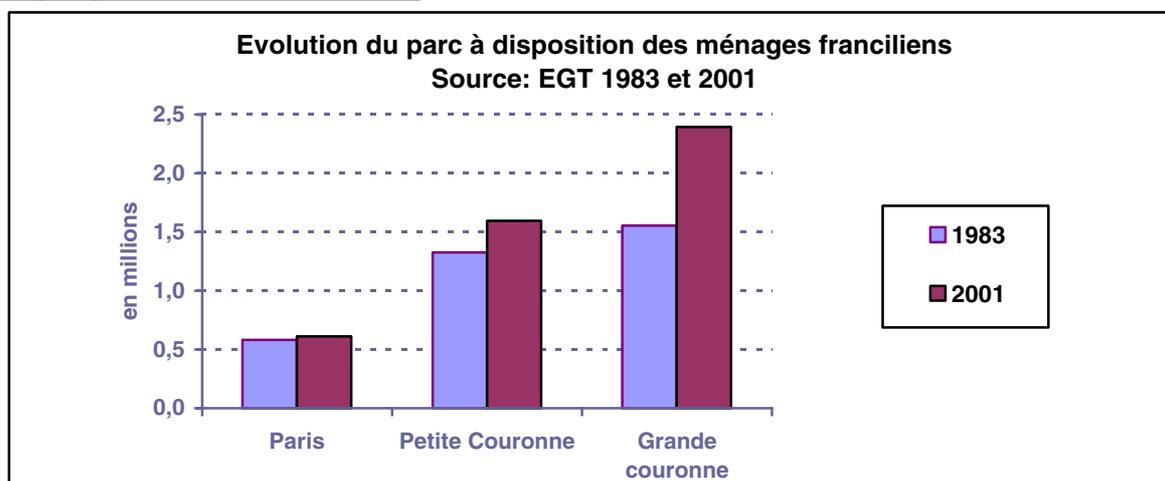
Tableau 3.b

Evolution du parc à disposition des ménages de 1983 à 2001

Source : EGT 1983 et 2001

	1983		2001		Evolution	
	Nombre de véhicules	%	Nombre de véhicules	%	Nombre de véhicules	%
Paris	581 251	17%	611 825	13%	30 574	5%
Petite couronne	1 324 939	38%	1 592 411	35%	267 472	20%
Grande couronne	1 553 119	45%	2 394 030	52%	840 911	54%
Ensemble	3 459 309	100%	4 598 266	100%	1 138 957	33%

Graphique 3.c



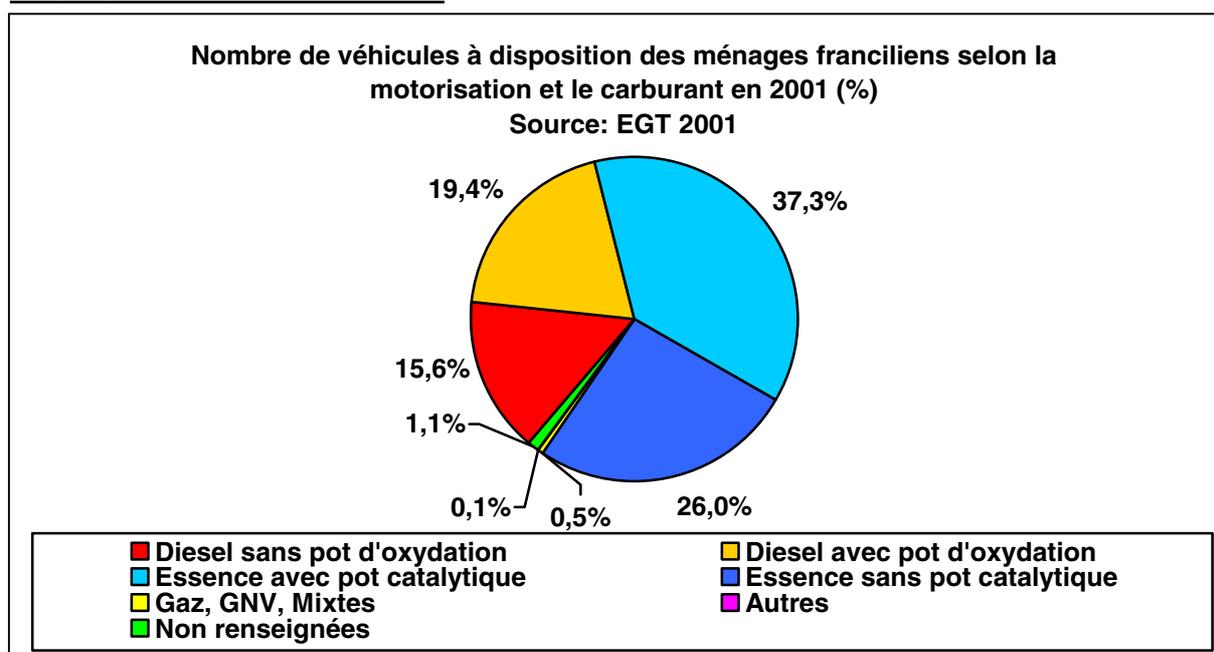
Une innovation de l'EGT 2001 fut de demander aux ménages de préciser le type de carburant et l'équipement en pot catalytique de leurs véhicules. Le tableau 3.c et le graphique 3.d présentent cette décomposition par grandes zones géographiques.

Tableau 3.c

Décomposition du parc 2001 de véhicules à disposition des ménages par motorisation et carburant
 Source : EGT 2001

	Paris	Petite couronne	Grande couronne	Ensemble
Diesel avec pot d'oxydation	15,0%	16,6%	22,5%	19,4%
Diesel sans pot d'oxydation	9,1%	15,3%	17,4%	15,6%
Essence avec pot catalytique	49,4%	38,4%	33,5%	37,3%
Essence sans pot catalytique	24,8%	27,9%	25,1%	26,0%
Electrique	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
GPL, GNV, Mixtes	0,4%	0,5%	0,5%	0,5%
Autres	0,1%	0,2%	0,0%	0,1%
Non renseignés	1,2%	1,2%	0,9%	1,1%
Ensemble	100%	100%	100%	100%

Graphique 3.d



On constate tout d'abord que le pourcentage du parc équipé de moteurs diesel est très voisin de celui de la Nation : 35% en Ile-de-France contre 35,6% pour la France.

Il est d'autant plus élevée que l'on s'éloigne de Paris : alors que dans Paris le pourcentage de véhicules diesel n'est que de 24%, il monte à 32% en Petite Couronne puis à 40% en Grande Couronne. Ce phénomène peut s'expliquer par les kilométrages moyens annuels plus élevés des véhicules des résidents de Grande Couronne rendant plus rentable l'achat d'un véhicule diesel.

Globalement la motorisation dominante est le moteur à essence : 63,3% du parc ; 74,2% pour la Ville de Paris

On remarque que plus de la moitié du parc (57%) est composée de véhicules équipés de pots catalytiques. Ce taux est de 59% pour les véhicules à essence et de 55% pour les véhicules diesel.

3.3 L'EVOLUTION DES IMMATRICULATIONS DE VEHICULES PARTICULIERS

Le fichier des cartes grises présente l'avantage de décomposer le parc francilien selon l'âge et la puissance administrative. Par contre, comme cela a été dit précédemment, il surestime le parc existant, et ce d'autant plus que l'on se trouve dans une catégorie de véhicules âgés ; c'est pourquoi on s'arrête à la limite d'âge de 15 ans.

Les tableaux 3.d, 3.e et 3.f ainsi que le graphique 3.e présentent l'évolution du parc selon l'âge des véhicules et le département d'immatriculation entre 1993 et 2003.

Tableau 3.d

Evolution du parc de voitures particulières* en Ile-de-France selon l'âge (1993-2003)
Source : Ministère de l'équipement – Fichier des cartes grises

Date	Age					TOTAL
	0 à 3 ans	3 à 5 ans	5 à 7 ans	7 à 10 ans	10 à 15 ans	
01/01/2003	1 389 182	745 785	643 063	930 798	1 480 970	5 189 798
01/01/1993	1 446 823	848 666	724 118	911 783	1 191 760	5 123 150
(2003)-(1993)	-57.641	-102.881	-81.055	19.015	289.210	66.648
% 2003	26,77%	14,37%	12,39%	17,94%	28,54%	100%
% 1993	28,24%	16,57%	14,13%	17,80%	23,26%	100%
% 2003: cumul	26,77%	41,14%	53,53%	71,46%	100%	
% 1993: cumul	28,24%	44,81%	58,94%	76,74%	100%	
Age moyen 2003	6,8 ans					
Age moyen 1993	6,4 ans					

*en 1993, le fichier regroupe voitures particulières et voitures commerciales

Le tableau 3.d montre que le parc francilien a légèrement vieilli entre 1993 et 2003 : l'âge moyen est passé de 6,4 à 6,8 ans. Il reste cependant plus jeune que le parc national dont la moyenne d'âge en 2003 est de 7,6 ans selon la même source.

Le tableau 3.e indique une répartition du parc entre Paris et les deux Couronnes tout à fait voisine de celle de l'EGT 2001.

Le graphique 3.e montre que le parc a vieilli de manière relativement homogène selon ces trois grandes zones de résidence : de 0,4 ans entre 1993 et 2003. En revanche l'âge moyen est d'autant plus élevé que l'on s'éloigne de Paris : de 6,4 ans à Paris jusqu'à 6,94 ans en grande Couronne. Ceci peut s'expliquer partiellement par l'effet revenu moyen .

Le tableau 3.f confirme cette dernière remarque pour le département des Hauts-de-Seine qui est le plus riche de la Petite Couronne et dont la répartition du parc selon l'âge se rapproche de celle du parc parisien et se distingue donc des autres départements de Petite Couronne. De même le parc des résidents des Yvelines est plus jeune que celui des autres départements de Grande Couronne.

Tableau 3.e

**Parc de voitures particulières en Ile-de-France
selon l'âge et le département au 1er janvier 2003**

Source : Ministère de l'équipement – Fichier des cartes grises

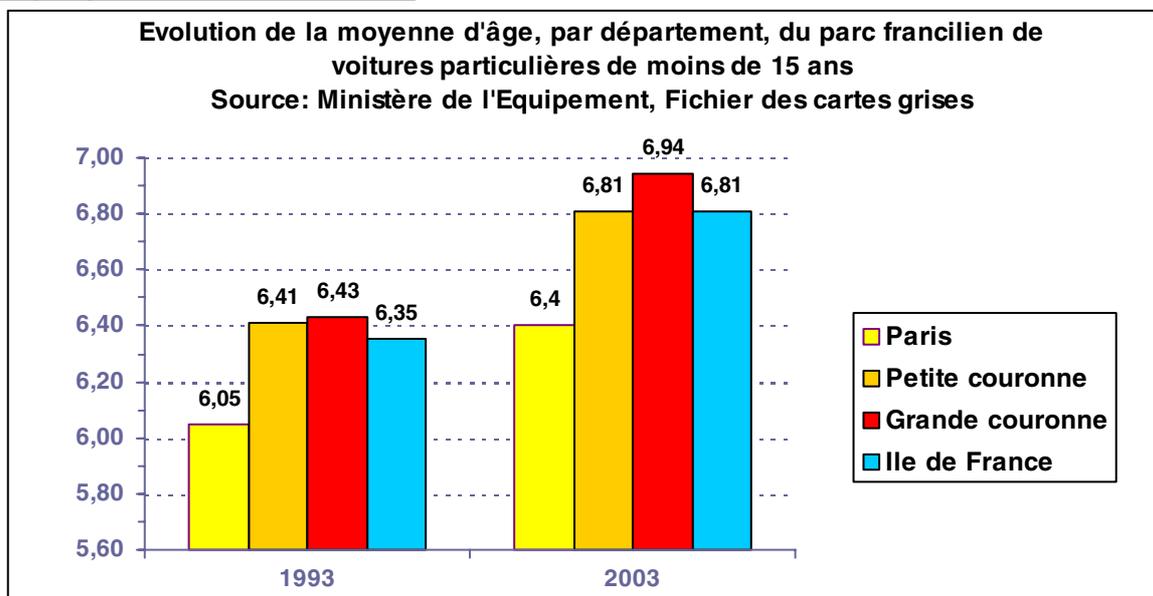
	Age					TOTAL	Répartition %
	0 à 3 ans	3 à 5 ans	5 à 7 ans	7 à 10 ans	10 à 15 ans		
Paris	246 521	111 728	89 409	136 441	201 004	785 103	15%
Hauts-de-Seine	272 480	118 216	85 881	123 469	192 261	792 307	15%
Seine-Saint-Denis	104 268	67 353	63 605	102 474	189 039	526 739	10%
Val-de-Marne	139 130	77 485	69 518	100 422	163 133	549 688	11%
Total petite couronne	515 878	263 054	219 004	326 365	544 433	1 868 734	36%
Seine-et-Marne	144 806	92 103	82 899	118 551	191 593	629 952	12%
Yvelines	203 902	113 867	101 921	134 343	197 915	751 948	14%
Essonne	143 439	89 996	80 865	113 502	179 667	607 469	12%
Val-d'Oise	134 636	75 037	68 965	101 596	166 358	546 592	11%
Total grande couronne	626 783	371 003	334 650	467 992	735 533	2 535 961	49%
Total Ile-de-France	1 389 182	745 785	643 063	930 798	1 480 970	5 189 798	100%

Tableau 3.f

Répartition du parc de voitures particulières en Ile-de-France selon l'âge et le département au 1er janvier 2003
 Source : Ministère de l'équipement – Fichier des cartes grises

	Age					TOTAL
	0 à 3 ans	3 à 5 ans	5 à 7 ans	7 à 10 ans	10 à 15 ans	
Paris	31%	14%	11%	17%	26%	100%
Hauts-de-Seine	34%	15%	11%	16%	24%	100%
Seine-Saint-Denis	20%	13%	12%	19%	36%	100%
Val-de-Marne	25%	14%	13%	18%	30%	100%
Total petite couronne	28%	14%	12%	17%	29%	100%
Seine-et-Marne	23%	15%	13%	19%	30%	100%
Yvelines	27%	15%	14%	18%	26%	100%
Essonne	24%	15%	13%	19%	30%	100%
Val-d'Oise	25%	14%	13%	19%	30%	100%
Total grande couronne	25%	15%	13%	18%	29%	100%
Total Ile-de-France	27%	14%	12%	18%	29%	100%

Graphique 3.e



Le tableau 3.g qui suit montre l'évolution du parc de voitures particulières selon la puissance administrative entre 1993 et 2003.

Tableau 3.g

**Évolution du parc de voitures particulières*
en Île-de-France selon la puissance (1993-2003)
Source : Ministère de l'équipement – Fichier des cartes grises**

Date	Puissance administrative									TOTAL
	1 à 4 CV	5 CV	6 CV	7 CV	8 CV	9 CV	10 et 11 CV	12 CV et +	Non indiquée	
01/01/2003	836	1 122	1 211	1 137	192	270	252	170	1	5 190
01/01/1993	1 059	684	850	1 368	269	373	344	177	0	5 123
(2003)-(1993)	-222	438	361	-231	-77	-103	-92	-7	1	67
% 2003	16,1%	21,6%	23,3%	21,9%	3,7%	5,2%	4,8%	3,3%	0,0%	100%
% 1993	20,7%	13,3%	16,6%	26,7%	5,3%	7,3%	6,7%	3,4%	0%	100%
% 2003: cumul	16,1%	37,7%	61,1%	83,0%	86,7%	91,9%	96,7%	100%	100%	
% 1993: cumul	20,7%	34,0%	50,6%	77,3%	82,6%	89,8%	96,5%	100%	100%	
Puissance administrative moyenne 2003	6,1 CV									
Puissance administrative moyenne 1993	6,2 CV									

La puissance administrative moyenne est restée stable de 1993 à 2003 : 6,2 CV. Cependant, dans la distribution du parc on observe une augmentation des véhicules de 5 et 6 CV au détriment des autres. Elle est supérieure à celle du parc national qui était de 5,8 CV en 2003 selon la même source.

Ces évolutions ne doivent être considérées qu'à titre indicatif. En effet, depuis 1998, la formule de calcul de la puissance administrative a changé.

A noter que les véhicules 4x4 tous terrains, en pleine expansion, représentaient 1,53% du parc francilien en 2003, dont la moitié était répartie entre Paris, les Yvelines et les Hauts-de-Seine (qui totalisent 44% du parc total). Pour la même année le taux d'équipement national de ces véhicules était de 1,7% (CCFA. Autoactualité Mai 2004).

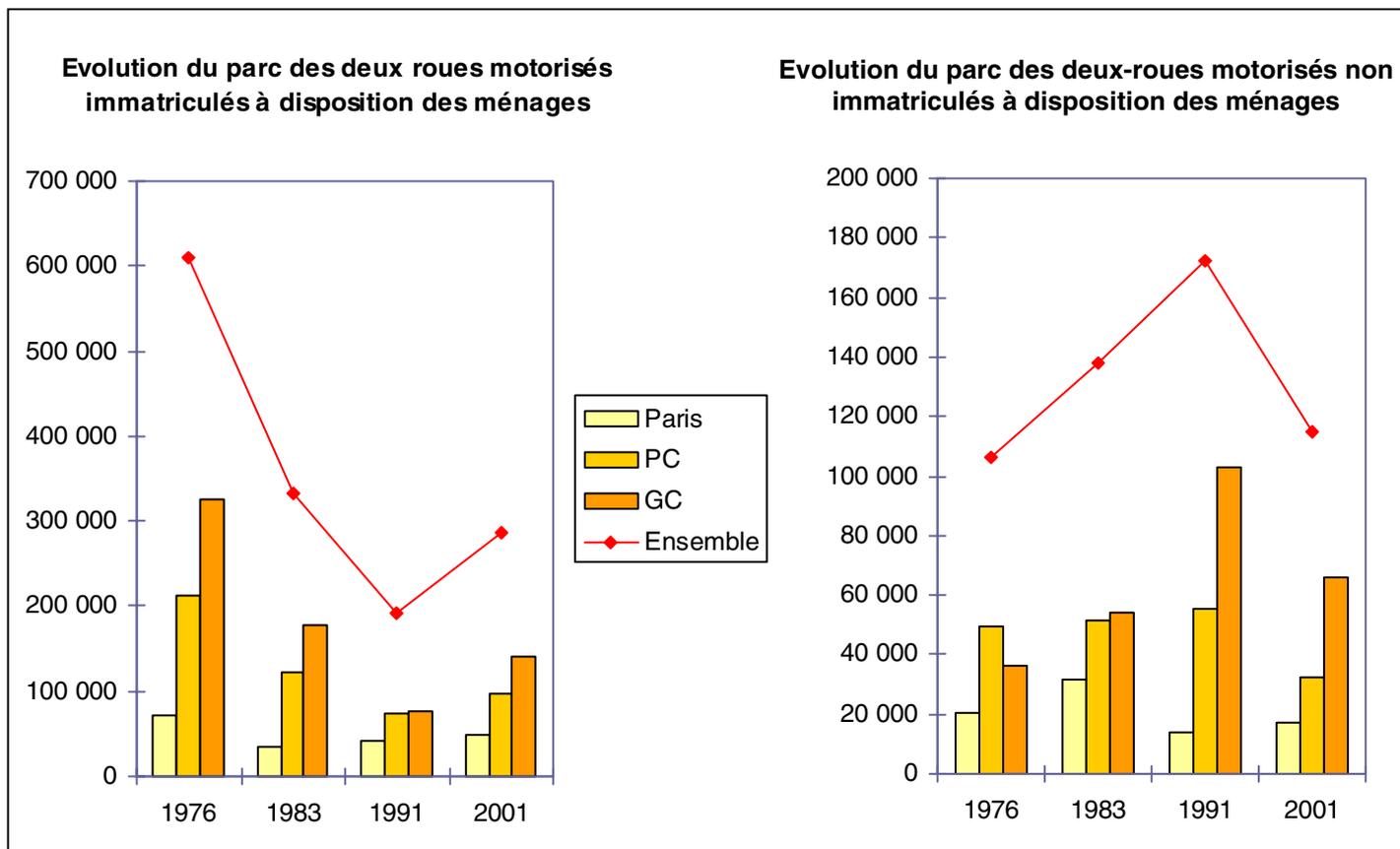
En résumé le parc francilien voitures particulières est plus jeune et plus puissant que le parc national. La proportion de véhicules diesel est voisine de celle constatée en France. Entre 1993 et 2003 il a vieilli à puissance constante.

3.4 L'EVOLUTION DU PARC DES DEUX-ROUES A MOTEUR DES MENAGES FRANCILIENS

Le graphique 3.f illustre l' évolution des deux-roues motorisés à partir des enquêtes EGT.

Graphique 3.f

Source : EGT



Pour les années concernées seuls les motocycles (>50 cm³) étaient immatriculés ; les cyclomoteurs (<50 cm³) ne l'étaient pas⁹.

On constate que le nombre de motocycles (> 50cm³) a diminué entre 1983 et 1991, pour croître ensuite entre 1991 et 2001. On observe le phénomène inverse sur les cyclomoteurs.

Ainsi, le nombre de motocycles est plus élevé que celui des cyclomoteurs, et a tendance à augmenter, alors que cette catégorie de deux roues est la plus polluante¹⁰.

Par ailleurs, plus on s'éloigne du centre de l'agglomération, plus leur part dans le parc est élevée. Le caractère pratique de ce mode lors de congestions urbaines peut expliquer cette hausse globale, et cette répartition spatiale.

En 2001, l'ADEME estimait que 40% des distances annuelles parcourues par les motocycles étaient effectuées en ville.

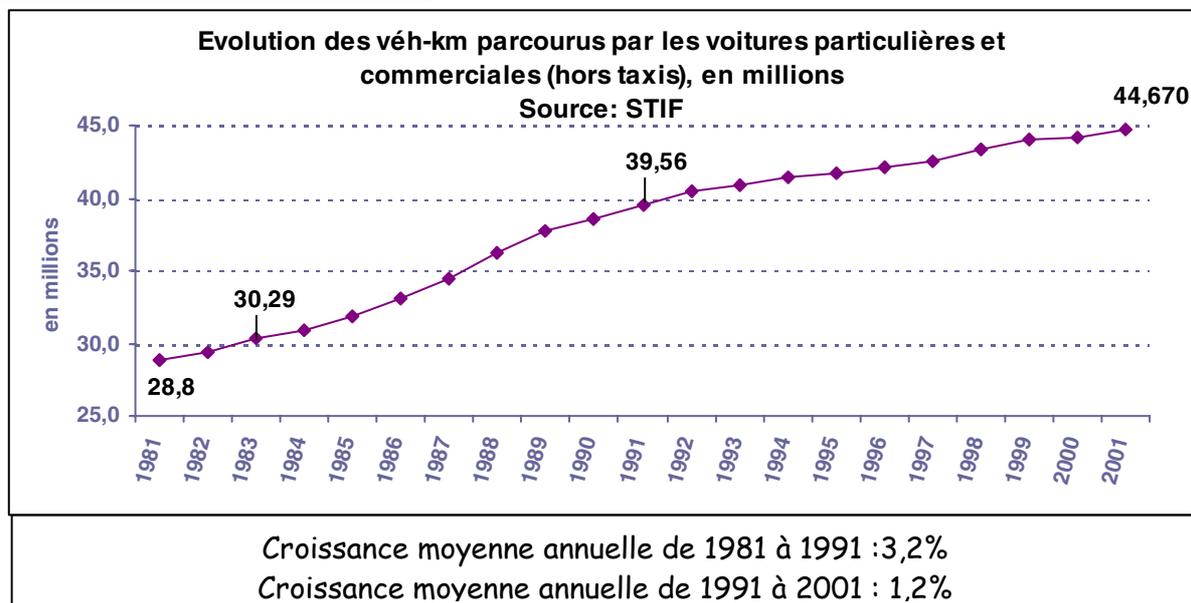
⁹ Depuis le 1^{er} juillet 2004, tous les deux-roues motorisés neufs doivent être immatriculés.

¹⁰ Sauf pour les modèles récents (depuis 2001) de plus de 250 cm³ qui sont équipés de pot catalytique.

3.5 L'EVOLUTION DE LA CIRCULATION AUTOMOBILE

Dans le cadre de ses travaux sur le compte déplacements des voyageurs déjà cité (§ 3.1) le STIF a estimé l'évolution de la circulation routière imputable aux seuls déplacements des personnes résidant ou non en Ile-de-France (Voir graphique 3.g ci-dessous).

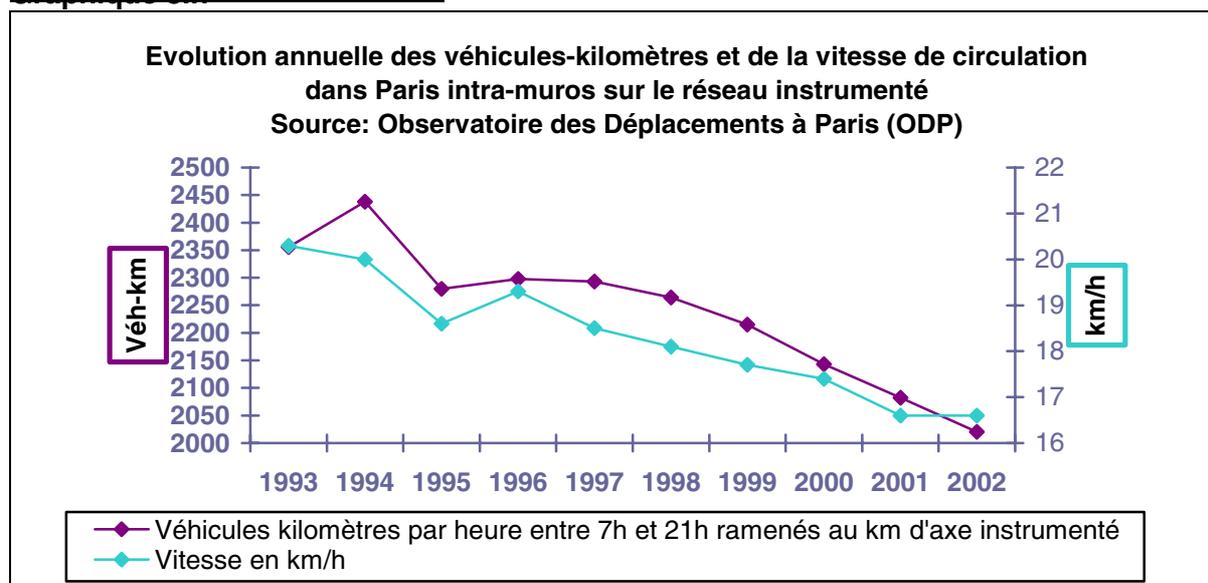
Graphique 3.g



On constate que la circulation routière des personnes n'a cessé de croître entre 1981 et 2001 (+55%) mais avec un net ralentissement depuis 1991 (Croissance moyenne annuelle trois fois moindre entre 1991 et 2001 que pour la décennie précédente).

Comme le montre le graphique 3.h extrait du bilan des déplacements en 2002 de l'Observatoire des déplacements de la Ville de Paris, la capitale connaît à la fois une baisse de la circulation et de la vitesse intra-muros (A la différence de la moyenne régionale).

Graphique 3.h



3.6 L'EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE CARBURANT.

On appréhende ici indirectement l'évolution de la consommation de carburant en Ile-de-France par les ventes de carburant fournies par le Comité Professionnel du Pétrole : tableau 3.h ci-après.

Tableau 3.h

Ventes de carburant en Ile-de-France de 1994 à 2003 (en millions de m3)

Source : Comité Professionnel du Pétrole (CPDP)

Année	Essence auto	Super plombé	ARS*	Super sans plomb	Gazole	Total	Indice total	Ratio gazole/essence
1994	63.10 ⁻⁶	1,70	0	1,97	2,92	6,59	100	0,80
1995	0	1,63	0	2,15	3,36	7,14	108	0,89
1996	0	1,40	0	2,31	3,53	7,24	110	0,95
1997	0	0	1,15	2,39	3,56	7,10	108	1,00
1998	0	0	0,87	2,36	3,36	6,59	100	1,04
1999	0	0	0,71	2,48	3,46	6,64	101	1,09
2000	0	0	0,47	2,54	3,55	6,56	100	1,18
2001	0	0	0,33	2,61	3,51	6,45	98	1,19
2002	0	0	0,23	2,54	3,58	6,35	96	1,30
2003	0	0	0,16	2,44	3,68	6,28	95	1,42
Ratio 2003/1994	-	-	-	1,24	1,26	0,95		
Moyenne annuelle de 1997 à 2003 (%)	-	-	- 28,35%	0,32%	0,57%	- 2,04%		
Moyenne annuelle de 1994 à 2003 (%)	-	-	-	2,43%	2,59%	- 0,53%		

*Anti-récession de Soupapes

Pour la première fois depuis 1997 les consommations annuelles (en volume) de carburant diminuent. Cette diminution est surtout notable à partir de 2001.

Deux facteurs sont à l'origine de cette baisse :

- d'une part, les améliorations technologiques des moteurs qui, à puissance égale, réduisent les consommations unitaires des véhicules
- d'autre part, la proportion grandissante du diesel dans le parc : à puissance égale, un moteur diesel consomme 15% à 20% de moins de carburant en volume. Or on observe une augmentation du ratio gazole/essence de 42% entre 1997 et 2003.

3.7 L'EVOLUTION DES DEPLACEMENTS DES FRANCILIENS

3.7.1 Les déplacements des ménages franciliens en 2001

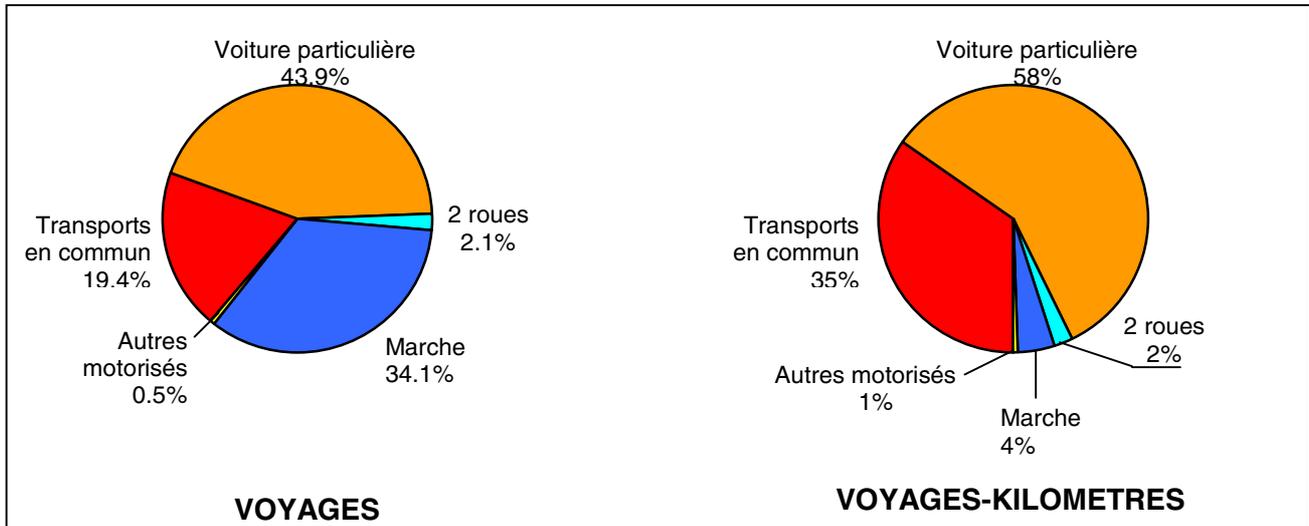
Le graphique 3.i synthétise les répartitions des voyages et voyages-kilomètres¹¹ réalisés par les ménages franciliens en 2001 par mode, motif et liaison, selon les résultats de l'EGT 2001.

¹¹ *Les voyages-kilomètres sont calculés à partir des distances à vol d'oiseau des déplacements*

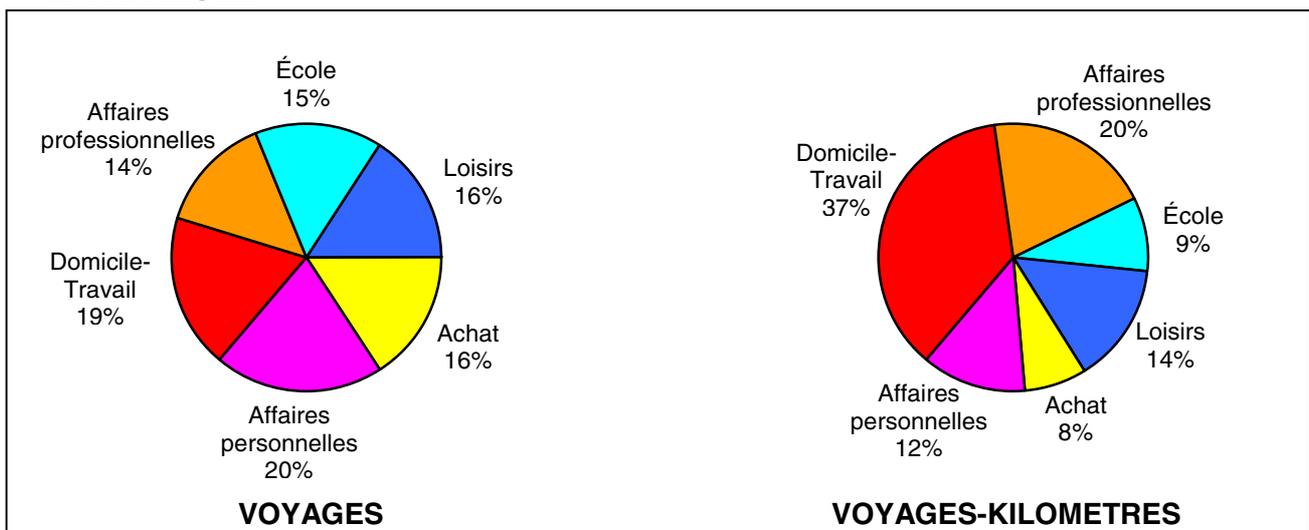
Graphique 3.i

EGT 2001 : VOYAGES ET VOYAGES-KILOMETRES QUOTIDIENS

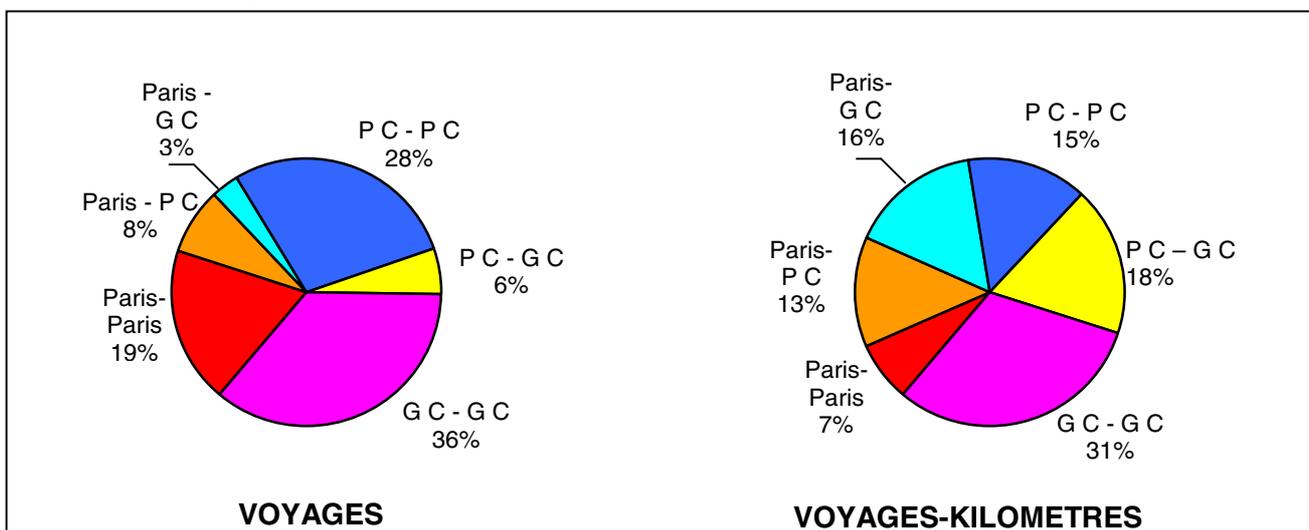
1-PAR MODE



2- PAR MOTIF



3- PAR LIAISON



Au regard de l'impact des déplacements des ménages franciliens sur la qualité de l'air, c'est le nombre de voyages-kilomètres effectués qui est important.

On constate que 44% des déplacements se sont réalisés en voiture particulière, faisant de celle-ci le premier mode utilisé par les franciliens (marche comprise). L'automobile a assuré 58% des voyages-kilomètres des franciliens.

La marche est le second mode utilisé : 34% des déplacements. Mais comme les distances de parcours sont courtes elle ne représente que 4% des voyages-kilomètres.

Les déplacements en transports en commun ne constituent qu'un cinquième des déplacements mais atteignent plus du tiers (35%) des voyages-kilomètres. Ceci est dû à la longueur des trajets sur le réseau ferré, augmentant le parcours moyen en transport en commun.

La répartition du nombre des déplacements par motif est relativement équilibrée. Mais les déplacements domicile-travail et affaires professionnelles se font sur de plus longues distances de sorte qu'ils cumulent plus de la moitié des voyages-kilomètres (57%).

Enfin, la répartition des déplacements et des voyages-kilomètres par type de liaison appelle les remarques suivantes :

- Les déplacements internes à la banlieue représentent 70% des déplacements et 64% des voyages-kilomètres ;
- Au sein de ces déplacements internes à la banlieue, ce sont ceux liés à la grande couronne qui dominent : 51% des déplacements et 48% des voyages-kilomètres ;
- Les 30% des déplacements liés à Paris représentent 36% des voyages-kilomètres. Parmi ceux-ci, les déplacements internes à Paris sont les plus nombreux (63%) mais ne pèsent que 19% des voyages-kilomètres de sa catégorie.

Deux modes dominant très largement en termes de voyages-kilomètres : la voiture particulière (VP) et les transports en commun (TC). Ils représentent 93% des voyages-kilomètres totaux, marche incluse ; 97% si on se limite aux seuls déplacements mécanisés. Il est donc intéressant de voir l'évolution de ces voyages-kilomètres selon que le moyen de transport utilisé est polluant ou non, ce qui revient à distinguer les TC ferrés (non polluants car l'énergie motrice est électrique) et les TC routiers (polluants parce qu'ils ont un moteur thermique à combustion interne). C'est l'objet du tableau 3.i et du graphique 3.j ci-après.

Tableau 3.i

Evolution des voyages-kilomètres par modes motorisés

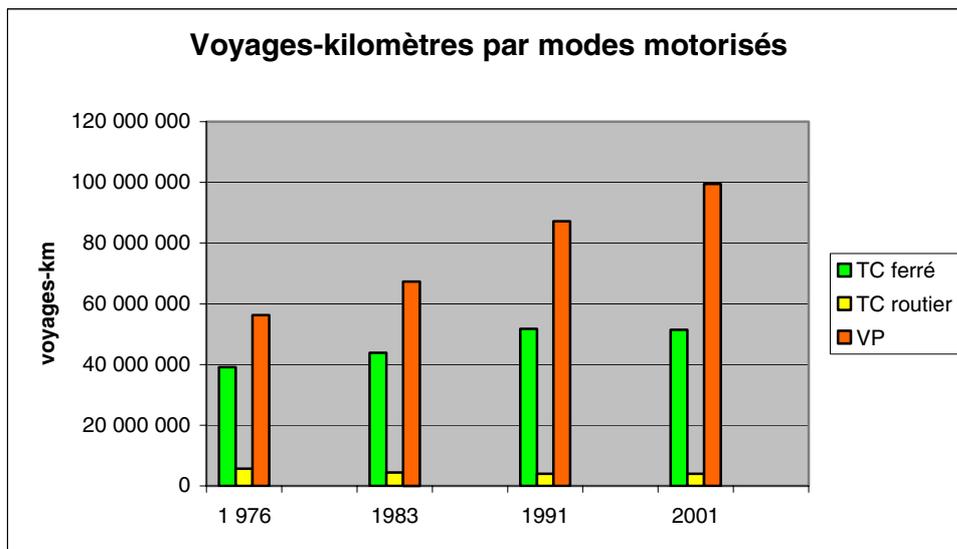
Source : EGT 1976, 1983, 1991 et 2001

	1976		1983		1991		2001	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
TC ferrés	39 102 161	38,7%	43 814 418	37,9%	51 741 761	36,2%	51 399 306	33,2%
TC routiers	5 694 062	5,6%	4 424 718	3,8%	4 010 600	2,8%	4 016 402	2,6%
VP	56 230 402	55,7%	67 322 579	58,3%	87 165 508	61,0%	99 504 451	64,2%
Total	101 026 624	100,0%	115 561 715	100,0%	142 917 870	100,0%	154 920 159	100,0%

TC : transports en commun

VP : voiture particulière

Graphique 3.j



On constate que les voyages-kilomètres réalisés en TC ferrés¹² (non polluant) ont modérément augmenté entre 1976 et 2001 (+31%) ; ils sont même restés quasiment stables entre 1991 et 2001.

Les voyages-kilomètres réalisés en TC routiers¹³ (bus) auraient diminué ; ils seraient également restés quasiment stables entre 1991 et 2001.

Ce sont de loin les voyages-kilomètres réalisés en VP qui ont le plus augmenté entre 1976 et 2001 (+77%). De plus ils sont dominants : 64% en 2001.

En fait, comme les voyages-kilomètres réalisés en TC routiers ont diminué, on peut considérer que la quasi totalité de l'augmentation de la pollution atmosphérique liée aux déplacements régionaux des franciliens entre 1976 et 2001 est imputable à la VP. Bien entendu s'ajoutent les pollutions liées au transport des marchandises et aux déplacements des non franciliens.

Le tableau 3.j fait apparaître l'évolution de la part relative de la VP selon les liaisons.

Il montre le rôle très dominant de la voiture particulière en Petite et Grande Couronnes : elle y assure de 76% à 89% du total des déplacements (voiture particulière + transports en commun) en fonction du type de liaison.

Toutefois, entre 1983 et 2001, on note une légère baisse de la part de la voiture particulière par rapport aux transports en commun dans les déplacements liés à Paris et à la Petite Couronne.

¹² Comme l'affectation modale d'un déplacement se fait selon le mode principal les voyages-kilomètres TC ferrés incluent ceux des rabattements en TC routiers et en VP et sont donc un peu sur-estimés.

¹³ Corrélativement à la note de bas de page précédente les voyages-kilomètres TC routiers sont sous-estimés.

Tableau 3.j

Évolution de la part de l'utilisation de la voiture particulière dans le total (VP+TC)
Source : EGT 1983 ET 2001

Liaisons	1983	2001	Evolution 1983-2001
Paris - Paris	35,6%	30,7%	-4,9%
Paris - PC	40,6%	39,5%	-1,1%
Paris - GC	32,9%	35,4%	2,5%
ST*	37,1%	35,1%	-2,0%
PC - PC	77,0%	76,3%	-0,7%
PC - GC	76,5%	76,3%	-0,2%
GC - GC	88,5%	89,4%	0,9%
Autres**	73,3%	83,2%	9,9%
Ensemble	65,5%	69,4%	3,8%

PC : Petite Couronne

GC : Grande Couronne

*Sous-total des liaisons liées à Paris

**liaison dont une des extrémités est en dehors de la Région

3.7.2 L'évolution des déplacements des ménages franciliens en automobile entre 1983 et 2001.

Les tableaux 3.k et 3.l se focalisent sur les déplacements des ménages en véhicules particuliers.

Tableau 3.k

**Déplacements des ménages franciliens en véhicules particuliers (en milliers)
par type de liaison
Source : EGT 1983 et 2001**

Liaisons	1983		2001		Evolution de 1983 à 2001	
	Déplacements	%	Déplacements	%	Déplacements	%
Paris-Paris	1.080	9,2%	840	5,4%	-240	-22,2%
Paris-PC	1.050	8,9%	1.040	6,7%	-10	-1,0%
Paris-GC	360	3,1%	390	2,5%	30	8,3%
ST*	2.490	21,1%	2.270	14,7%	-220	-8,8%
PC-PC	3.300	28,0%	3.990	25,8%	690	20,9%
PC-GC	1.040	8,8%	1.450	9,4%	410	39,4%
GC-GC	4.810	40,8%	7.490	48,5%	2.680	55,7%
Autres**	160	1,4%	250	1,6%	90	56,3%
Ensemble	11.800	100,0%	15.450	100,0%	3.650	30,9%

PC : Petite Couronne

GC : Grande Couronne

*Sous total des liaisons liées à Paris

**Autres : dont une des extrémités est en dehors de la région d'Île-de-France

Tableau 3.l

**Évolution des voyages-kilomètres effectués par les ménages
en véhicules particuliers
Source : EGT 1983 et 2001**

Liaisons	1983		2001		Evolution de 1983 à 2001	
	Voyages-km	%	Voyages-km	%	Voyages-km	%
Paris - Paris	3.003.409	4%	2.444.157	2%	-559.252	-19%
Paris - PC	7.998.698	12%	8.249.636	8%	250.938	3%
Paris - GC	7.365.860	11%	9.113.032	9%	1.747.173	24%
ST*	18.367.967	27%	19.806.826	20%	1.438.859	8%
PC - PC	11.192.815	16%	14.139.464	14%	2.946.650	26%
PC - GC	13.902.142	20%	21.666.694	22%	7.764.551	56%
GC - GC	22.513.718	33%	42.237.330	43%	19.723.612	88%
Autres**	2.174.698	3%	1.403.570	1%	-771.129	-35%
Ensemble	68.151.341	100%	99.253.884	100%	31.102.543	46%

Les déplacements des ménages en véhicules particuliers ont fortement augmenté tant en nombre (+31%) qu'en distance parcourue (+46%).

Ils ont sensiblement diminué dans Paris : -22% des voyages et -19% des voyages-kilomètres (Ceci est cohérent avec le constat de baisse de la circulation dans Paris Intra-muros. (cf graphique 3.h).

En revanche ils ont considérablement progressé en banlieue, surtout en Grande Couronne. Pour les liaisons internes à celle-ci : +56% de voyages et +88% de voyages-kilomètres.

Remarque importante.

On doit toutefois retenir que la concentration en polluants primaires n'est pas directement liée au volume de la circulation, mais à la densité de la circulation elle-même, c'est-à-dire à la densité des émissions.

Ainsi, les travaux du Plan Régional pour la Qualité de l'Air (PRQA) ont montré qu'en 1994, la densité des émissions d'oxydes d'azote (NO_x), essentiellement due aux transports routiers, atteignait 1 361kg/ha à Paris, contre 148kg/ha en moyenne régionale¹⁴ (soit 9 fois plus)

Ce phénomène est dû au fait que la densité de circulation est nettement plus élevée dans Paris. (Voir également les cartes de concentration annuelles en annexe 2).

¹⁴ « Qualité de l'air en Ile-de-France. Le plan régional » DRIRE Ile-de-France Mai 2000. (Page 46).

4. L'ÉVOLUTION DU PARC DES POIDS LOURDS ET DES AUTOBUS

4.1 L'ÉVOLUTION DU PARC DES POIDS LOURDS

Tout comme le parc des véhicules particuliers, le parc de poids lourds est surestimé dans le fichier des cartes grises.

Le tableau 4.a synthétise l'évolution de ce parc entre 1983 et 2003.

Tableau 4.a

Évolution des immatriculations en Île-de-France des véhicules utilitaires et des poids lourds entre le 1^{er} janvier 1993 et le 1^{er} janvier 2003
Source : Ministère de l'Équipement. Fichier des cartes grises

	1993*	2003**	Évolution	
			Nombre	%
Camionnettes (PTAC <3,5t)	635 816	801 571	165 755	26%
Camions (PTAC >3,5t)	52 054	44 113	-7 941	-15%
Total camions + camionnettes	687 870	845 684	157 814	23%
Tracteurs routiers	14 915	13 171	-1 744	-12%
Remorques	3 107	4 050	943	30%
Semi-remorques	16 626	27 379	10 753	65%
Ensemble	722 518	890 284	167 766	23%

*Véhicules ayant moins de 10 ans

**Véhicules ayant moins de 20 ans

PTAC : Poids Total Autorisé en Charge

Le total des camions et camionnettes a progressé de 23% en 10 ans. Cette progression est totalement imputable à celle des camionnettes (+26%) puisque le nombre de camions a reculé de -15%.

Au 1^{er} janvier 2003 les camionnettes représentaient 95% du parc de poids lourds (Hors tracteurs routiers et remorques).

4.2 L'ÉVOLUTION DU PARC DES AUTOBUS RATP ET OPTILE

A la différence des autres véhicules routiers les parcs d'autobus de transports en commun sont connus avec précision.

Les tableaux 4.b, 4.c et 4. récapitule les données sur les autobus RATP et OPTILE¹⁵

¹⁵ OPTILE (Organisation Professionnelle des Transports d'ÎLE-de-France) est l'association des exploitants privés de lignes régulières d'autobus en Ile-de-France.

Tableau 4.b**Parc d'autobus de transport en commun en 2002**

Source : RATP et OPTILE

	Parc	Age moyen
RATP	3 994	5,9 ans
OPTILE lignes régulières	3 887	6 ans
TOTAL	7 881	

Tableau 4.c**Décomposition du parc RATP en fonction de la technologie des véhicules en 2002**

Source : RATP

Désignation	Nombre	Proportion %
Diesel alimenté avec du gazole à 50ppm	3 557	89,1%
Dont avec filtre à particules	(1 871)	(46,8%)
Dont alimenté avec du diester 30	(68)	(1,7%)
Diesel alimenté à l'aquazole	314	7,9%
GNV	54	1,4%
GPL	57	1,4%
Electrique	12	0,3%
Total	3 994	100,0%

Tableau 4.d**Décomposition du parc OPTILE des lignes régulières en fonction de la classe des véhicules en 2002**

Source : OPTILE

Désignation	Nombre	Proportion %
Antérieur à EURO 1	1 299	33%
EURO 1	338	9%
EURO 2	1 850	48%
EURO 3	400	10%
Total	3 887	100%

En 2002 les parcs d'autobus RATP et OPTILE étaient quasiment d'égale importance et de même âge moyen (6 ans).

Pour la RATP, 47% des autobus étaient des véhicules diesel équipés en filtre à particules. Comme cela est annoncé dans le §9.1, la RATP a fait en 2003 une demande de subvention pour l'acquisition de 890 filtres à particules¹⁶, ce qui élèvera le chiffre précédent à 69% lorsque les filtres seront installés.

En 2002 52% du parc RATP pouvait être considéré comme « propres » (Véhicules diesel avec filtre à particules, GNV, GPL et électrique).

Pour le parc OPTILE, la décomposition du parc est faite en fonction des classes de normes européennes d'émissions. En 2002 les deux tiers de ce parc se composaient de véhicules respectant les normes EURO 1 et suivantes.

¹⁶ Dans le cadre de l'appel à projets annuel pour la diminution de la pollution de l'air par les véhicules utilitaires

5. LES PROGRES DES INDUSTRIES AUTOMOBILE ET PETROLIERE

Comme on le verra dans ce chapitre les industries automobile et pétrolière ont réalisé d'énormes progrès ces trente dernières années, parallèlement à l'évolution des normes européennes.

5.1 L'EVOLUTION DES NORMES EUROPEENNES (VEHICULES NEUFS ET CARBURANTS)

Bien que la procédure d'essai ait été modifiée entre 1971 et 2005, l'évolution des normes européennes d'émissions donne une bonne idée des progrès technologiques réalisés.

On examinera d'abord l'évolution des normes d'émissions des voitures particulières essence (Tableau 5.a et graphique 5.a) et diesel (Tableau 5.b et graphique 5.b) puis de celles des moteurs de poids lourds et autobus (Tableau 5.c et graphique 5.c) et de celles des deux-roues motorisés (Tableaux 5.d à 5.h).

On terminera sur l'évolution des normes de qualité des carburants (Tableau 5.i).

5.1.1 Les normes européennes d'émissions des voitures particulières essence.

Tableau 5.a

Normes européennes d'émissions des voitures particulières essence

Etapes	Dates	Polluants en g/km sur cycle normalisé			
		CO	HC	NO _x	HC+NO _x
	1971	60	-	-	11
	1979	-	-	-	7,5
	1984	16	-	-	5,9
	1989	7,4*	-	-	2
EURO 1**	01/01/1993	2,72	-	-	0,97
EURO 2***	01/01/1997	2,20	-	-	0,50
EURO 3	01/01/2000	2,30	0,20	0,15	0,35
EURO 4	01/01/2005	1,00	0,10	0,08	0,18

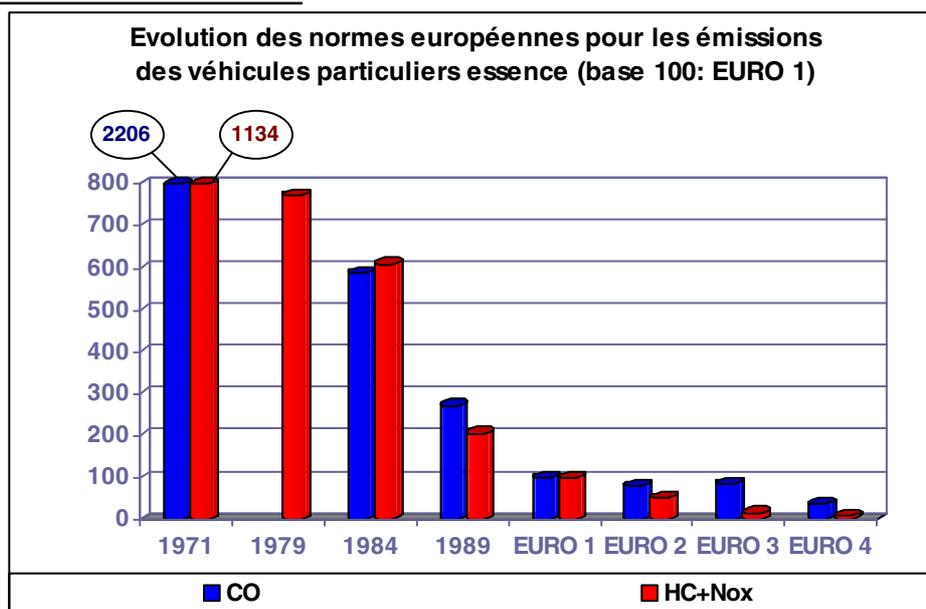
*Valeur retenue pour des véhicules de 1,4l à 2,0l de cylindrées.

**Ces valeurs intègrent le vieillissement du véhicule: leur respect doit être assuré après 80 000km.

*** Ces valeurs intègrent à présent le démarrage à froid: les normes sont donc plus sévères que les précédentes.

On constate qu'une voiture particulière essence neuve actuelle (EURO 3) émet 26 fois moins de monoxyde de carbone (CO) et 31 fois moins d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote (HC+NO_x) qu'une voiture neuve d'il y a 30 ans. A compter du 1^{er} janvier 2005, ces taux seront encore divisés par deux.

Graphique 5.a



Le pot catalytique trois voies rendu obligatoire depuis 1993 permet de réduire considérablement les émissions de polluants primaires des véhicules particuliers essence. D'après des mesures de l'INRETS, la réduction moyenne est de 69% pour les oxydes d'azote (NO_x), 83% pour le monoxyde de carbone (CO) et 88% pour les hydrocarbures (HC) en cycle européen urbain à froid, et de 80% pour le NO_x, 95% pour le CO et 95% pour le HC en cycle routier chaud.

Par contre, le traitement des émissions va engendrer une augmentation de la production de gaz carbonique (CO₂).

5.1.2 Les normes européennes d'émissions des voitures particulières diesel.

Tableau 5.b

Normes européennes d'émissions des voitures particulières diesel

Étapes	Dates	Polluants en g/km sur cycle normalisé			
		CO	NO _x	HC+NO _x	Particules
	1971	60	-	11	0,27
	1979	-	-	7,5	0,27
	1984	16	-	5,9	0,27
	1989	7,4*	-	2	0,27
EURO 1	01/01/1993	2,72	-	0,97	0,140
EURO 2	01/01/1997	1,00	-	0,7 ⁽¹⁾	0,08 ⁽²⁾
EURO 3	01/01/2000	0,64	0,50	0,56	0,050
EURO 4	01/01/2005	0,50	0,25	0,30	0,025

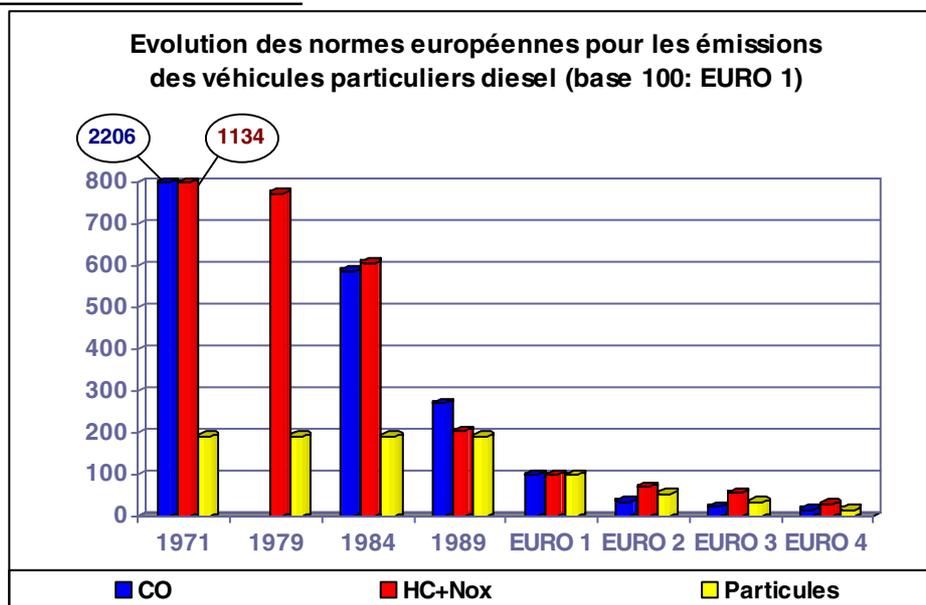
*Valeur retenue pour des véhicules de 1,4l à 2,0l de cylindrées

⁽¹⁾ 0,9g/km pour les moteurs à injection directe, et ce jusqu'au 30 septembre 1999

⁽²⁾ 0,10g/km pour les moteurs à injection directe, et ce jusqu'au 30 septembre 1999

Une voiture particulière diesel neuve actuelle (EURO 3) émet 94 fois moins de monoxyde de carbone (CO), 20 fois moins d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote (HC+NOx), et 5 fois moins de particules qu'une voiture neuve d'il y a 30 ans. A compter du 1^{er} janvier 2005, ces taux seront divisés par 1,3 pour le CO, 1,9 pour les HC et NOx, et 2 pour les particules.

Graphique 5.b



D'après une étude récente de l'ADEME¹⁷ les filtres à particules permettent de réduire de 90% le nombre de particules sur tout le spectre de taille. De plus, cette efficacité est garantie jusqu'à 80 000 kilomètres.

5.1.3 Les normes européennes d'émissions des moteurs de poids lourds et d'autobus

A la différence des véhicules particuliers les normes de poids lourds et autobus s'appliquent aux moteurs, compte-tenu du fait que les parcs concernés sont nettement moindres et que les moteurs sont susceptibles d'équiper différents types de véhicules.

Tableau 5.c

Normes européennes d'émissions des moteurs de poids lourds et d'autobus

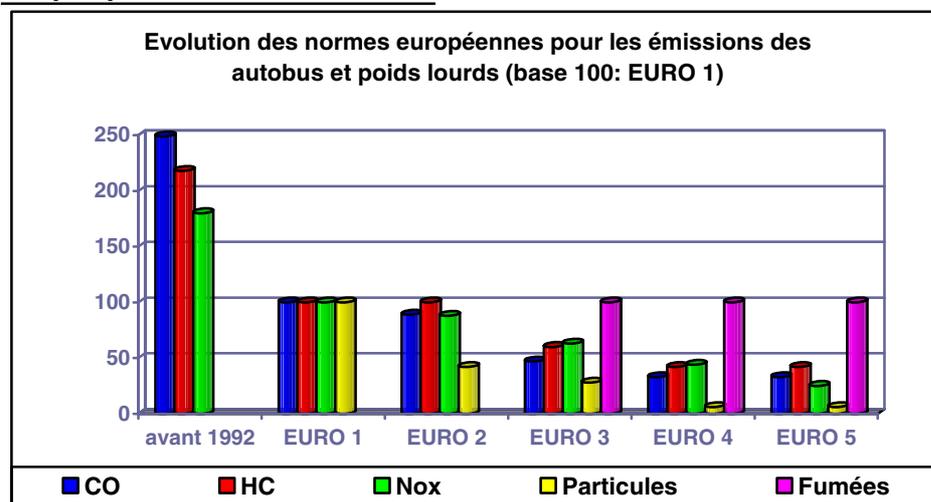
Etapas	Dates	Polluants en g/kWh sur cycle normalisé					
		CO	HC	NOx	HC+NOx	Particules	Fumées
	avant 1992	11,20	2,40	14,40	16,80	-	
EURO 1	01/10/1993	4,50	1,10	8,00	9,10	0,360	
EURO 2	01/10/1996	4,00	1,10	7,00	8,10	0,150	
EURO 3	01/10/2001	2,10	0,66	5,00	5,66	0,100	0,50
EURO 4	01/10/2006	1,50	0,46	3,50	3,96	0,020	0,50
EURO 5	01/10/2009	1,50	0,46	2,00	2,46	0,020	0,50

¹⁷ ADEME : « les particules de combustion automobile et leurs dispositifs d'élimination », octobre 2003 (Stéphane BARBUSSE et Gabriel PLASSAT)

Là encore d'énormes progrès furent réalisés : un moteur neuf actuel (EURO 3) émet 5 fois moins de CO, 3,6 fois moins de HC, et 3 fois moins de NO_x que son homologue d'avant 1992.

Au 1^{er} janvier 2006, les émissions de CO, HC, NO_x seront à nouveau divisées par 1,4 ; les émissions de particules seront divisées par 5 et les fumées par 1,6.

Graphique 5.c



5.1.4 Les normes européennes d'émissions des deux-roues motorisés.

On distingue les cyclomoteurs, de cylindrée inférieure à 50 cm³, des motocycles ayant une cylindrée supérieure à 50 cm³.

Tableau 5.d

Normes cyclomoteurs (< 50cm³)

Source : ADEME

Directives / Années	CO (g/km)	HC (g/km)	HC + NO _x (g/km)
Règlement R47 01/08/1981	8	5	*
Directive 97/24 "Euro 1" 17/06/2000	6	-	3
Dir. 2002/51 "Euro2" 01/01/2004	1	-	1,2

*NO_x mesuré à titre indicatif lors de l'essai mais pas de valeurs limites.

Le tableau 5.d, comparé aux tableaux 5.a et 5.b, montre qu'un cyclomoteur neuf actuel (EURO 2) émet 2 fois moins de CO qu'une voiture essence neuve mais 1,5 fois plus qu'une voiture diesel neuve. Il émet en outre 3,4 fois plus de (HC+NO_x) qu'une voiture essence neuve, et 2 fois plus qu'une voiture diesel neuve.

Tableau 5.e**Normes motocycles (> 50 cm³)**

Source : ADEME

Directives / Années	Distinction	Cycle	CO (g/km)	HC (g/km)	HC + NO _x (g/km)
Règl. R40 1888	2-temps	Urbain UDC	12,8 à 32 *	8 à 12 *	*
	4-temps	Urbain UDC	17,5 à 35 *	4,2 à 6 *	*
Dir 97/24 - "Euro 1" 17/06/2000	2-temps	Urbain UDC	8	4	0,1
	4-temps	Urbain UDC	13	3	0,3
Dir 2002/51 - "Euro 2" 01/01/2004	< 150 cm ³	UDC, départ à froid	5,5	1,2	0,3
	>= 150 cm ³	UDC, départ à froid	5,5	1	0,3
Dir 2002/51 - "Euro 3" 01/01/2007	< 150 cm ³	UDC, départ à froid	2	0,8	0,15
	>= 150 cm ³	UDC+EUDC départ à froid	2	0,3	0,15

*Niveau de CO et HC fixé selon la masse du véhicule, NO_x non comptabilisés pour le Règlement R40

UDC : Urban Driving Cycle (Cycle urbain)

EUDC : Extra Urban Driving Cycle (Cycle péri-urbain)

La même comparaison que pour les cyclomoteurs montre qu'un motocycle (>150 cm³) neuf actuel (EURO 2) émet 2,4 fois plus de monoxyde de carbone (CO) qu'une voiture essence neuve, et 8,5 fois plus qu'une voiture diesel neuve. Il émet autant de (HC+NO_x) qu'une voiture essence neuve, et 1,5 fois plus qu'une voiture diesel neuve.

On mesure, aux résultats précédents, l'impact important que peut avoir le développement des deux-roues motorisés sur la pollution atmosphérique (On a vu au § 2.2 que l'inventaire 2000 des émissions de polluants fait apparaître que ces moyens de locomotion sont à l'origine de plus d'un cinquième des émissions de CO et de COVNM des transports routiers alors qu'ils n'assurent que 3,1% des déplacements des franciliens).

Cependant grâce aux progrès accomplis sur les deux-roues motorisés les écarts d'émissions entre ce mode et la voiture particulière se réduisent au fil des ans.

L'ADEME a testé en 2001 des systèmes de dépollution, de type pot catalytique, pour les deux roues motorisés ; en voici les principaux résultats :

- **Cyclomoteurs**

Tableau 5.f**Impact sur les concentrations moyennes de polluants émis grâce à l'utilisation du système de dépollution**

Source : ADEME

	Cycle européen cyclomoteur R47
CO	Diminution de 72%
HC+NO _x	Diminution de 81%

- **Motocycles < 125cm³**

Tableau 5.g

Impact sur les concentrations moyennes de polluants émis grâce à l'utilisation du système de dépollution

Source : ADEME

	Cycle urbain européen	Cycle réel ADEME complet
CO	Diminution de 85%	Diminution de 82%
HC	Diminution de 77%	Diminution de 83%
NO _x	Diminution de 66%	Augmentation de 80%

- **Motocycles > 125cm³**

Tableau 5.h

Impact sur les concentrations moyennes de polluants émis grâce à l'utilisation du système de dépollution

Source : ADEME

	Cycle urbain européen	Cycle réel ADEME complet
CO	Diminution de 89%	Diminution de 69%
HC	Diminution de 85%	Diminution de 73%
NO _x	Aucun	Aucun

Les systèmes de dépollution sont totalement efficaces pour la diminution des émissions de CO et (HC+NO_x) sur les cyclomoteurs. En revanche, sur les motocycles, ils ne sont efficaces que pour les émissions de CO et HC.

Bien entendu les systèmes de dépollution consomment de l'énergie et sont responsables d'une augmentation d'émission de CO₂.

5.1.5 L'évolution des normes européennes de qualité des carburants.

Les normes européennes d'émissions des véhicules sont complétées par des normes fixant la composition des carburants ont un impact positif sur l'environnement et la santé. Elles sont présentées dans le tableau 5.i ci-dessous.

On rappelle que l'essence sans plomb a été introduite en France en 1986 et le plomb dans l'essence y a été définitivement interdit le 1^{er} janvier 2000.

Les efforts portent actuellement essentiellement sur le soufre et le benzène.

La teneur en soufre des carburants a été très sensiblement réduite. Dans l'essence elle atteignait 0,05% en poids en 1998 (500ppm) ; aujourd'hui elle est à 0,015% (150 ppm), soit 3,3 fois moins. Elle sera encore divisée par 3 à compter de janvier 2005 (50 ppm).

Dans le gazole elle est passée de 0,05% en poids en 1998 (500ppm) à 0,035% aujourd'hui (350 ppm), soit 1,4 fois moins. Elle sera divisée par 7 en janvier 2005 (50 ppm).

Le benzène, dont on rappelle qu'il est cancérigène, concerne l'essence. Sa teneur est actuellement 5 fois moindre qu'en 1998.

Tableau 5.i

Evolution des normes de qualité des carburants en Europe

Source : IFP

Essence	1998	Janvier 2000	Janvier 2005	Janvier 2009
Soufre (max.)	500ppm	150ppm	50ppm*	10ppm
Benzène (% vol.)	5% max.	1% max.	1% max.	**
Aromatiques (% vol.)	-	42% max.	35% max.	**
Oléfines (% vol.)	-	18% max.	18% max.	**
Oxygène (% m)	2,5-3,7 max	2,7 max	-	-

Diesel	1998	Janvier 2000	Janvier 2005	Janvier 2009
Soufre (max.)	500ppm	350ppm	50ppm*	10ppm
Cétane (min.)	49	51	51	**
Poly-aromatiques	-	11% max.	11% max.	**
Densité (max.)	860	845	845	**

* Les carburants à 10ppm de soufre devront être commercialement disponibles

**La Commission Européenne pourrait proposer de nouvelles valeurs avant 2006

5.2 LES FACTEURS AGISSANT SUR LES EMISSIONS UNITAIRES DE VEHICULES

Plusieurs facteurs agissent sur la consommation de carburant et sur les émissions de polluants atmosphériques.

On examinera tout d'abord deux facteurs qui ont une influence importante en milieu urbain : les petits parcours à froid et la climatisation puis on mentionnera brièvement les autres facteurs.

5.2.1 Les petits parcours à froid.

Lorsque le moteur démarre à froid il consomme plus et émet plus de polluants atmosphériques, essentiellement pour deux raisons :

- au démarrage, l'huile est froide et visqueuse. Elle induit donc une résistance dans le moteur qui consomme plus pour y pallier.
- le pot catalytique trois voies n'est pas suffisamment chaud pour être efficace. A titre d'exemple, d'après l'INRETS, un véhicule essence catalysé à froid émet 10 fois plus de monoxyde de carbone (CO), et 16 fois plus d'hydrocarbures (HC) qu'à chaud

Pour un véhicule diesel, la quasi-totalité des hydrocarbures et du monoxyde de carbone sont émis lors du premier cycle urbain ECE du cycle européen MVEG¹⁸,

L'ADEME estime qu'une vitesse trop rapide, réalisée avec un moteur froid, fait croître la consommation de 50% sur le 1^{er} kilomètre¹⁹.

¹⁸ le cycle normalisé MVEG (Motor Vehicle Emission Group) s'effectue sur 11 kilomètres à une vitesse moyenne de 33,6 km/h. Il comprend un 1^{er} cycle urbain ECE sur 4,05 kilomètres à une vitesse moyenne de 18,7 km/h

¹⁹ « Consommations conventionnelles de carburant et émissions de gaz carbonique des véhicules particuliers vendus en France » ADEME Edition 2004. Page 8.

5.2.2 La climatisation

La climatisation automobile est un élément de confort dont la pénétration est très rapide. Cependant elle est source d'une surconsommation de carburant et par suite d'émissions additionnelles de polluants atmosphériques.

D'après une étude de l'ADEME²⁰ la climatisation est responsable, en moyenne, d'une surconsommation de 30% en circulation urbaine, de 20% en extra-urbain, et de 10% sur autoroute.

Un autre point négatif relatif à l'utilisation de la climatisation : les fluides frigorigènes utilisés sont eux-mêmes source de pollution locale et de gaz à effet de serre. En effet, sur les anciens véhicules (7-8 ans), les boucles de fluides ne sont pas totalement étanches, et des fuites surviennent tout au long du cycle de vie du véhicule.

Le CFC (ChloroFluoroCarbone), gaz à effet de serre, est interdit depuis une dizaine d'années, mais son retrait définitif dépend de l'inertie de renouvellement du parc. Depuis un nouveau fluide frigorigène l'a remplacé : le HFC R134A (HydroFluoroCarbone). Mais le problème des fuites n'est toujours pas réglé. En comptant les fuites lors du fonctionnement, et lors de la maintenance l'ADEME estime qu'en moyenne, un véhicule âgé de 8 ans perd 230g de HFC R314A par an, soit 300kg équivalent CO₂ par an, et qu'un véhicule commercialisé en 2002 en perd 90g par an, soit 120kg équivalent CO₂ par an.

En résumé, l'ADEME estime qu'en moyenne annuelle la climatisation implique une surconsommation de carburant de +7% et +26% de rejets équivalents de CO₂ (En incluant les fuites de fluide frigorigène).

Une directive concernant les pertes et le recyclage des fluides frigorigènes est en cours d'élaboration au Parlement Européen.

5.2.3 Les autres facteurs

Plusieurs autres facteurs agissent sur la consommation et les émissions de polluants atmosphériques. Il y a notamment :

L'entretien du véhicule

Un mauvais entretien peut entraîner une importante surconsommation (pouvant aller jusqu'à 25%). On constate également une nette augmentation des émissions de CO et HC et, pour les moteurs diesel, de particules.

Les conditions de circulation

Les embouteillages sont excessivement néfastes en termes de consommation et d'émissions polluantes. Pour un véhicule de gamme moyenne la consommation peut quasiment doubler. De plus les émissions unitaires (en g/km) augmentent, sauf pour les NO_x. On signale que, pour les conditions de circulation embouteillée, les véhicules hybrides²¹ sont équipés du système « stop and start » qui coupe le moteur quand le véhicule est à l'arrêt. Ce système permet de gagner en moyenne 5% de consommation sur le cycle MVEG : ce gain est obtenu majoritairement sur la partie urbaine (Cycle ECE).

Le type de conduite

Une conduite agressive peut accroître de 40% la consommation en ville (En moyenne +3,5 l/100 km).

Une conduite mal adaptée (Accélération trop longues sans changement de rapport de vitesse, ...) peut aussi accroître la consommation jusqu'à 30% (En moyenne +2,5 l/100 km).

²⁰ « La climatisation automobile. Données et références. ». Stéphane BARBUSSE. ADEME 2001.

²¹ Véhicules équipés à la fois d'un moteur thermique et d'un moteur électrique, avec optimisation de leur usage selon les conditions de circulation.

Les charges inutiles et le sous-gonflage des pneus.

Une galerie vide sur le toit entraîne une surconsommation de 10%.

Des pneus sous-gonflés de 0,3 bars seulement se paient par une surconsommation de 3%.

Bien entendu il y a aussi des facteurs géographiques (Pentes, altitude, ...) et météorologiques (Température ambiante, ..) sur lesquels, à la différence des précédents, le conducteur ne peut pas intervenir.

6. LES EVOLUTIONS FUTURES POSSIBLES DES EMISSIONS LIEES AU TRANSPORT ROUTIER FRANCILIEN.

Comme cela a été annoncé au chapitre 2, l'inventaire 2000 des émissions de polluants, fait par AIRPARIF, sert de référence pour des simulations prospectives à l'horizon 2010 réalisées dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) dont on présente ici les résultats pour le transport routier.

Deux scénarii sont étudiés : le premier, dit tendanciel, simule l'évolution des émissions en l'absence d'action ; le second, dit PPA, prend en compte l'application du Plan de Déplacements Urbains dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA). [Voir tableau 6.a]

La composition du parc roulant est la même pour les deux scénarii, seules les estimations de trafic diffèrent

Tableau 6.a

Hypothèses d'évolution de trafic des scénarii du PPA

Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF

	Nombre de déplacements	Véhicules-kilomètres
Référence : 2000	-	-
2010 fil de l'eau	+8.25%	+10.75%
2010+PPA (application PDU)	+6.75%	+9.50%

Les tendances futures concernant les émissions d'oxydes d'azote (NO_x), de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) et de dioxyde de carbone (CO₂) sont présentées dans les trois tableaux qui suivent (6.b, 6.c et 6.d) et sur les graphiques 6.a,6.b, 6.c et 6.d.

Tableau 6.b

Émissions de NO_x 2000, 2010 tendanciel, 2010+PPA (tonnes/an) relatives au transport routier
 Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF

	NO _x 2000 T/an	NO _x 2010 tendanciel T/an	NO _x 2010 +PPA T/an	Evolutions (%)	
				NO _x 2010 tendanciel par rapport à 2000	NO _x 2010+PPA par rapport à 2000
Voitures particulières essence non catalysées	18 765	1 586	1 572	-91,5%	-91,6%
Voitures particulières essence catalysées	3 679	2 620	2 592	-28,8%	-29,5%
Voitures particulières diesel	15 856	11 872	11 731	-25,1%	-26,0%
Ensemble VP	38 300	16 078	15 895	-58,0%	-58,5%
Véhicules utilitaires légers < 3,5T essence	947	88	86	-90,7%	-90,9%
Véhicules utilitaires légers < 3,5T diesel	12 980	10 310	10 169	-20,6%	-21,7%
Ensemble VUL < 3,5T	13 927	10 398	10 255	-25,3%	-26,4%
Poids lourds > 3,5T + bus	31 328	14 507	14 343	-53,7%	-54,2%
Motocyclettes et motos < 50cm ³	21	7	7	-66,7%	-66,7%
Motos > 50cm ³	603	778	768	29,0%	27,4%
Evaporation d'essence des véhicules	0	0	0	0,0%	0,0%
Autre (pneus, freins, chaussée)	0	0	0	0,0%	0,0%
Ensemble transport routier	84 179	41 768	41 268	-50,4%	-51,0%

Tableau 6.c

Emissions de COVNM 2000, 2010 tendanciel, 2010+PPA (tonnes/an) relatives au transport routier

Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF

	COVNM 2000 T/an	COVNM 2010 tendanciel T/an	COVNM 2010 +PPA T/an	Evolutions (%)	
				COVNM 2010 tendanciel par rapport à 2000	COVNM 2010+PPA par rapport à 2000
Voitures particulières essence non catalysées	16 036	1 266	1 247	-92,1%	-92,2%
Voitures particulières essence catalysées	1 675	793	779	-52,7%	-53,5%
Voitures particulières diesel	2 110	1 385	1 363	-34,4%	-35,4%
Ensemble VP	19 821	3 444	3 389	-82,6%	-82,9%
Véhicules utilitaires légers < 3,5T essence	1 237	180	175	-85,4%	-85,9%
Véhicules utilitaires légers < 3,5T diesel	1 272	624	615	-50,9%	-51,7%
Ensemble VUL < 3,5T	2 509	804	790	-68,0%	-68,5%
Poids lourds > 3,5T + bus	4 056	2 146	2 122	-47,1%	-47,7%
Motocyclettes et motos < 50cm3	5 759	1 441	1 404	-75,0%	-75,6%
Motos > 50cm3	5 113	2 581	2 530	-49,5%	-50,5%
Evaporation d'essence des véhicules	15 214	3 800	3 758	0,0%	0,0%
Autre (pneus, freins, chaussée)	0	0	0	0,0%	0,0%
Ensemble transport routier	52 472	14 216	13 993	-72,9%	-73,3%

Tableau 6.d

Emissions de CO₂ 2000, 2010 tendanciel, 2010+PPA (tonnes/an) relatives au transport routier

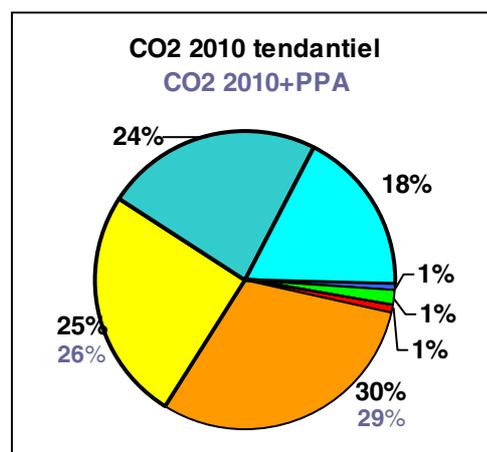
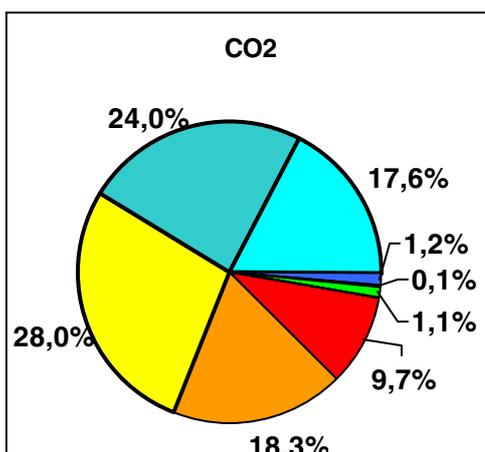
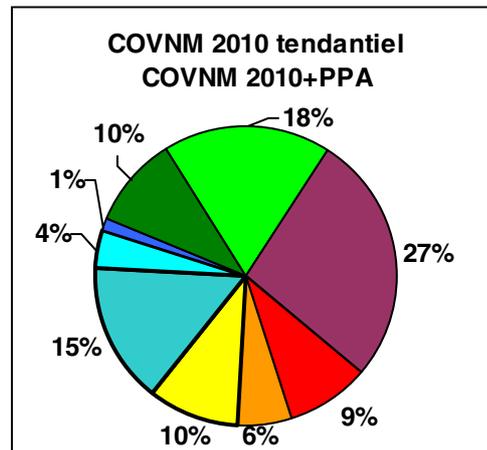
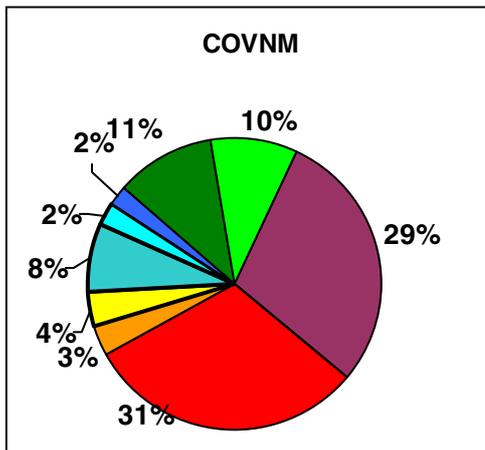
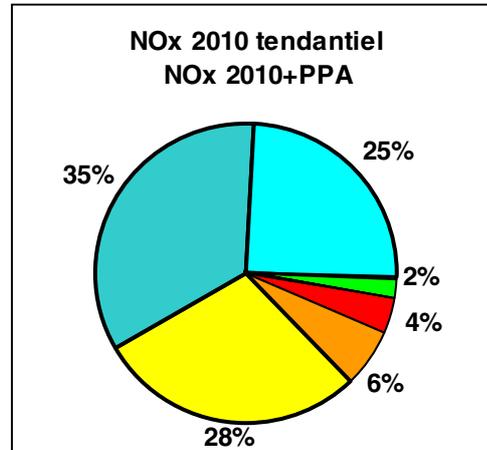
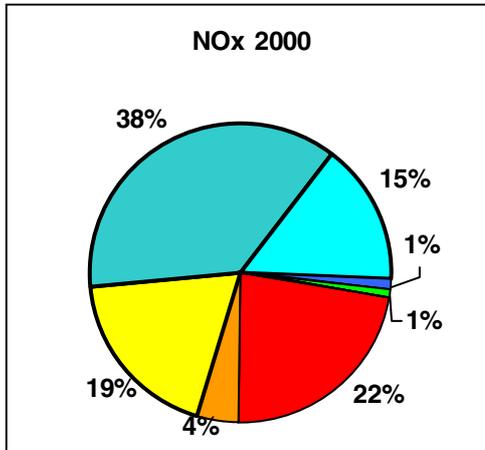
Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF

	CO ₂ 2000 T/an	CO ₂ 2010 tendanciel T/an	CO ₂ 2010 +PPA T/an	Evolutions (%)	
				CO ₂ 2010 tendanciel par rapport à 2000	CO ₂ 2010+PPA par rapport à 2000
Voitures particulières essence non catalysées	1 389 259	119 480	117 949	-91,4%	-91,5%
Voitures particulières essence catalysées	2 632 637	4 826 523	4 757 841	83,3%	80,7%
Voitures particulières diesel	4 025 662	4 076 690	4 029 740	1,3%	0,1%
Ensemble VP	8 047 558	9 022 693	8 905 530	12,1%	10,7%
Véhicules utilitaires légers < 3,5T essence	178 051	109 361	107 372	-38,6%	-39,7%
Véhicules utilitaires légers < 3,5T diesel	2 530 032	2 851 223	2 814 418	12,7%	11,2%
Ensemble VUL< 3,5T	2 708 083	2 960 584	2 921 790	9,3%	7,9%
Poids lourds > 3,5T + bus	3 446 773	3 778 640	3 741 756	9,6%	8,6%
Motocyclettes et motos < 50cm³	18 539	19 547	19 035	5,4%	2,7%
Motos > 50cm³	162 822	206 446	202 900	26,8%	24,6%
Evaporation d'essence des véhicules	0	0	0	0,0%	0,0%
Autre (pneus, freins, chaussée)	0	0	0	0,0%	0,0%
Ensemble transport routier	14 383 775	15 987 910	15 791 011	11,2%	9,8%

Graphiques 6.a

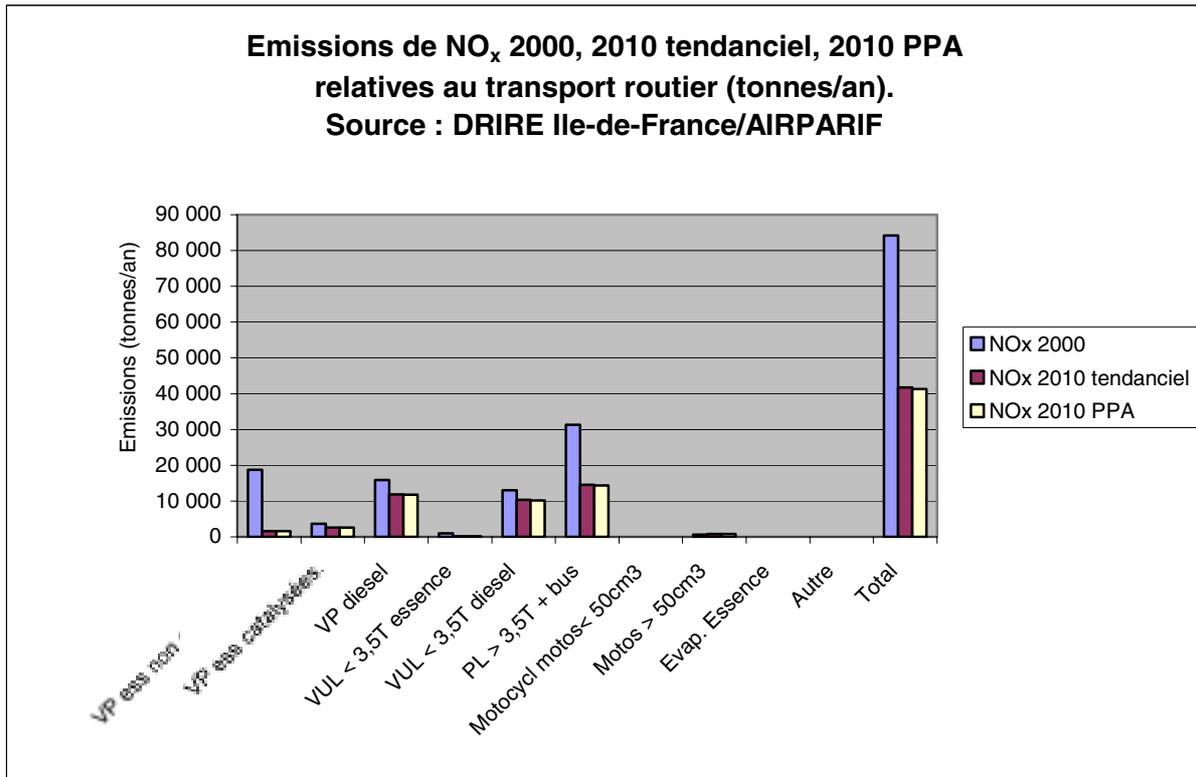
Contribution des grandes catégories de véhicules aux émissions relatives au transport routier en 2000, 2010 tendanciel et 2010+PPA (%)

Source : DRIRE Ile-de-France/AIRPARIF

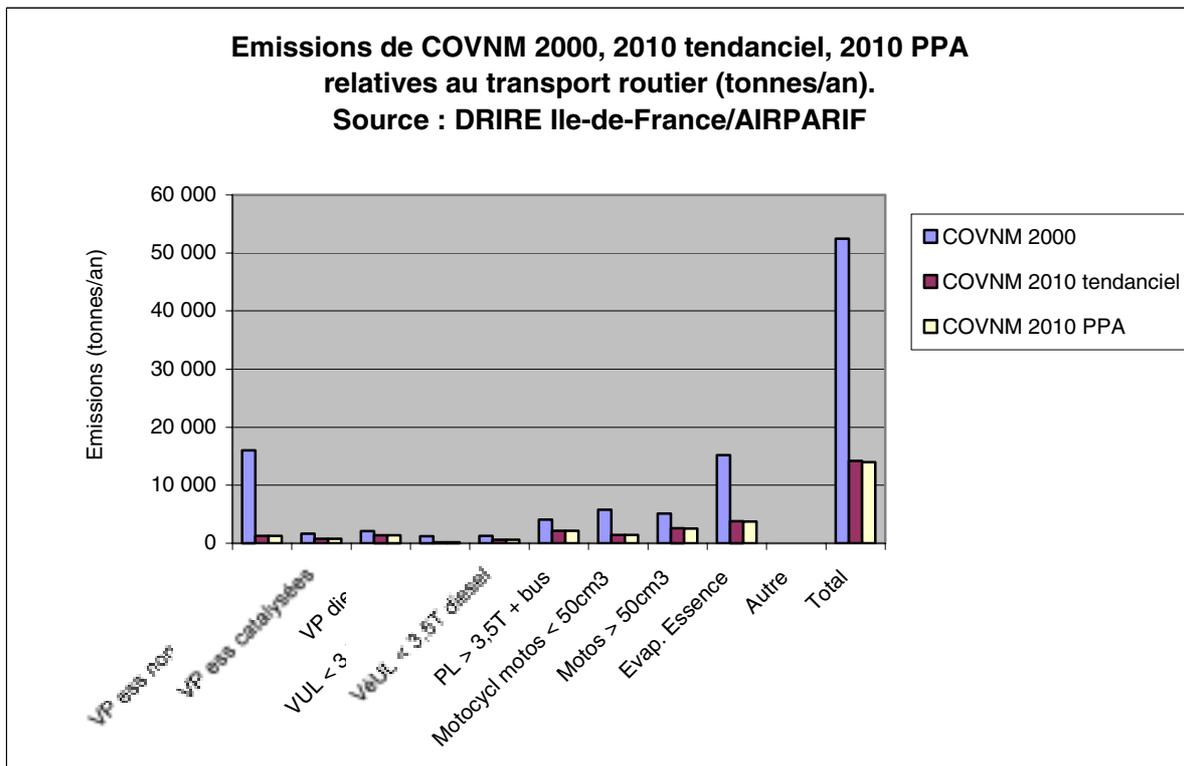


- | | |
|---|--------------------------------------|
| Voitures particulières essence non catalysées | Véhicules utilitaires légers < 3.5 T |
| Voitures particulières essence catalysées | Motocyclettes et motos < 50 cm3 |
| Voitures particulières diesel | Motos > 50 cm3 |
| Poids lourds > 3.5 T et bus | Evaporation d'essence |
| Véhicules utilitaires légers < 3.5 T diesel | Autre (pneus, freins, chaussée) |

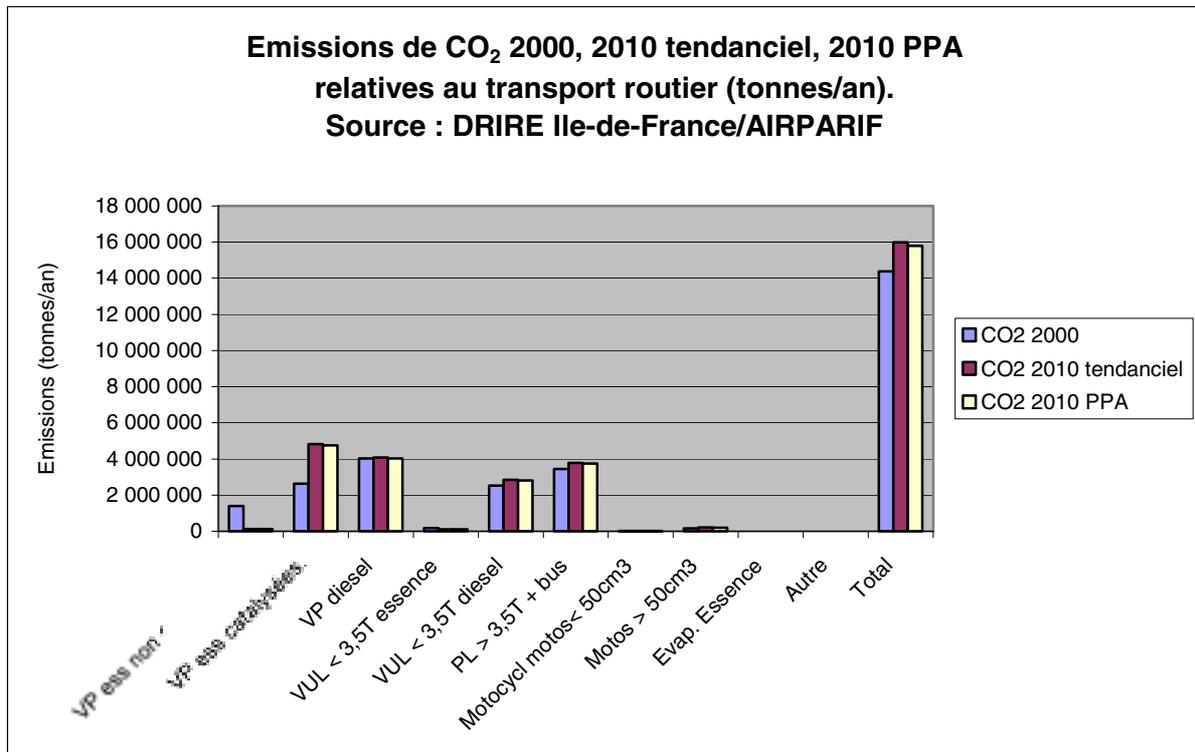
Graphique 6.b



Graphique 6.c



Graphique 6.d



6.1 OXYDES D'AZOTE (NO_x) ET COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS NON METHANIQUE (COVNM)

Le scénario tendanciel fait apparaître des diminutions importantes d'émissions d'oxydes d'azote (NO_x) et de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). La diminution globale est de 50% pour les NO_x, et de 73% pour les COVNM.

Ces améliorations sont obtenues grâce aux progrès technologiques associés au renouvellement du parc.

Le scénario 2010+PPA n'apporte qu'une baisse additionnelle de 1,3% pour les NO_x et de 1,5% pour les COVNM. Ces taux sont du même ordre que la réduction relative du trafic automobile : -1,1% de 2010 tendanciel à 2010+PPA

Ces résultats montrent clairement que ce sont bien les progrès technologiques, alliés au renouvellement du parc, qui ont un impact majeur sur les réductions des émissions de NO_x et de COVNM.

6.2 DIOXYDE DE CARBONE (CO₂)

Les émissions de CO₂ évoluent comme la consommation des carburants fossiles, c'est-à-dire, comme la circulation automobile pondérée par la puissance moyenne des consommations unitaires des véhicules.

Il n'est donc pas étonnant de constater une augmentation des émissions de CO₂ à l'horizon 2010, puisque l'on a supposé une progression de la circulation (en véhicules-kilomètres). De plus, cette hausse, de 10,75% pour le scénario tendanciel, et 9,5% pour le scénario PPA, est du même ordre que celle des émissions de CO₂ : +11,2% pour le premier, et +9,8% pour le second.

Ces résultats montrent que la réduction des émissions de CO₂ est beaucoup plus difficile à réaliser que celle des polluants locaux précédents. Elle est liée à la baisse de consommation des carburants fossiles.

Celle-ci peut, bien entendu, être obtenue par des progrès technologiques visant à décroître la consommation unitaire des véhicules : à moyen terme nouveaux moteurs plus performants (CAI pour l'essence, HCCI pour le diesel)²², véhicules hybrides ; la technologie de rupture – pile à combustible- n'est envisageable qu'à long terme²³.

Toutefois, l'impact à moyen terme de ces progrès sera assez limité, compte tenu de l'inertie de renouvellement du parc.

L'autre levier sera donc des politiques de transport et d'aménagement visant à diminuer la circulation automobile.

²² CAI (Controlled Auto Ignition) : moteur à auto-inflammation contrôlée.

HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) : moteur à combustion homogène

²³ Voir le § 7.1

7. LES PROGRES TECHNOLOGIQUES POSSIBLES.

Des progrès technologiques sont encore réalisables pour baisser la consommation et les émissions polluantes du transport routier.
Ils concernent à la fois la motorisation et la carburation.

7.1 LES MOTEURS.

Dans ce paragraphe on décrit sommairement les technologies de pointe en cours de développement des moteurs à combustion internes, la technologie de transition émergente (Le véhicule hybride) puis la technologie de rupture (La pile à combustible).

- La combustion interne (HCCI, CAI)

Afin d'accroître le rendement du moteur à combustion interne et de réduire drastiquement les émissions polluantes (Notamment les NO_x) on poursuit des recherches dans le monde entier sur les moyens d'obtenir une combustion quasi parfaite.

C'est ainsi que les moteurs HCCI (combustion homogène) pour le diesel CAI (auto inflammation contrôlée) pour l'essence, sont étudiés depuis plus de 15 ans. L'Institut Français du Pétrole (IFP) est très avancé dans la recherche et le développement de ces technologies.

Dans les deux cas, la méthode est la même : le mélange homogène d'air et de carburant est introduit dans la chambre à combustion. Au moment de la compression, le mélange est chauffé, atteignant ainsi sa température d'auto inflammation. Il n'est donc plus nécessaire d'avoir un système d'allumage pour les moteurs essence ; de plus, globalement, l'équipement est simplifié par rapport aux moteurs à injection directe.

L'intérêt de ces technologies réside dans le fait que la quasi-totalité du mélange est brûlé, réduisant ainsi très fortement les émissions de polluants. Par exemple, l'IFP a établi un procédé HCCI qui permet de diviser par 100 les émissions d'oxydes d'azote, et par 10 à 50 celles de particules. En ce qui concerne la technologie CAI, une diminution de 99% des oxydes d'azote, et un gain de consommation de 30% peuvent être obtenus dans certaines conditions de circulations²⁴.

Grâce à une technologie plus propre, l'Association Européenne des Constructeurs Automobiles (ACEA) pense que le moteur à combustion interne sera encore d'actualité en 2020, avec des possibilités de commercialisation des moteurs HCCI et CAI dès 2010.

- Le véhicule hybride.

Le véhicule hybride est un véhicule comportant deux moteurs : un moteur électrique et un thermique.

L'objectif recherché est de minimiser la consommation de carburant (et par suite de réduire les émissions polluantes) en optimisant le fonctionnement de chacun des moteurs: la pleine efficacité du moteur électrique se fait au démarrage et à faible vitesse (moins de 40 km/h), alors que celle du moteur thermique a lieu aux grandes vitesses (90 km/h et au-delà).

Par exemple, sur la TOYOTA Prius II, le moteur électrique assure seul la traction au démarrage grâce à son couple très important. Au fur et à mesure que la vitesse augmente, il est remplacé progressivement par le moteur thermique. Ce dernier prend totalement le relais dès que le véhicule atteint 40 km/h. En cas de forte accélération à pleine vitesse, il peut être assisté par le moteur électrique. Par ailleurs, une partie de l'énergie du moteur thermique est

²⁴ Communiqué de presse IFP du 17-12-2001 « Moteurs du futur : vers une convergence entre l'essence et le diesel »

utilisée pour faire fonctionner le générateur d'alimentation du moteur électrique, et pour recharger les batteries.

Enfin, l'énergie de freinage est récupérée pour assurer les deux fonctions précédentes.

En outre, afin de réduire la consommation en cas d'embouteillage ou d'arrêts fréquents, la Prius II est équipée du système « stop and start », déjà mentionné (§ 5.2.3), qui coupe le moteur quand le véhicule est à l'arrêt.

Globalement, les véhicules hybrides consomment de 10% à 40% de moins qu'un véhicule neuf actuel à moteur thermique.

La première voiture particulière hybride « grand public » fut commercialisée en 1997 par Toyota (La Prius I, véhicule hybride essence-électricité). Cet exemple fut suivi par Honda en 1999 puis par d'autres constructeurs (DaimlerChrysler, GM, ...).

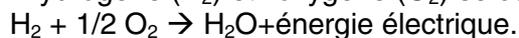
Jusqu'ici les véhicules hybrides étaient essence-électricité mais on devrait voir rapidement arriver les hybrides diesel-électricité.

- La pile à combustible (PAC).

La pile à combustible fut inventée en 1839 par Sir William Grove. Des applications concrètes furent développées dès le milieu du XXe siècle dans le domaine spatial. Ce n'est que récemment, avec les préoccupations sur les émissions de gaz à effet de serre et sur l'épuisement des ressources pétrolières, que son application aux transports terrestres est envisagée.

Le principe de fonctionnement de la pile à combustible est la réaction inverse de l'électrolyse de l'eau. Dans cette dernière l'hydrogène (H₂) et l'oxygène (O₂) sont produits en faisant passer un courant électrique dans un électrolyte.

La pile à combustible produit du courant grâce à une réaction électrochimique où l'hydrogène (H₂) et l'oxygène (O₂) se combinent pour former de l'eau :



Donc, a priori, un véhicule utilisant ce système ne rejetterait que de l'eau !

Alors que l'oxygène est directement disponible dans l'atmosphère, l'hydrogène n'existe pas à l'état naturel : il est toujours combiné avec d'autres molécules (sous forme d'hydrocarbures, par exemple). Il faut donc le fabriquer.

L'hydrogène peut être produit industriellement ; dans ce cas, il est embarqué sous forme comprimée, le plus souvent à 300 bars. Mais le gain environnemental de cette méthode dépend du mode de production de l'hydrogène.

Une autre solution est de fabriquer l'hydrogène à bord du véhicule, au fur et à mesure des besoins. Cette opération est réalisée grâce à un équipement embarqué : le « reformeur ». Ce dernier extrait l'hydrogène de composés organiques. La méthode la plus employée est celle du reformage du méthanol (CH₃OH) ; mais l'hydrogène peut également être extrait de l'éthanol (C₂H₅OH), du gaz naturel (CH₄), de l'essence... Là encore, le bilan environnemental dépend du produit utilisé.

Bien que la pile à combustible apporte un rendement global de 30% à 40%, contre 10% à 30% pour le moteur thermique, son développement industriel se fera vraisemblablement à long terme (15 à 20 ans) pour deux raisons principales : d'une part de nombreux problèmes techniques sont encore mal résolus ; d'autre part, son coût est actuellement très élevé. D'après l'Institut Français du Pétrole²⁵, le coût des piles fabriquées aujourd'hui (de type PEM « Proton Exchange Membrane » ou basse température) est supérieur à 3 000 /kW, à comparer aux 30 à 50 /kW pour les moteurs thermiques conventionnels produits en série.

²⁵ « Moteurs/carburants : quelles évolutions sur le long terme » IFP. Panorama 2004.

7.2 LES CARBURANTS

On présente ici les carburants alternatifs actuels à l'essence et au diesel (GPL, GNV, Biocarburants) puis les carburants de synthèse du futur (GTL, CTL, BTL) .

7.2.1 Les carburants alternatifs actuels.

• Le Gaz Pétrole Liquéfié (GPL)

Le GPL est un sous produit de raffinage du pétrole, composé d'un mélange de butane (C₄H₁₀) et de propane (C₃H₈). Son utilisation est compatible avec les motorisations actuelles, et permet d'émettre moins d'hydrocarbures imbrûlés que l'essence. Depuis 1998, son utilisation sur des véhicules légers est entièrement sécurisée grâce à la pose d'une soupape.

Dans le cadre d'un programme européen²⁶, trente véhicules essence, diesel EURO 3 et GPL comparables ont été testés sur différents cycles. Le tableau 7.a présente les écarts entre la moyenne d'émissions des véhicules GPL et les deux autres motorisations²⁷.

Tableau 7.a

Ecart des émissions de CO, HC, NO_x, particules, et consommation des trente véhicules (dix par type de motorisation) du « European Emission Test Programme »
Source : ADEME

Cycle	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	Particules. (g/km)	CO2 (g/km)	Consommation (l/100km)
GPL/DIESEL						
ECE	281%	147%	-92%	-97%	14%	88%
EUDC	X 184	-59%	-98%	-98%	5%	72%
MVEG	383%	119%	-95%	-97%	9%	80%
CADC Urbain	X 28	48%	-92%	-97%	11%	84%
CADC Routier	X 241	-47%	-94%	-96%	2%	68%
CADC Autoroutier	X 300	63%	-96%	-91%	-2%	63%
CADC Mixte	X 60	24%	-94%	-94%	5%	74%
GPL/ESSENCE						
ECE	25%	-15%	-44%	-	-13%	28%
EUDC	104%	-30%	-81%	-	-15%	29%
MVEG	36%	-16%	-63%	-	-12%	28%
CADC Urbain	111%	57%	-47%	-	-12%	30%
CADC Routier	34%	-31%	-51%	-	-11%	30%
CADC Autoroutier	29%	41%	-59%	-	-10%	31%
CADC Mixte	56%	34%	-51%	-	-11%	31%

ECE : cycle européen urbain, vitesse moyenne : 18.8 km/h

EUDC : cycle européen extra-urbain, vitesse moyenne : 62.6 km/h

MVEG : cycle européen mixte

CADC : cycle composé de trois cycles d'usage réel de vitesse moyenne respective : 16, 55 et 91 km/h

²⁶ *European Emission Test Programme*

²⁷ « *Evaluation de véhicules légers fonctionnant au GPL et comparatif avec leurs versions essence et diesel* » Laurent GAGNEPAIN. ADEME. Avril 2004.

Pour l'instant, les moteurs fonctionnant au GPL ont une surconsommation en volume d'environ un tiers par rapport au moteur essence, et de trois quarts par rapport au moteur diesel.

Toutefois, le GPL apporte un gain moyen de NO_x de 94% par rapport au diesel, et de 56% par rapport à l'essence. Il émet également beaucoup moins de particules que le diesel : 96% de moins en moyenne..

Les réductions obtenues en hydrocarbures imbrûlés par rapport à l'essence oscillent entre -44% et -81%. En ce qui concerne les gains obtenus par rapport au diesel, ils dépendent des conditions de circulations testées.

Enfin, il produit 10 à 15% de moins de CO₂ que l'essence ; en revanche, sur cycle européen normalisé MVEG il émet 9% de plus de CO₂ que le gazole.

Le point le plus négatif du GPL réside dans ses rejets en monoxyde de carbone (CO) supérieurs à ceux de l'essence et du diesel : jusqu'à 300 fois plus par rapport à ce dernier.

Il est important de remarquer que dans l'échantillon de véhicules GPL testés, de grandes disparités sont apparues. Celles-ci proviennent des réglages des moteurs : certains sont optimisés pour le GPL, d'autres non.

• Le Gaz Naturel Véhicule (GNV)

Le GNV est composé majoritairement de méthane (CH₄, de l'ordre de 90%).

Un rapport d'évaluation de l'ADEME est en cours de rédaction.

Dans l'attente, on dispose de données résultant d'essais faits par l'INRETS sur 11 véhicules essence, 7 diesel, dont un avec filtre à particules, et 1 GNV (deux qualités de gaz), tous de norme EURO 3, sur cycle normalisé MVEG (Tableau 7.b)²⁸.

Tableau 7.b

Emissions de véhicules légers testés par l'INRETS

	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	Particules
Essence	0,25 à 0,95	0,017 à 0.13	0,038 à 0,058	-
Diesel	0,18 à 0,38	0,023 à 0,050	0,45 à 0,53	0,012 à 0,021
GNV	0,40 à 0,50	0,050	0,020 à 0,080	aucune

Pour les émissions de monoxyde de carbone (CO), le GNV se place entre l'essence et le diesel, et est bien meilleur que le GPL. Les émissions d'hydrocarbures (HC), composées à 90% de méthane non toxique, sont, en moyenne, proches des deux autres motorisations. Les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) sont comparables à celles de l'essence, et de 6 à 25 fois moindres que celles du diesel. Enfin le GNV n'émet pas de particule.

En ce qui concerne les émissions de gaz carbonique (CO₂) le groupe de travail « Energie Environnement » de l'AFGNV²⁹ concluait que l'utilisation d'un véhicule léger GNV à la place d'un véhicule essence EURO 3 permet de diminuer les émissions totales « du puits à la roue » de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄) d'environ 15%. Il ne concluait pas sur la comparaison avec le véhicule diesel, apparemment en l'absence de résultats de mesure disponibles.

²⁸ Source Jean DELSEY (INRETS). Note « Emissions comparatives ». 25 juin 2004.

²⁹ « Le gaz naturel véhicules : les enjeux énergétiques et environnementaux de son développement durable ». AFGNV (Association française du gaz naturel pour véhicules). Octobre 2002.

• Les biocarburants

En 2003, les biocarburants représentaient 0,7% du volume total de carburants utilisés dans les transports en France³⁰ (0,4% en contenu énergétique). L'objectif communautaire est de 2% fin 2005 et de 5,75% fin 2010 (en contenu énergétique).

Les deux principaux biocarburants actuellement développés industriellement sont les esters méthyliques d'huile végétale (EMHV) et l'éthanol.

Les esters méthyliques d'huile végétale (EMHV)

L'huile végétale (de colza, tournesol, maïs ou soja) est transformée chimiquement en EMHV par réaction avec du méthanol (CH_3OH)³¹.

En France, les EMHV sont ajoutés au gazole à un taux maximum de 5% seulement pour éviter des problèmes de volatilité du produit (Pour les flottes captives ce taux peut aller jusqu'à 30%). Ils ont comme avantage d'avoir un bon pouvoir lubrifiant, et de ne pas nécessiter de modification du moteur diesel.

On dénomme souvent le mélange obtenu « diester », contraction de diesel et ester.

Pendant leur croissance les végétaux vont consommer une part du CO_2 émis lors de la production et de la combustion du carburant. Pour la même quantité d'énergie disponible l'EMHV émet 70% moins de CO_2 que le gazole : on économise ainsi 2,5 tonnes équivalent CO_2 par tonne d'ester³².

La production d'un litre d'EMHV coûte 0,35³³, mais bénéficie d'une importante défiscalisation (0,33 en 2004). A énergie égale il coûte près de 2 fois plus cher à produire que le gazole (10,5 par gigajoule contre 6³⁴ par gigajoule)

L'éthanol

L'éthanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), ou « alcool éthylique », est issu de plantes à forte teneur en sucre (betterave, canne à sucre), ou en amidon (blé, maïs pommes de terre, ...). Il résulte de la fermentation du sucre de ces plantes. Il a surtout été développé dans deux pays : le Brésil et les Etats-Unis.

En France il est produit à 70% à partir de la betterave à sucre et à 30% à partir du blé³⁵. L'emploi d'éthanol pur est interdit. Il est en revanche incorporable dans l'essence à hauteur de 5% ou sous sa forme éther (ETBE) jusqu'à 15%.

L'ETBE (Ethyl Tertio Butyl Ether) est un produit oxygéné dérivé de l'éthanol par adjonction d'isobutylène (C_4H_8)³⁶. Il est utilisé en additif dans l'essence (15% maximum) pour remonter son indice d'octane. Ceci permet de diminuer les risques de cliquetis. De plus, il améliore la combustion du carburant, car il constitue un apport en oxygène.

De la même manière que pour l'EMHV, le CO_2 est partiellement recyclé pendant la croissance des matières végétales sources d'éthanol et de ETBE. Par rapport à l'essence on économise 2,7 tonnes équivalent CO_2 par tonne d'éthanol³⁷. Le litre d'éthanol coûte 0,38³⁸ à produire et bénéficie aussi d'une défiscalisation importante (0,38 en 2004). A énergie égale il coûte 3 fois plus cher à produire que l'essence (18 par gigajoule contre 6³⁹ par gigajoule)

En résumé le principal avantage des biocarburants est leur bilan global sur les émissions de CO_2 . Leur grand handicap est leur coût de production qui constitue actuellement un frein important à leur développement.

³⁰ « Rapport d'information n° 1662 sur les biocarburants » Alain MARLEIX, Assemblée nationale, 26 mai 2004.

³¹ En associant 1 tonne d'huile à 0,1 tonne de méthanol on obtient 1 tonne d'EMHV et 0,1 tonne de glycérine.

³² ADEME, Journée débat biocarburants, 13 mai 2003. Dossier de presse.

³³ « Les biocarburants en Europe », IFP, Panorama 2004.

³⁴ Calcul effectué par l'IFP sur la base d'un prix du brut de 25\$ le baril

³⁵ « Rapport d'information n° 1662 sur les biocarburants » Alain MARLEIX, Assemblée nationale, 26 mai 2004

³⁶ L'ETBE comprend 47% d'éthanol et 53% d'isobutylène (sous-produit de raffinage du pétrole)

³⁷ ADEME, Journée débat biocarburants, 13 mai 2003. Dossier de presse

³⁸ « Les biocarburants en Europe », IFP, Panorama 2004.

³⁹ Calcul effectué par l'IFP sur la base d'un prix du brut de 25\$ le baril

7.2.2 Les carburants de synthèse du futur.

A moyen terme on peut envisager la production de carburants liquides classiques (essence, gazole) à partir d'autres ressources que le pétrole : gaz naturel, charbon, biomasse.

- Les technologies GTL (Gas to Liquid).

Ces technologies permettent de fabriquer des carburants à partir du gaz naturel en utilisant le procédé de synthèse Fischer-Tropsch (FT)⁴⁰.

Le GTL est un carburant de très bonne qualité, car il ne contient pas de composés aromatiques, d'oléfines, ni de soufre.

Ces dernières années les coûts de production ont été fortement réduits.

- Les technologies CTL (Coal to Liquid).

De la même manière que précédemment il est possible, mais plus coûteux, de produire des carburants à partir du charbon par les technologies CTL. On rappelle que les réserves mondiales de charbon représentent 200 années de consommation actuelle.

Ces 20 dernières années peu d'efforts de recherche ont été engagés dans le CTL mais une montée durable du prix du pétrole pourrait relancer son intérêt.

Une étude récente de l'IFP⁴¹ conclut que, pour un prix du charbon de 30 la tonne la filière CTL peut s'avérer compétitive dès lors que le prix du baril de pétrole demeure supérieur à 35-40 .

- Les technologies BTL (Biomass to Liquid).

Cette filière est au stade de la recherche-développement pour la production du gazole.

Les matières collectées (bois, herbe, ...) sont transformées en « gaz de synthèse » puis en gazole par le procédé de synthèse Fischer-Tropsch.

Actuellement les coûts de production sont très élevés : 700-800 par tonne équivalent gazole.

Le gros intérêt de la filière BTL, à l'instar des biocarburants, réside dans son bilan global CO₂ (la biomasse absorbe du CO₂ en phase de croissance).

En résumé les carburants de synthèse pourraient se développer si le prix du pétrole devient durablement élevé, ce qui se produira lorsque la production mondiale de pétrole conventionnel atteindra son maximum (ce qui pourrait arriver dès 2015). Du point de vue de l'effet de serre c'est la technologie BTL qui semble la plus intéressante ; mais ses coûts de production sont actuellement très élevés.

7.3 UNE VISION DU FUTUR.

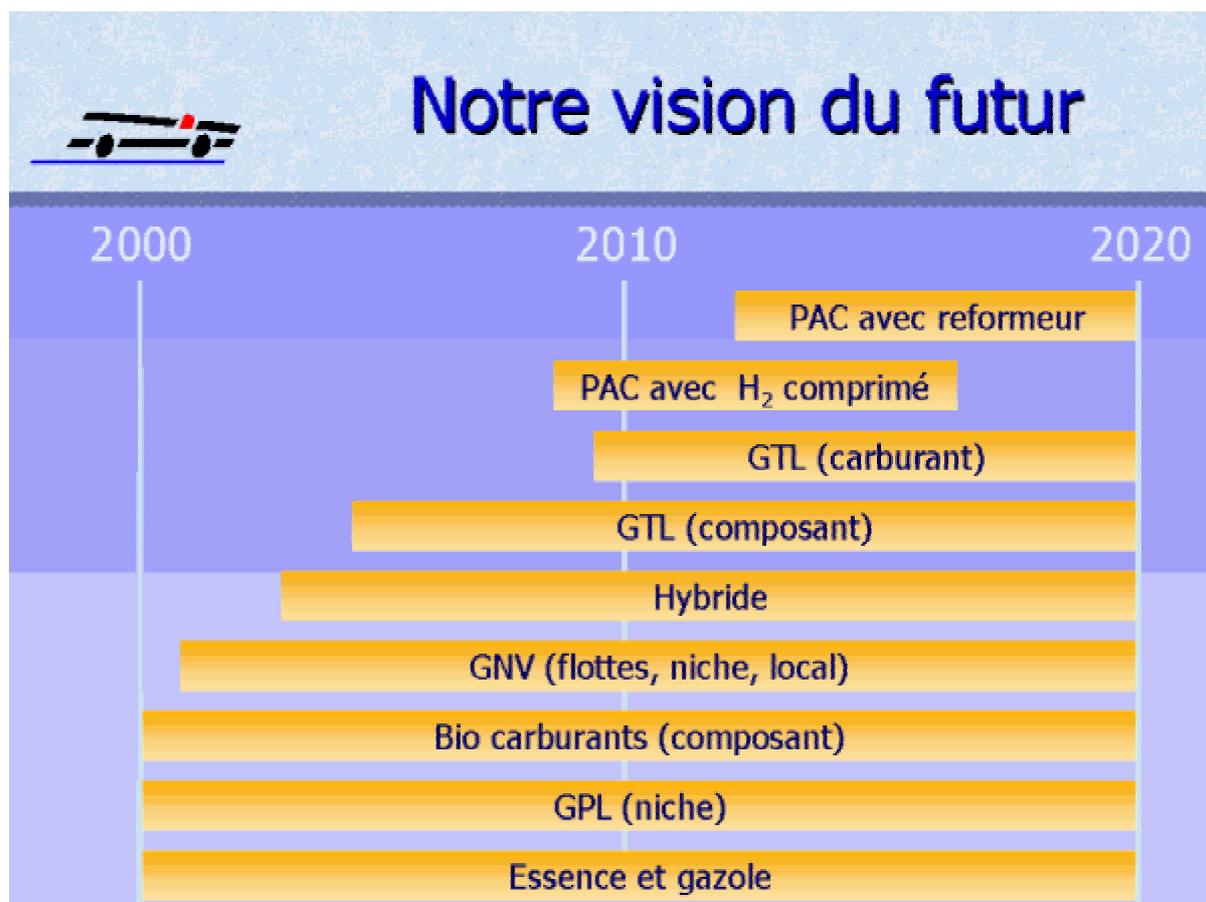
Le graphique 7.a ci-après indique la prévision de développement des technologies et des carburants réalisée par le Comité des Constructeurs Français d'Automobiles (CCFA) à l'horizon 2020⁴².

⁴⁰ Procédé inventé en 1920 par deux allemands : MM. Fischer et Tropsch. Il synthétise des hydrocarbures (C_xH_y) à partir de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H₂).

⁴¹ Cité dans « Moteurs/carburants : quelles évolutions sur le long terme ». IFP. Panorama 2004.

⁴² « Emissions automobiles » Jean-Luc MEYER. CCFA. Réunion PPA Ile-de-France. 16 mai 2002.

Graphique 7.a



Source : CCFA

Ce graphique suscite les commentaires suivants :

- les motorisations essence et diesel seront toujours d'actualité en 2020 grâce aux progrès présentés précédemment et compte-tenu du délai de mise sur le marché et de pénétration de la pile à combustible (PAC), technologie de rupture par rapport au moteur à combustion interne⁴³;
- Les carburants alternatifs à l'essence et au diesel se développeront (GPL, GNV, biocarburants) apportant une diversité de l'offre ;
- La technologie hybride, accessible dès à présent, se développera en attente de la relève future (après 2020) de la pile à combustible avec reformeur.

Le CCFA ne s'est pas positionné quant à l'émergence des moteurs HCCI, CAI et des carburants de synthèse.

⁴³ Voir annexe 4 pour une estimation de l'inertie de la pénétration d'une technologie nouvelle dans le parc de voitures particulières

8. ANALYSES D'ETUDES.

Dans ce chapitre on analyse les principaux résultats de trois études ayant trait à la pollution atmosphérique en Ile-de-France (dont deux sur celle liée aux transports).

La première est une étude épidémiologique montrant les liens entre la pollution atmosphérique urbaine de fond et la santé : ERPURS 1987-2000.

La deuxième est une évaluation de l'exposition des franciliens aux polluants d'origine automobile lors de leurs déplacements.

La troisième est l'estimation du coût global de la pollution atmosphérique liée aux transports franciliens de voyageurs.

8.1 ETUDE ERPURS 1987-2000 (SOURCE : ORS ILE-DE-FRANCE. JANVIER 2003).

ERPURS signifie Evaluation des Risques de la Pollution Urbaine sur la Santé.

Le programme ERPURS a été mis en place après l'épisode de pollution de janvier-février 1989.

Cofinancé par de nombreux partenaires, dont l'Etat et le Conseil Régional d'Ile-de-France, il a permis de montrer les liens entre la pollution atmosphérique urbaine de fond et la santé en Ile-de-France.

Cette pollution concerne toutes les sources d'émissions de polluants (transports et autres).

L'étude ERPURS 1987-2000 est la troisième publication sur ce thème. Elle actualise les deux précédentes (publiées en 1994 et 1998) tout en améliorant la méthodologie.

C'est une étude épidémiologique de type écologique. Son principe est de mettre en relation les variations temporelles à court terme d'un indicateur de l'état de santé de la population avec celles d'un indicateur de l'exposition de cette même population à la pollution atmosphérique.

Les indicateurs de pollution étudiés sont les niveaux de fond de dioxyde d'azote (NO₂), d'ozone (O₃), de fumées noires (FN), de particules fines (PM) et de dioxyde de soufre (SO₂).

Les indicateurs sanitaires retenus sont le nombre de décès et d'hospitalisations pour différents types de maladies.

La zone d'étude comprend Paris et la Petite Couronne(départements des Hauts-de-Seine, de Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne) Les données sur la pollution atmosphérique, les hospitalisations et la mortalité sont recueillies dans cette zone.

On suppose que pour un jour donné la population est exposée de façon homogène aux différents polluants.

La difficulté est de tenir compte des facteurs de confusion susceptibles d'agir sur les indicateurs sanitaires étudiés ; l'étude s'est attachée à isoler l'impact de ces facteurs.

8.1.1 Les indicateurs de pollution atmosphérique.

On a retenu deux niveaux de pollution de fond pour chaque polluant : un niveau de base (P5) et un niveau médian (P50)

Une exposition nulle à un polluant étant peu réaliste, la valeur de base retenue pour les calculs de risque est le niveau de polluant non dépassé au cours des 18 jours les moins pollués de l'année (5% des jours, P5)

Le niveau médian (P50) est celui atteint ou dépassé la moitié des jours de l'année.

Le tableau 8.a ci-dessous résume les valeurs moyennes de ces deux indicateurs de pollution de fond pour la période 1987-2000.

Tableau 8.a

Niveaux de pollution de fond pour la période 1987-2000 (en $\mu\text{g}/\text{m}_3$)

Indicateur de pollution	Niveau de base (P5)	Niveau médian (P50)
NO ₂	26	50
O ₃	4	29
Fumées noires (FN)	8	20
Particules fines (PM)	11	30
SO ₂	5	15

Dans ce tableau les niveaux de NO₂, FN, PM et SO₂ sont évalués au moyen de la concentration moyenne sur 24 heures (en $\mu\text{g}/\text{m}_3$)
Pour O₃ on prend la plus élevée des moyennes mobiles sur 8 heures consécutives d'une journée donnée (en $\mu\text{g}/\text{m}_3$)

8.1.2 Les indicateurs sanitaires.

8.1.2.1 La mortalité.

Les nombres de décès quotidiens entre 1987 et 1998 ont été fournis par le CepiDC (INSERM).

Trois catégories de décès ont été distinguées :

- les décès toutes causes non accidentelles
- les décès pour causes respiratoires
- les décès pour causes cardio-vasculaires

8.1.2.2 La morbidité.

Les nombres quotidiens d'hospitalisations entre 1987 et 2000 ont été fournis par l'Assistance Publique Hôpitaux de Paris (AP-HP). Selon les causes on a distingué les catégories suivantes d'hospitalisations :

- celles pour maladies respiratoires
- celles pour asthme
- celles pour bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO)
- celles pour maladies de l'appareil circulatoire
- et celles pour cardiopathies ischémiques

Dans l'analyse statistique on calcule l'augmentation (en %) du nombre de décès ou d'hospitalisations correspondant à une variation du polluant étudié entre le niveau de base (P5) et le niveau médian (P50).

Chaque polluant mesuré est considéré comme un indicateur de pollution, représentant ses effets propres, mais aussi ceux des polluants émis ou formés avec lui.

8.1.3 Les résultats.

Lorsque, pour un polluant donné, on passe du niveau de base à un niveau médian, on observe des intensifications d'effets sanitaires pouvant atteindre les valeurs suivantes :

- 1) En rapport avec le dioxyde d'azote (NO₂)
 - +7,9% des hospitalisations pour asthme des moins de 15 ans
 - +3,3% des hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire
 - +2,0% de la mortalité toutes causes non accidentelles
- 2) En rapport avec les particules fines (PM)
 - +5,1% des hospitalisations pour maladies respiratoires des moins de 15 ans

- +4,7% de la mortalité pour causes respiratoires
- +2,4% de la mortalité pour causes cardio-vasculaires
- 3) En rapport avec l'ozone (O₃)
 - +1,9% des hospitalisations pour BPCO

Les effets les plus importants apparaissent donc avec les particules fines (PM) et le dioxyde d'azote (NO₂), deux polluants dont la source principale est la circulation routière.

Les auteurs de l'étude ont également évalué l'impact sanitaire dans le cas où l'objectif de qualité pour 2010 fixé par le décret du 15 février 2002 serait atteint. Cet objectif représente une diminution de 20% du niveau moyen de dioxyde d'azote (NO₂) constaté en l'an 2000 (51 µg/m₃).

On pourrait alors constater les diminutions suivantes :

- 3,4% des hospitalisations pour asthme des moins de 15 ans
- 1,5% des hospitalisations pour maladies cardio-vasculaires
- 0,9% de la mortalité toutes causes non accidentelles

On rappelle que l'étude ne prend en compte que les effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé.

8.2 EVALUATION DE L'EXPOSITION DES CITADINS AUX POLLUANTS D'ORIGINE AUTOMOBILE AU COURS DE LEURS DEPLACEMENTS DANS L'AGGLOMERATION PARISIENNE (SOURCE : LCPP, LHVP. MAI 1998)

Bien que relativement ancienne cette étude demeure intéressante car elle a consisté à mesurer l'exposition réelle des personnes en déplacement.

Elle a été réalisée de janvier 1996 à février 1998 dans le cadre du programme PRIQUEMAL-PREDIT ; elle n'a pas été réactualisée depuis.

8.2.1 La méthodologie.

Cinq modes de déplacements ont été étudiés : véhicules particuliers, bus, transport en commun ferré (métro, RER), marche et bicyclette.

Ces modes ont été croisés avec des situations géographiques : Paris intra-muros, boulevard circulaire (dit « des Maréchaux »), boulevard périphérique, Paris zone piétonne, banlieue, autoroute. Finalement on aboutit à 19 types de trajets : 12 dans Paris, 6 en proche banlieue et 1 en banlieue éloignée.

Les mesures ont été effectuées aux heures de pointe du matin (7h-9h30) et de fin d'après-midi (17h-19h). Leur durée a été fixée à environ une heure (Temps moyen de déplacement d'un francilien pour un aller-retour domicile-travail)

Pour chaque situation les mesures -réparties en hiver et en été- ont été répétées 40 à 50 fois, ce qui conduit globalement à près de 900 déterminations par polluant.

Les polluants mesurés sont les indicateurs majeurs des émissions automobiles : monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NO, NO₂), hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) et particules (fumées noires FN)

Les prélèvements individuels d'air ont été réalisés par du personnel volontaire non-fumeur des deux laboratoires : LCPP (Laboratoire Central de la Préfecture de Police) et LHVP (Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris). L'analyseur de CO et les dispositifs d'échantillonnage étaient placés dans un sac à dos, les capteurs étant, eux, positionnés à proximité des voies respiratoires des participants aux mesures (pour un conducteur de véhicule particulier, sur le siège passager avant ; pour les autres, au niveau de l'épaule).

8.2.2 Les principaux résultats.

A titre d'illustration, on indique ci-après (Tableau 8.b) les valeurs médianes des mesures dans le cas de déplacements dans Paris intra-muros (Pour le métro on a retenu la ligne 6, entièrement localisée dans Paris).

Tableau 8.b

Teneurs médianes mesurées pour des déplacements dans Paris intra-muros.

Mode de déplacement	CO (mg/m ₃)	FN (µg/m ₃)	NO (µg/m ₃)	NO ₂ (µg/m ₃)	Benzène (µg/m ₃)	Toluène (µg/m ₃)
Voiture	10	167	409	77	65	288
Bus	3	143	311	86	28	94
Vélo	3,2	140	167	71	35	127
Piéton	2,9	91	144	57	27	92
Métro (l.6)	1,5	103	103	45	18	72

Sur l'exemple de Paris intra-muros (Cinq situations de déplacements) on constate que c'est l'automobiliste qui est généralement le plus exposé aux polluants (La seule exception concerne le NO₂)

Pour l'ensemble des 19 situations de déplacements, les auteurs de l'étude concluaient à trois groupes d'exposition :

1) L'habitable des véhicules particuliers.

C'est l'endroit où les teneurs en polluants sont supérieures aux autres modes de déplacement.

Comme on pouvait s'y attendre les niveaux les plus élevés sont atteints sur le boulevard périphérique. Les niveaux les plus faibles se produisent sur le trajet autoroutier.

2) Les trajets à pied ou en métro/RER.

Par opposition aux véhicules particuliers les trajets à pied ou en métro/RER subissent les expositions les plus faibles pour la majorité des polluants.

C'est dans le quartier piétonnier que le piéton subit les expositions les plus faibles.

L'utilisateur du RER est moins exposé que celui du métro, sauf en ce qui concerne les fumées noires dans le RER A.

3) Les déplacements en vélo ou en bus.

Les cyclistes et les usagers du bus sont soumis à des niveaux d'exposition comparables et intermédiaires à ceux des deux précédents groupes.

C'est sur le boulevard circulaire (Boulevard des Maréchaux) que les niveaux d'exposition sont les plus importants.

8.3 ESTIMATION DU COUT GLOBAL DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE LIEE AUX TRANSPORTS FRANCILIENS DE VOYAGEURS. ANNEE 2001. (SOURCE : « COMPTE DEPLACEMENTS DES VOYAGEURS EN ILE-DE-FRANCE ». STIF, NOVEMBRE 2003).

8.3.1 La méthodologie.

Le syndicat des Transports d'Ile-de-France (STIF) a estimé le coût global imputable en 2001 aux transports franciliens de voyageurs pour les émissions de polluants.

Ce calcul a été fait en appliquant aux flux de trafic franciliens les valeurs tutélaires recommandées par le rapport « Transports : choix des investissements et coût des nuisances » (Commissariat Général du Plan, juin 2001), dit rapport « Boiteux », du nom du président du groupe de travail (Marcel Boiteux).

Ces valeurs tutélaires sont exprimées en par unité de trafic (c'est à dire /100 véh.km ou /100 trains.km) pour 5 catégories de véhicules (voiture particulière, poids lourd, train diesel fret, train diesel voyageurs et bus) selon 3 situations de circulation (urbain dense, urbain diffus et rase campagne) [Voir rapport page 138].

Pour la pollution imputable aux deux roues, le STIF a actualisé des valeurs extraites du compte national du transport de voyageurs de 1998.

8.3.2 Les résultats.

8.3.2.1 La pollution locale (hors gaz à effet de serre).

L'application des valeurs tutélaires au contexte francilien aboutit aux évaluations unitaires suivantes (Tableau 8.c):

Tableau 8.c

Coûts unitaires de la pollution atmosphérique locale imputable aux transports franciliens de voyageurs. Année 2001 (En /100 véh.km)

Mode	Paris et petite couronne	Grande couronne	Moyenne Ile-de-France
Voiture particulière	2,77	0,95	2,01
Bus	24,54	8,57	
Deux roues	12,74	4,39	

Les valeurs précédentes, appliquées au trafic francilien de voyageurs, déterminent un coût global de **1.186 millions** se répartissant comme suit :

Voitures particulières	897 M	(75%)
Bus	44 M	(4%)
Deux roues	245 M	(21%)

8.3.2.2. Les émissions de CO2.

Le rapport « Boiteux » précité retient une valeur de 100 à la tonne de carbone émise ou un équivalent de 0,07 au litre de carburant.

Pour les émissions liées aux transports de voyageurs en Ile-de-France le STIF aboutit à un coût global de **282 millions** se répartissant comme suit :

Voitures particulières	267 M	(95%)
Bus	9 M	(3%)
Deux roues	6 M	(2%)

8.3.2.3 Le bilan global

Le coût global imputable en 2001 aux transports franciliens de voyageurs pour les émissions de polluants s'élevait à **1.468 millions** (dont 81% pour la pollution locale) avec la répartition modale suivante :

Voitures particulières	1164 M	(79%)
Bus	53 M	(4%)
Deux roues	251 M	(17%)

REM : on rappelle que ces estimations ne tiennent pas compte des transports de marchandises

9. LES ACTIONS DU CONSEIL REGIONAL D'ILE-DE-FRANCE

Dans ce chapitre on explore successivement : les aides à caractère exceptionnel accordées à la RATP pour réduire les émissions de polluants atmosphériques de ses bus, les subventions accordées aux transporteurs privés pour améliorer leur offre de transport et les aides régionales dans le cadre de l'appel à projets annuel pour la diminution de la pollution de l'air par les véhicules utilitaires.

9.1 LES SUBVENTIONS ACCORDEES A LA RATP

Les subventions accordées à la RATP sont les suivantes :

Délibération du 18 décembre 1997 N° CP 97.468

La RATP reçoit 6 707 757 pour 100 bus GPL et 100 bus GNV, qui ont effectivement été acquis.

Délibération du 26 novembre 1998 N° CP 98.440

Opération d'équipement de 1 200 autobus en filtre à particules.

Sur un montant de subvention de 3 811 225 accordée par la Région en 1998, la somme des soldes versés s'élève à 2 399 111 (le dernier montant ayant été versé le 19 juillet 2002). En avril 2004, la RATP n'a toujours pas fait de demande pour obtenir le reste de l'aide financière.

Délibération du 5 juillet 2001 N°CP 01-387

Opération de remplacement des 322 bus SC10 les plus polluants par des bus diesel propres, accompagnée de rénovation de 48 éléments de tramway.

Un prêt de 70 126 000 bonifié de deux points par rapport au taux légal des banques est accordé. Donc, la somme remboursée par la RATP à la Région est moins élevée ; la différence correspond à 20% de l'emprunt, soit 14. Ce montant, non déboursée par la RATP, fait office de subvention.

2003

Dans le cadre de l'appel à projet, décrit dans le paragraphe 9.3, une subvention d'un montant de 6 211 322 pour l'acquisition de 890 filtres à particules a été accordée.

Au total c'est l'équivalent de 29 millions d'euros courants que le Conseil Régional d'Ile-de-France a apporté à la RATP depuis 1997.

9.2 LES SUBVENTIONS ACCORDEES AUX TRANSPORTEURS PRIVES VIA LES COLLECTIVITES LOCALES.

Hors zone RATP la desserte des communes en transports collectifs routiers est assurée par des transporteurs privés regroupés dans l'association OPTILE. La qualité de desserte y est généralement moins bonne que dans la zone RATP. C'est pourquoi le Conseil Régional souhaite aider les collectivités locales concernées à développer les réseaux qui les desservent.

Les objectifs poursuivis sont les suivants :

- Mettre à disposition des usagers des véhicules confortables, des infrastructures (poteaux d'information, des points d'arrêt couverts...), et des trajets fonctionnels ;
- Développer des réseaux au sein des collectivités et inter-collectivités ;
- Améliorer la desserte des quartiers sociaux ;
- Encourager au niveau local les modes alternatifs par rapport aux voitures particulières.

9.2.1 Les réalisations.

C'est en 1984 que la Région met en place un premier système de subvention afin d'accompagner les collectivités locales dans le développement des transports en commun assurant le rabattement sur les gares.

En 1994, la Charte régionale de qualité est créée, en conformité avec le règlement du Syndicat des Transports en Île-de-France (STIF). Son but est d'encourager l'émergence de réseaux de bassins. Elle permet également d'attribuer une aide aux collectivités souhaitant acquérir des bus propres, au sens de la loi sur l'air ; le premier véhicule propre sera acquis en 1997.

La délibération n° CR 47-01 du 1^{er} octobre 2001 « Amélioration des services de transports en commun routiers exploités par des entreprises privées ou en régie » fixe les plafonds des subventions.

Dans le cadre d'un renouvellement du parc, elles sont de 30% des coûts plafonnés pour les bus à plancher surbaissé, 40% pour les bus au gaz, 25% pour les autocars.

Lorsqu'il s'agit d'une extension du parc, elles sont de 50% pour les bus et les autocars et de 60% pour les bus au gaz (Les filières du GNV et du GPL n'étant pas généralisées, elles sont plus coûteuses à l'achat et à l'exploitation, ce qui explique les taux plus élevés accordés).

Les réseaux de bassins représentent 90% des demandes retenues; les 10% restants concernent des lignes inter-bassins ou des lignes isolées. Dans ce dernier cas, une aide est accordée si la ligne respecte les points suivants :

- Elle doit desservir au moins trois communes ;
- Elle ne peut être rattachée à un bassin ;
- Son bilan financier doit être déficitaire ;
- Elle doit être conventionnée;
- Son fonctionnement doit être au minimum de 48 semaines par an (pour éviter les lignes purement scolaires).

Actuellement, 70 contrats de bassins ont été signés.

Dans un délai de 3 à 4 ans, toute la zone desservie par le réseau OPTILE devrait être constituée en réseaux de bassins subventionnés par la Région.

Le tableau 9.a présente les subventions accordées par la Région aux collectivités depuis 1984.

Entre 1984 et 2003 le Conseil Régional a subventionné 3.307 véhicules (Majoritairement en renouvellement : 63%) pour un montant total de 242 millions courants.

On estime que les 1.107 véhicules achetés entre 1984 et 1993 ont été réformés de sorte que fin 2003 il y avait 2.200 véhicules subventionnés en circulation, soit 62,8% du parc OPTILE.

Tableau 9.a**Subventions accordées par la Région pour le développement des transports en commun intercommunaux**

Source : DECV. Conseil Régional d'Ile-de-France.

Année	Montants d'autorisation de projets (millions d'euros)	Nombre de véhicules subventionnés	dont		dont véhicules propres	
			en extension	en renouvellement	Nombre	%
1984	2,881	0	0	0	0	0%
1985	2,287	92	31	61	0	0%
1986	4,421	91	41	50	0	0%
1987	5,946	109	55	54	0	0%
1988	9,223	164	87	77	0	0%
1989	6,677	106	49	57	0	0%
1990	9,559	153	88	65	0	0%
1991	7,607	116	76	40	0	0%
1992	8,743	122	72	50	0	0%
1993	11,569	154	80	74	0	0%
1994	14,289	168	70	98	0	0%
1995	8,962	98	44	54	0	0%
1996	14,247	178	70	108	0	0%
1997	16,013	180	53	127	8	4%
1998	16,203	202	61	141	3	1%
1999	17,653	228	71	157	9	4%
2000	21,425	271	91	180	40	15%
2001	20,967	303	79	224	13	4%
2002	21,468	288	46	242	2	1%
2003	21,803	284	58	226	3	1%
TOTAL	241,943	3307	1222	2085	78	2%

Pour mémoire:

- Parc OPTILE (autobus et autocars): environ 3 500 véhicules hors réserve en 2003. Si l'on tient compte du retrait de la circulation des premiers véhicules subventionnés (les 1 107 véhicules financés de 1985 à 1993), le nombre de véhicules subventionnés circulant fin 2003 représenterait un parc de 2 200 unités, soit 62,8% du parc affecté aux lignes régulières OPTILE.
- 88% du montant des autorisations de projets sont affectés à l'acquisition d'autobus ou d'autocars, le solde (12%) étant réparti sur divers investissements liés aux transports collectifs routiers: systèmes d'émission et de validation des titres de transport, équipements d'autobus et d'autocars.

9.2.2 L'argumentation politique en faveur de la climatisation dans les bus subventionnés.

La climatisation est connue comme étant une installation induisant un surplus de consommation, et donc une surémission de polluants ; de plus le fluide frigorigène est lui-même un vecteur de gaz à effet de serre.

Or, en 2001, son installation est rendue obligatoire sur tous les véhicules subventionnés par la Région.

Si l'on compare l'utilisation que l'on fait d'un autocar de tourisme et d'un bus de transport en commun, l'équipement de la climatisation sur ce dernier est a priori plus discutable : son rendement est moins bon en raison de l'ouverture fréquente des portes.

En fait il s'agit là d'une décision politique raisonnée : pour espérer le développement des transports en commun, il faut apporter au voyageur le même confort qu'il pourrait avoir dans son véhicule particulier. Dans un premier temps, la climatisation peut paraître défavorable pour l'environnement. Mais, à plus long terme, le transfert des automobilistes sur les bus s'accompagnera d'une diminution de voitures en circulation, majoritairement climatisées.

9.2.3 Le cas des « bus propres ».

A la fin des années 90, l'acquisition de « bus propres », au sens de la loi sur l'air, était une priorité de l'Exécutif régional.

Mais les technologies évoluent et remettent en cause l'intérêt relatif de la motorisation gaz.

En effet, les nouveaux bus diesel répondent à la norme EURO 3, et bientôt à la norme EURO 4 (En 2006) rapprochant sensiblement leurs émissions de celles des bus aux gaz. Certains transporteurs sont même perplexes quant à la pérennité de cette technologie, et donc de l'intérêt de cet investissement.

Le tableau 9.b ci-dessous récapitule le nombre de « véhicules propres » subventionnés par le Conseil Régional dans le cadre de ses aides aux transporteurs privés.

Les 81 unités achetées ne représentent que 4,6% des 1.756 bus subventionnés entre 1997 et 2004.

Tableau 9.b

**Nombre de "véhicules propres" subventionnés par
la Région d'Ile-de-France
Source : DECV. Conseil Régional Ile-de-France**

Année	Nb	Désignation
1997	8	Autobus GNV
1998	3	Autobus GPL
1999	4	Autobus à propulsion bimode gazole/électrique
	5	Autobus GNV
2000	12	Autobus GNV
	17	Autobus GPL
	4	Minibus à propulsion bimode gazole/électrique
	1	Autobus électrique
2001	6	Minicars GPL
	7	Autobus GNV
	6	Minibus à propulsion bimode gazole/électrique
2002	2	Autobus au GNV
2003	3	Autobus au GNV
mai 2004	3	Autobus au GNV
Total	81	

9.3 L'APPEL A PROJETS ANNUEL POUR LA DIMINUTION DE LA POLLUTION DE L'AIR PAR LES VEHICULES UTILITAIRES.

La loi n°96-1236 sur « l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie » (LAURE) du 30 décembre 1996 impose aux exploitants de flottes de plus de vingt véhicules, inférieurs à 3.5 tonnes, d'acquérir au moins 20% de véhicules propres lors du renouvellement de leur parc.

La présente loi définit trois types de véhicules propres : ceux qui fonctionnent au gaz de pétrole liquéfié (GPL), au gaz naturel véhicule (GNV) ou à l'électricité.

Dans le but d'améliorer la qualité de l'air, le Conseil Régional d'Ile-de-France a instauré par délibération du 4 décembre 1998 le principe annuel d'« appel à projets pour la diminution de la pollution de l'air par les véhicules utilitaires ». Celui-ci a pour objectif premier d'inciter les exploitants de flottes publiques à aller au-delà de la loi sur l'air, concernant le taux de véhicules propres acquis. Pour cela, la Région subventionne les surcoûts occasionnés. Depuis le 20 décembre 2000, avec l'adoption du Contrat de Plan liant l'Etat à la Région pour la période 2000-2006, l'appel à projet fait partie des actions de la convention cadre ADEME-Région.

L'évaluation des dossiers de candidature, réalisée avec le soutien technique de l'INRETS, se fait uniquement sur les gains potentiels d'émissions d'oxydes d'azote (NO_x), d'hydrocarbures imbrûlés (HC) et de particules ; en effet, ce sont pour ces paramètres que les comparaisons des véhicules propres aux véhicules classiques fournissent les résultats les plus significatifs.

Chaque année, les candidats présentent leur projet pluriannuel à la commission, qui le sélectionne s'il remplit les trois critères suivants :

- Dépasser la loi sur l'air.
Le quota de véhicules propres acquis lors du renouvellement du parc doit être supérieur à 20% ;
- Obtenir un gain effectif sur la qualité de l'air.
Il est préférable que les véhicules propres viennent en remplacement de vieux véhicules du type Euro 1, Euro 2, qui sont alors retirés de la circulation.
- Avoir une efficacité certaine.
La baisse des concentrations des émissions d'oxydes d'azote et d'hydrocarbures imbrûlés grâce à l'acquisition des véhicules propres doit être pertinente. En général, c'est le cas : l'INRETS observe un gain minimum de 30% par rapport à la situation de référence.

Une fois le montant du surcoût de l'opération déterminé, l'aide correspondant à cette somme est financée soit par la Région seule, soit conjointement avec l'ADEME. Après la signature du contrat, entre le lauréat et la Région, voire l'ADEME, des dossiers de suivi sont réalisés par la Direction de l'Environnement et du Cadre de Vie (DECV) de la Région. Ceux-ci permettent de mandater les subventions au fur et à mesure que le programme avance.

L'appel à projet ne concerne pas uniquement l'acquisition de véhicules propres. Etant donné qu'il est destiné à améliorer la qualité de l'air, il vise toute action allant dans ce sens. Les projets présentés peuvent donc porter sur la pose de filtres à particules sur des véhicules diesel, ou la construction des stations GPL ou GNV.

9.3.1 L'enjeu environnemental.

Pour évaluer le gain environnemental on considère les émissions de NO_x, de HC et de particules car elles donnent les écarts les plus significatifs.

L'évaluation de la pollution évitée par les projets est faite au cas par cas par l'INRETS.

Les tableaux 9.c à 9.g et les graphiques 9.a et 9.b récapitulent les principales données comparatives :

- Véhicules utilitaires légers (VUL)

Tableau 9.c

Émission unitaire de HC+NO_x (g/km) d'un véhicule utilitaire léger (VUL) propre
Source : INRETS (appels à projet)

	GPL	GNV
HC+NO _x (g/km)	0,10	0,05

Tableau 9.d

Émission unitaire de HC+NO_x (g/km) d'un véhicule utilitaire léger (VUL) essence
Source : ADEME

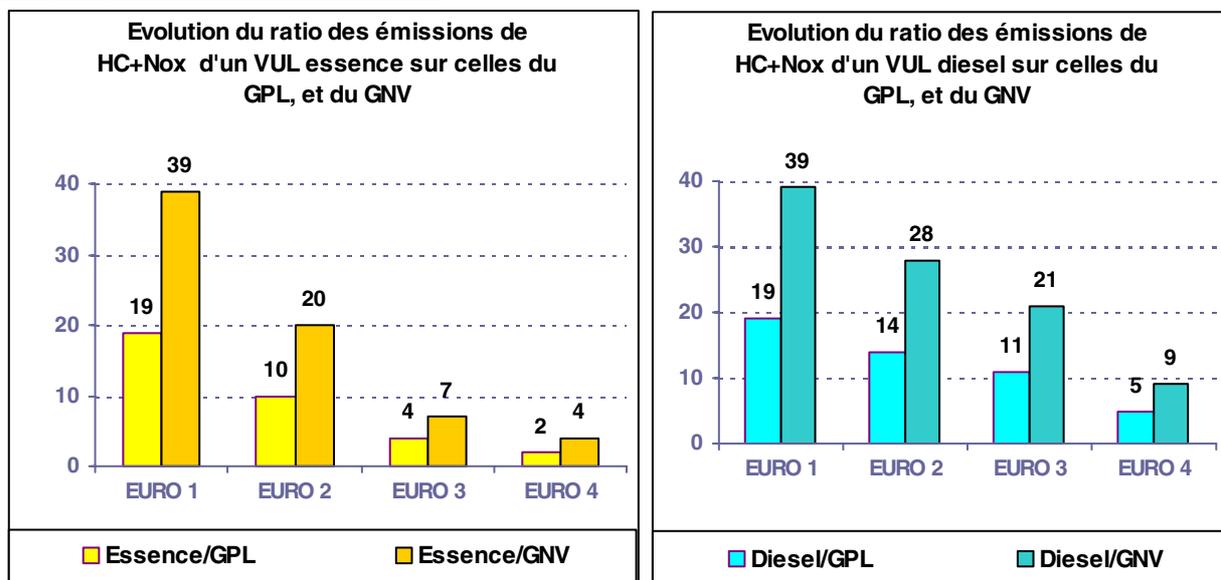
	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4
HC+NO _x (g/km)	1,94	1,00	0,35	0,18

Tableau 9.e

Émission unitaire de HC+NO_x (g/km) d'un véhicule utilitaire léger (VUL) diesel
Source : ADEME

	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4
HC+NO _x (g/km)	1,94	1,40	1,06	0,45

Graphique 9.a



- Bennes à ordures ménagères (BOM).

Tableau 9.f

Émission unitaire de HC+NO_x (g/km) d'une BOM GNV

Source : INRETS

	Sur la base d'une vitesse de 10km/h	Sur la base d'une vitesse de 40 km/h
NO _x (g/km)	0,40	0,15

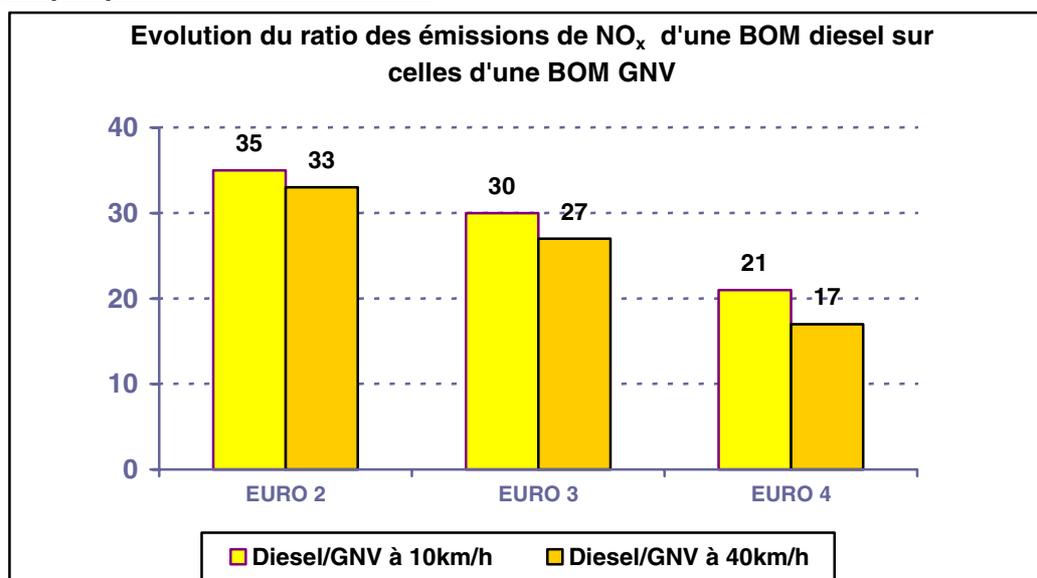
Tableau 9.g

Émission unitaire de HC+NO_x (g/km) d'une BOM diesel

Source : INRETS

	Sur la base d'une vitesse de 10km/h			Sur la base d'une vitesse de 40 km/h		
	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 2	EURO 3	EURO 4
NO _x (g/km)	14	12	8.4	5	4	2.6

Graphique 9.b



D'après les données précédentes, le gain environnemental en termes d'émissions évitées est très bon lorsqu'un véhicule au gaz se substitue à un véhicule EURO 1 fonctionnant à l'essence ou au diesel. Toutefois, cette performance décroît relativement vite dès qu'il s'agit de remplacer un véhicule de type plus récent (EURO2, EURO3). D'où l'intérêt majeur de commencer le renouvellement du parc par les unités les plus vieilles. Mais, si ces dernières sont revendues, puis réutilisées ailleurs, ou si l'acquisition de véhicule propre n'entre que dans le cadre d'une extension de parc, il n'y a pas de pollution évitée de façon concrète.

Les normes européennes d'émissions des véhicules devenant plus sévères, le Conseil Régional se penche sur les émissions des gaz à effet de serre. Ainsi, en 2003, les dossiers des candidats doivent faire apparaître les gains en CO₂ qu'ils permettent d'obtenir. Dans ce cadre, l'INRETS mesure ce polluant émis au niveau local, sauf pour les véhicules électriques pour lesquels il est évalué « du puits à la roue ». Or, cet argument avantage le gazole par

rapport aux GPL et GNV, remettant en cause l'esprit de l'appel à projet⁴⁴. Ce critère va toutefois être gardé, mais il ne constitue pas l'objectif premier de cette aide. Actuellement, il s'agit de renouveler au plus vite le parc existant le plus âgé.

9.3.2 L'enjeu économique.

L'acquisition d'un véhicule propre se traduit par un surcoût pour les propriétaires de flottes ; celui-ci peut être interprété comme le prix de la pollution évitée.

A titre d'exemple le tableau 9.h présente les surcoûts pour un véhicule utilitaire léger fonctionnant au GPL par rapport à un véhicule à essence ou diesel, selon la catégorie de norme de ce dernier :

Tableau 9.h

Évolution du surcoût de la dépollution en HC+NO_x par un véhicule utilitaire léger (VUL) fonctionnant au GPL sur la base de 8 500 km/an et d'un surcoût à l'achat de 1 500
Source : DECV. Conseil Régional d'Ile-de-France.

Surcoût de la dépollution en HC+NO _x (en /kg/an)	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4
VUL GPL par rapport à VUL essence	95,5	194,8	681,8	2 142,8
VUL GPL par rapport à VUL diesel	95,5	135,1	183,0	500,0

Les normes européennes d'émissions devenant plus strictes, ce surcoût augmente inévitablement. Jusqu'à présent, quel que soit le surcoût d'un projet, il est financé par la Région dès lors qu'il apporte un gain substantiel d'émissions.

Le bilan des appels à projets depuis 1999 est présenté dans le tableau 9.i qui fait apparaître la pollution évitée par les programmes achevés par rapport à la situation de référence et le montant de la subvention régionale.

⁴⁴ « Réduction de la pollution de l'air et des émissions de CO₂ par les véhicules routiers » Jean DELSEY. INRETS. Rapport DS n° 0301. Août 2003.

Tableau 9.i

Appel à projets "véhicules propres"

Source: DECV. Conseil Régional d'Ile-de-France

Année	Désignation	Pollution évitée* kg/an			Montant retenu HT en	Montant subvention de la Région, en
		HC+NO _x	NO _x	Particules		
1999	- 372 véhicules propres - 125 postes de charge électrique - 2 stations de distribution GPL/GNV - mise en conformité du remisage des benes	884	1 040	24	3 808 024,00	3 252 271,11
2000	- 60 véhicules propres - 1 station de remplissage GNV - 30 locomotives diesel	1 206	550	2 729	9 607 917,29	4 958 222,26
2001	- 424 véhicules propres - 2 stations de compression-distribution GNV - 15 postes de charge électrique	1 475	427	35	2 492 145,06	2 382 381,75
2002	- 69 véhicules propres - 2 stations de distribution GPL - 12 filtres à particules	785	-	1 154	400 621,26	309 221,26
2003	- 186 véhicules propres - 890 filtres à particules	4 350	2 017	3 942	7 666 472,00	6 211 322,00
	TOTAL	8 700	4 034	7 884	23 975 179,61	17 113 418,38

* il s'agit de la pollution évitée par les programmes achevés par rapport à la situation de référence ; tenir compte du fait que les programmes sont en cours de réalisation.

La reconduction en 2005 de l'appel à projet se fera probablement en tenant compte des nouvelles données que sont : l'évolution des normes européennes d'émissions des véhicules, et les problématiques environnementales liées aux gaz à effet de serre.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- DRIRE ILE-DE-FRANCE – Plan Régional pour la Qualité de l’Air, mai 2000.
- AIRPARIF – Rapport d’activité 2002.
- DRIRE-AIRPARIF Travaux réalisés dans le cadre du PPA (Plan de Protection de l’Atmosphère), notamment :
 - Inventaire 2000 des émissions de polluants
 - Scénarios d’émissions 2010 (NO_x, COVNM, CO₂)
- Enquêtes globales de transport (EGT) 1983 et 2001.
- ADEME : « Motocycles, cyclomoteurs : émissions de polluants et consommation d’énergie. Premier constats », Valbonne, mai 2001 (BARBUSSE Stéphane).
- STIF ; « Compte déplacements des voyageurs en Ile-de-France ; Rapport d’actualisation 2001 ». Novembre 2003.
- Ministère de l’Equipement : Fichier des cartes grises 1993-2003
- CPDP – Statistiques mensuelles et annuelles de vente des carburants en Ile-de-France.
- OPTILE – Statistiques lignes régulières 2002.
- RATP – Rapport d’activité et Développement Durable 2002.
- ADEME : « Les particules de combustion automobile et leurs dispositifs d’élimination », octobre 2003 (Stéphane BARBUSSE et Gabriel GAGNEPAIN).
- ADEME : « Consommations conventionnelles de carburant et émissions de gaz carbonique des véhicules particuliers vendus en France ». Edition 2004.
- Jean DELSEY : « Quels sont les facteurs influençant les émissions des véhicules ? », juin 2002.
- ADEME : « La climatisation automobile, données et références », Paris, mai 2003 (Stéphane BARBUSSE).
- Commission Européenne, Recherche Communautaire : « Pile à combustible, une vision pour notre avenir », Luxembourg 2003.
- INRETS : « Réduction de la pollution de l’air et des émissions de CO₂ par les véhicules routier », Rapport DS n°0301, août 2003 (Jean DELSEY).
- ADEME : « Evaluation des véhicules légers fonctionnant au GPL et comparatif avec leurs versions essence et diesel », avril 2004.
- IFP : « Moteurs/carburants : quelles évolutions sur le long terme », Panorama 2004.

- IFP : « Les biocarburants en Europe ». Panorama 2004.
- Assemblée nationale « Rapport d'information sur les biocarburants ». Rapport n° 1662 présenté par Alain MARLEIX, député. 26 mai 2004.
- ADEME : « Véhicules : technologies actuelles et futures », Paris, janvier 2001.
- Conseil Général des Ponts et Chaussées (CGPC) « Automobiles et équipement : élargir le dialogue ». Les Cahiers du Conseil n° 3. Juin 2001.
- ORS Ile-de-France : « ERPURS 1987-2000 ». Janvier 2003.
- LHVP-LCPP : « Evaluation de l'exposition des citoyens aux polluants d'origine automobile au cours de leurs déplacements dans l'agglomération parisienne ». Mai 1998.

PERSONNALITES AUDITIONNEES OU CONTACTEES.

CONSEIL REGIONAL D'ILE-DE-FRANCE. DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE (DECV).

François BONIS, directeur adjoint
Paul CASSIN, chargé de mission

AIRPARIF

Philippe LAMELOISE, directeur
Frédérique MORETO, ingénieur d'études
Christian RENAUDOT, chef du service « stratégie de surveillance »

LHVP

M. SQUINAZI
M. LE MOULLEC

LCPP

René ALARY

DRIRE

Jean-Claude GAZEAU, directeur adjoint

DREIF SIER

Gaétan JUHEL

DGEMP- Observatoire de l'Energie

Véronique PAQUEL

ADEME PARIS

Alain MORCHEOINE, directeur du département transport
Jane NOPPE

ADEME VALBONNE

Laurent LANQUAR
Stéphane BARBUSSE
Patrick COROLLER
Gabriel PLASSAT
Stéphane BISCAGLIA
Laurent GAGNEPAIN

ADEME Ile-de-France

Gérald OUZOUNIAN, délégué régional
Fabienne SCHIMENOVITZ, animateur secteur transport

ARENE

Claude BASSIN-CARLIER, directeur
Céline MEUNIER, chargée de mission transport

INRETS LYON

Jean DELSEY, direction scientifique
Robert JOUMARD

METATM DAEI/SES/ST2

Nathalie AUGRIS
Sylvie MABILE
Jocelyne HERMILLY

METATM DAEI/SES

Jean-Pierre DECURE
Roland CURTET
Laure DE MAILLARD
Véronique ARDOUIN
Brigitte BOURDELOIS
Mme GOUEDARD

CCFA

Pierre-Louis DEBAR, directeur économie, statistiques et transports
André DOUAUD, directeur technique

IFP

Xavier MONTAGNE, chef de département

RATP

Françoise DUCHEZEAU, déléguée générale à la recherche et à l'innovation
Laurence LE SOUFFACHE, responsable du programme bus écologiques

CPDP (Comité Français du Pétrole)

Jean-Jacques LE CROCQ

RENAULT

Daniel AUGELLO, directeur délégué à la politique transports
Martine MEYER

STIF

Laurence DEBRINCAT, chef de la mission études générales

AFGNV (Association française du gaz naturel pour véhicules)

Vincent TISSOT FAVRE, secrétaire général
André ARCIS, délégué au développement

SNPAA (Syndicat National des Producteurs d'Alcool Agricole)

Alain d'ANSELME, président

SOFIPROTEOL

Georges VERMEERSCH, directeur prospective et innovations

ANNEXE 1 – LOCALISATION DES STATIONS DE MESURES DES POLLUANTS

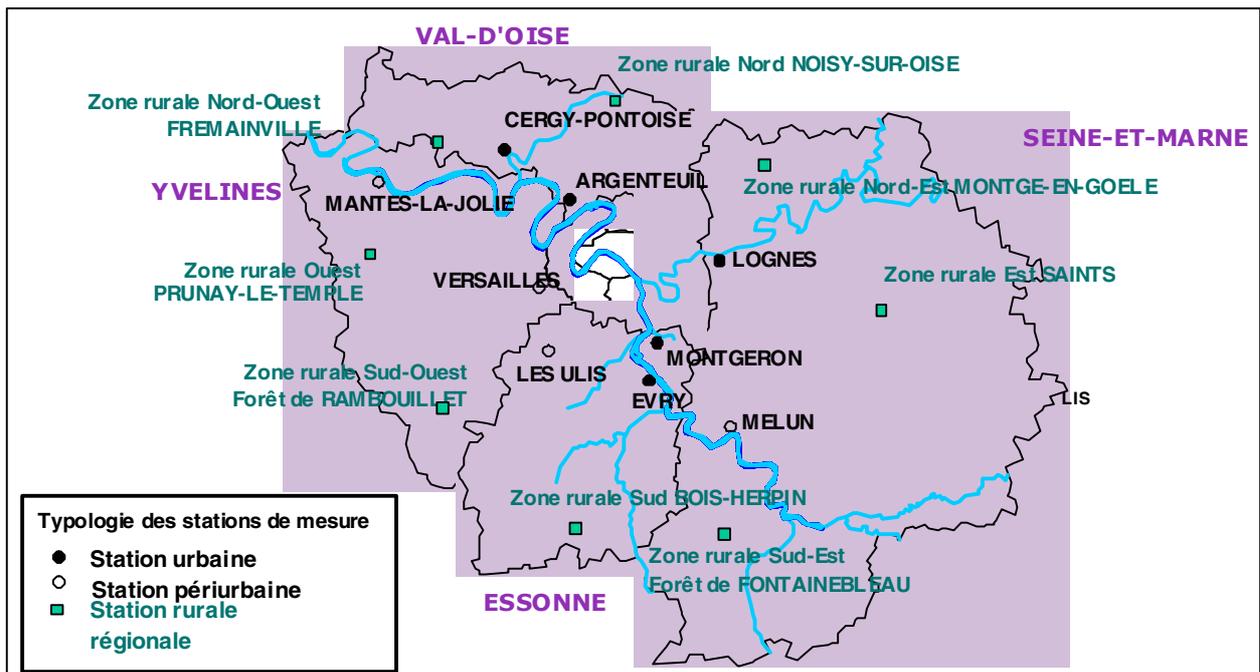
CARTE DES STATIONS DE MESURE EN PETITE COURONNE

SOURCE AIRPARIF, MAI 2004



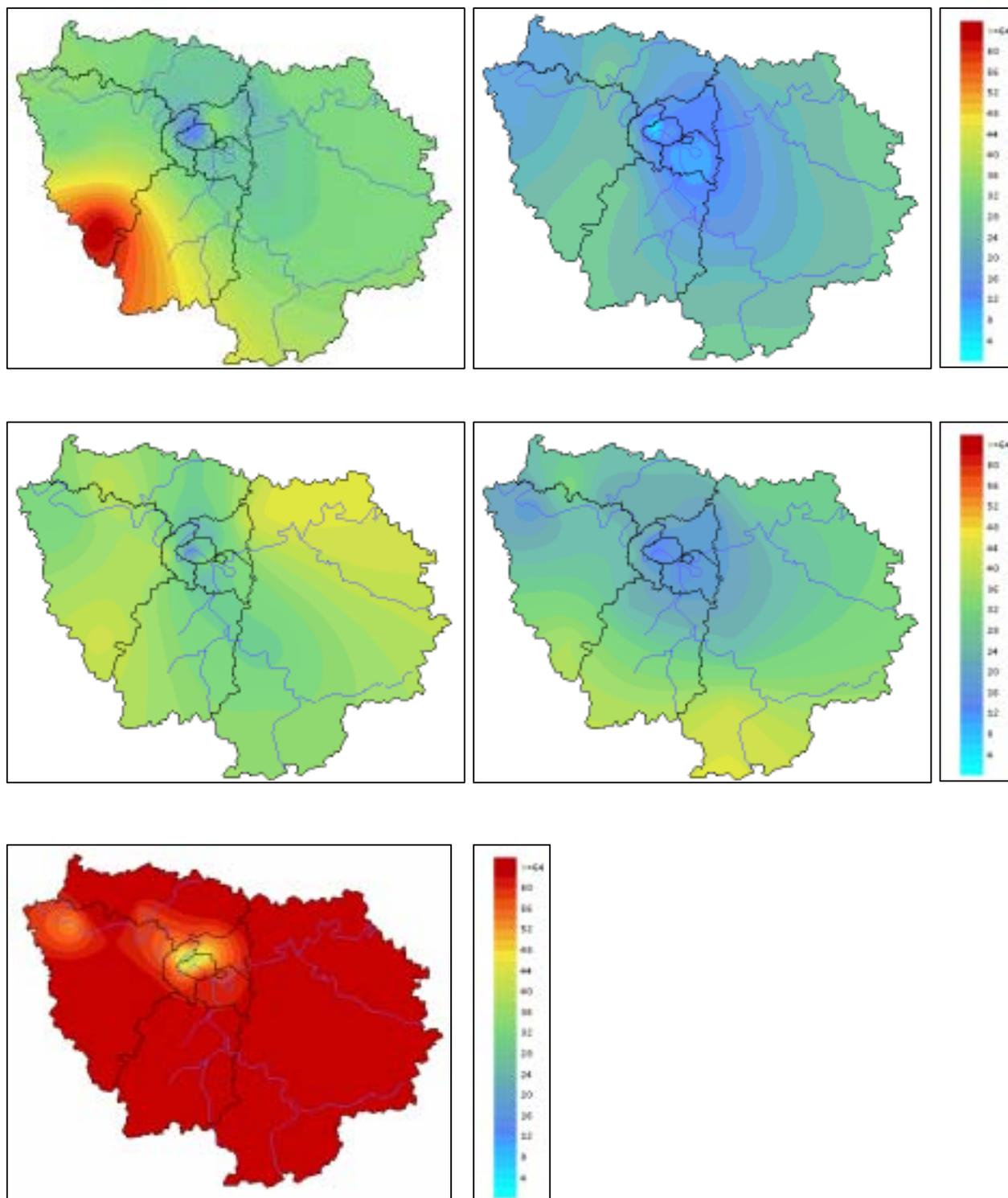
CARTE DES STATIONS DE MESURE EN GRANDE COURONNE

SOURCE AIRPARIF, MAI 2004

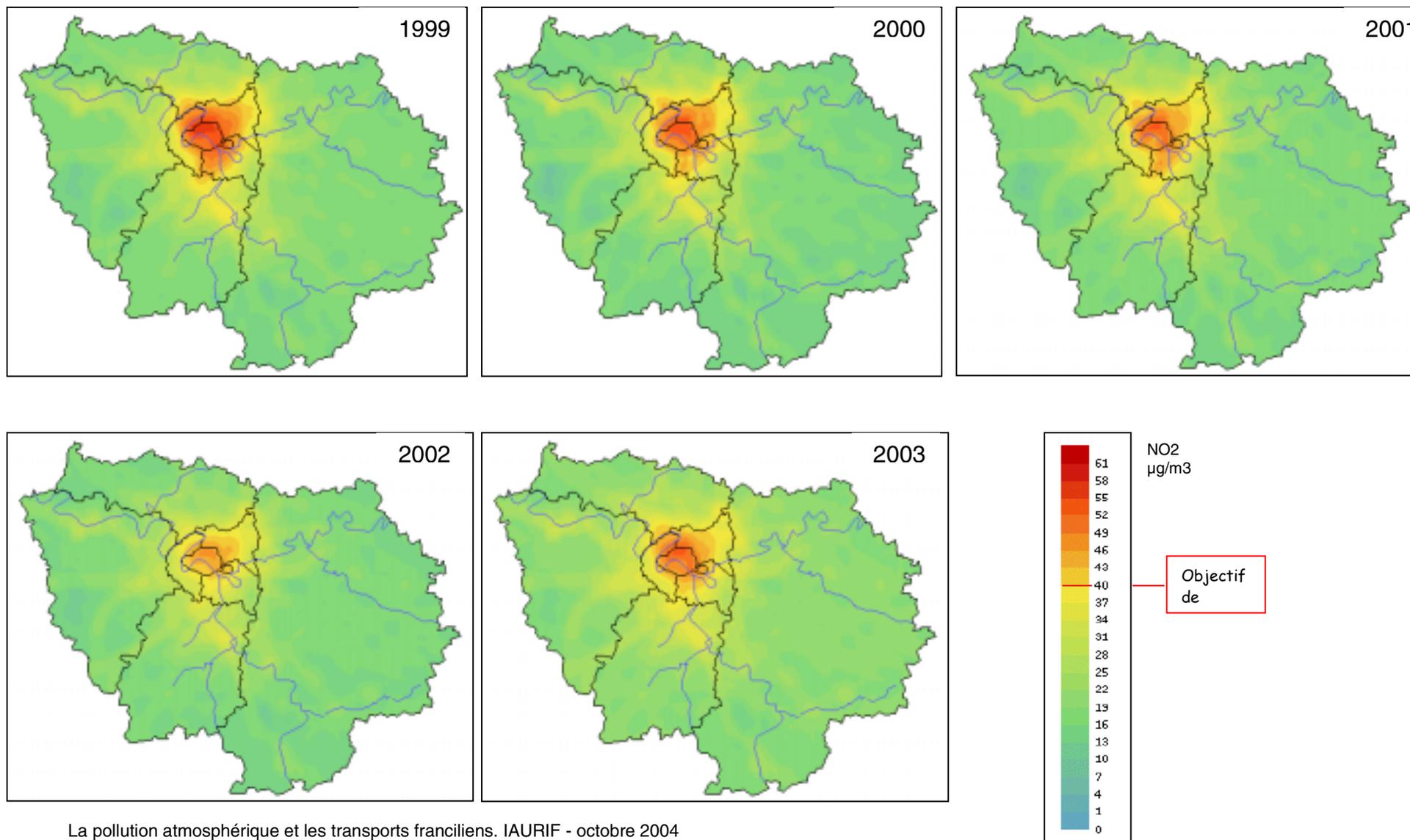


ANNEXE 2 – CARTES DE CONCENTRATIONS ANNUELLES DE POLLUANTS

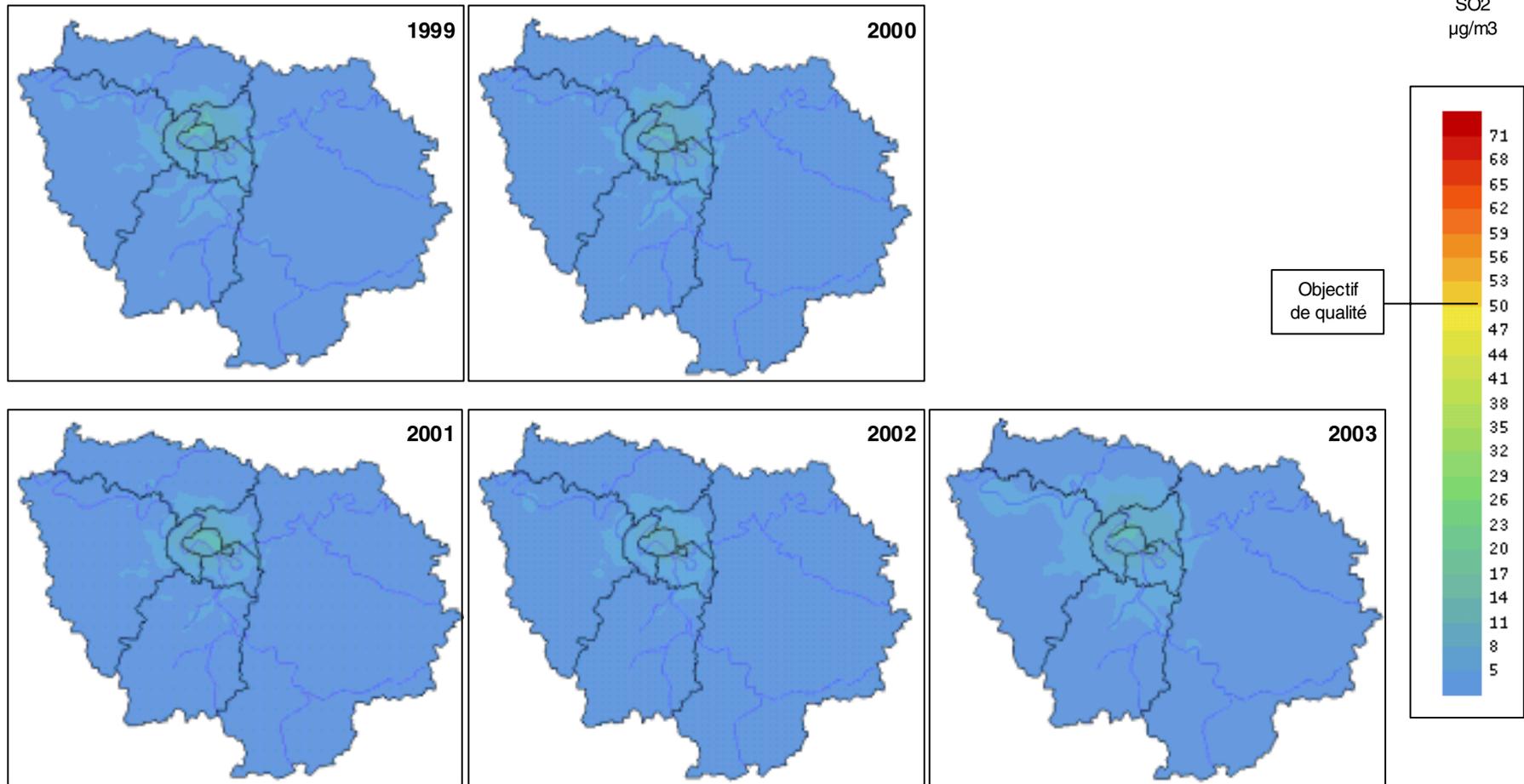
**NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT DE L'OBJECTIF DE QUALITE EN OZONE
(SEUIL DE 110 µG/M₃ SUR 8 HEURES) EN ILE-DE-FRANCE DE 1999 A 2003**



MOYENNE ANNUELLE DE DIOXYDE D'AZOTE (NO2) EN ILE-DE-FRANCE DE 1999 A 2003



Moyenne annuelle de dioxyde de soufre (SO₂) en Ile-de-France de 1999 à 2003



ANNEXE 3 – DIRECTIVES EUROPEENNES ET DECRETS FRANÇAIS RELATIFS A LA QUALITE DE L’AIR

Décret n° 2002-213 du 15 février 2002

portant transposition des directives n° 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 et n° 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.
paru au Journal Officiel du 19 février 2002

et décret n° 2003-1085 du 12 novembre 2003

portant transposition de la directive 2002/3/CE du Parlement européen et du conseil du 12 février 2002 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.
paru au Journal Officiel du 19 novembre 2003

Objectifs de qualité, valeurs limites, seuils d'information et d'alerte

Dioxyde de soufre (SO2)

Objectif de qualité	Période de référence	Valeur
Moyenne annuelle	Année civile	50 µg/m3
Valeurs limites		
A -Protection de la santé humaine		
Percentile 99,7 des concentrations horaires	Année civile	2001 : 470 µg/m3 2002 : 440 µg/m3 2003 : 410 µg/m3 2004 : 380 µg/m3 2005 : 350 µg/m3
Percentile 99,2 des concentrations journalières	Année civile	125 µg/m3
B -Protection des écosystèmes		
Moyenne annuelle	Année civile	20 µg/m3
Moyenne hivernale	Hiver (1er octobre-31 mars)	20 µg/m3
Seuil de recommandation et d'information		
	1 heure	300 µg/m3
Seuil d'alerte		
	1 heure	500 µg/m3 trois heures consécutives

Dioxyde d'azote (NO2)

Objectif de qualité	Période de référence	Valeur
Moyenne annuelle	Année civile	40 µg/m3
Valeurs limites		
Protection de la santé humaine		
Percentile 98 des concentrations horaires	Année civile	2001-2009 : 200 µg/m3
Percentile 99,8 des concentrations horaires	Année civile	2001 : 290 µg/m3 2002 : 280 µg/m3 2003 : 270 µg/m3 2004 : 260 µg/m3 2005 : 250 µg/m3 2006 : 240 µg/m3 2007 : 230 µg/m3 2008 : 220 µg/m3 2009 : 210 µg/m3 2010 : 200 µg/m3
Moyenne annuelle	Année civile	2001 : 58 µg/m3 2002 : 56 µg/m3 2003 : 54 µg/m3 2004 : 52 µg/m3 2005 : 50 µg/m3 2006 : 48 µg/m3 2007 : 46 µg/m3 2008 : 44 µg/m3 2009 : 42 µg/m3 2010 : 40 µg/m3
Seuil de recommandation et d'information		
	1 heure	200 µg/m3
Seuil d'alerte		
	1 heure	400 µg/m3 . 200 µg/m3 le jour J si le seuil d'information a été déclenché à J-1 et risque de l'être à J+1

Oxydes d'azote (NOx)

	Période de référence	Valeur
<i>Valeur limite</i> Protection de la végétation Moyenne annuelle	Année civile	30 µg/m ³ NOx (équivalent NO ₂)

Particules PM10

	Période de référence	Valeur
<i>Objectif de qualité</i> Moyenne annuelle	Année civile	30 µg/m ³
<i>Valeurs limites</i> Protection de la santé humaine Percentile 90,4 des concentrations journalières	Année civile	2001 : 70 µg/m ³ 2002 : 65 µg/m ³ 2003 : 60 µg/m ³ 2004 : 55 µg/m ³ 2005 : 50 µg/m ³
Moyenne annuelle	Année civile	2001 : 46 µg/m ³ 2002 : 44 µg/m ³ 2003 : 43 µg/m ³ 2004 : 41 µg/m ³ 2005 : 40 µg/m ³

Ozone (O₃)

	Période de référence	Valeur
<i>Objectifs de qualité</i> Protection de la santé humaine Moyenne sur 8 heures	8 heures	110 µg/m ³
Protection de la végétation Moyenne horaire	1 heure	200 µg/m ³
Moyenne journalière	24 heures	65 µg/m ³
<i>Seuil de recommandation et d'information</i>	1 heure	180 µg/m ³
<i>Seuils d'alerte</i>	1er seuil : 1 heure, pendant 3 heures consécutives	240 µg/m ³
	2ème seuil : 1 heure, pendant 3 heures consécutives	300 µg/m ³
	3ème seuil : 1 heure	360 µg/m ³

Monoxyde de carbone (CO)

	Période de référence	Valeur
<u>Valeur limite</u> Protection de la santé humaine Moyenne sur 8 heures	8 heures	10 mg/m ³

Plomb

	Période de référence	Valeur
<u>Objectif de qualité</u> Moyenne annuelle	Année civile	0,25 µg/m ³
<u>Valeur limite</u> Protection de la santé humaine Moyenne annuelle	Année civile	2001 : 0,8 µg/m ³ 2002 : 0,5 µg/m ³

Benzène

	Période de référence	Valeur
<u>Objectif de qualité</u> Moyenne annuelle	Année civile	2 µg/m ³
<u>Valeur limite</u> Protection de la santé humaine Moyenne annuelle	Année civile	2001-2005 : 10 µg/m ³ 2006 : 9 µg/m ³ 2007 : 8 µg/m ³ 2008 : 7 µg/m ³ 2009 : 6 µg/m ³ 2010 : 5 µg/m ³

Directives européennes
SO₂, NO_x, particules, plomb du 22 avril 1999
Parue au Journal Officiel des Communautés européennes du 29 juin 1999, entrée en vigueur le 19 juillet 1999
benzène, monoxyde de carbone du 16 novembre 2000
Parue au Journal Officiel des Communautés européennes du 13 décembre 2000, entrée en vigueur le 13 décembre 2000

ozone du 12 février 2002
Parue au Journal Officiel des Communautés européennes du 9 mars 2002, entrée en vigueur le 9 mars 2002

Dioxyde de soufre (SO₂)

A - Valeurs limites

	Période	Valeur	Nombre de dépassements autorisés	Marge de dépassement	Date où la valeur limite doit être respectée
1- Valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine	1 heure	350 µg/m ³	24 fois par année civile	150 µg/m ³ à l'entrée en vigueur diminuant le 01/01/2001 et ensuite tous les ans par tranches égales pour atteindre 0% le 01/01/2005	1er janvier 2005
2- Valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine	24 heures	125 µg/m ³	3 fois par année civile		1er janvier 2005
3- Valeur limite pour la protection des écosystèmes	année civile et hiver	20 µg/m ³			19 juillet 2001

B- Seuil d'alerte

500 µg/m³ relevés sur 3 heures consécutives, dans des lieux représentatifs de la qualité de l'air sur au moins 100 km² ou une zone ou agglomération entière, la plus petite surface étant retenue

Dioxyde d'azote (NO₂) et oxydes d'azote (NO_x)

A - Valeurs limites

	Période	Valeur	Nombre de dépassements autorisés	Marge de dépassement	Date où la valeur limite doit être respectée
1- Valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine	1 heure	200 µg/m ³ NO ₂	18 fois par année civile	50% lors de l'entrée en vigueur diminuant le 01/01/2001 et ensuite tous les ans par tranches égales pour atteindre 0% le 01/01/2010	1er janvier 2010
2- Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine	année civile	40 µg/m ³ NO ₂		50% lors de l'entrée en vigueur diminuant le 01/01/2001 et ensuite tous les ans par tranches égales pour atteindre 0% le 01/01/2010	1er janvier 2010
3- Valeur limite pour la protection de la végétation	année civile	30 µg/m ³ NO _x (équival. NO ₂)			19 juillet 2001

B- Seuil d'alerte

400 µg/m³ relevés sur 3 heures consécutives, dans des lieux représentatifs de la qualité de l'air sur au moins 100 km² ou une zone ou agglomération entière, la plus petite surface étant retenue

Particules (PM10)

Valeurs limites

	Période	Valeur	Nombre de dépassements autorisés	Marge de dépassement	Date où la valeur limite doit être respectée
Phase 1					
1- Valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine	24 heures	50 µg/m ³ PM10	35 fois par année civile	50% lors de l'entrée en vigueur diminuant le 01/01/2001 et ensuite tous les ans par tranches égales pour atteindre 0% le 01/01/2005	1er janvier 2005
2- Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine	année civile	40 µg/m ³ PM10		20% lors de l'entrée en vigueur diminuant le 01/01/2001 et ensuite tous les ans par tranches égales pour atteindre 0% le 01/01/2005	1er janvier 2005
Phase 2					
1- Valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine	24 heures	50 µg/m ³ PM10	7 fois par année civile	à calculer d'après les données. doit correspondre à la valeur limite de la phase 1(?)	1er janvier 2010
2- Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine	année civile	20 µg/m ³ PM10		50% le 1er janvier 2005 diminuant ensuite tous les ans par tranches égales pour atteindre 0% le 01/01/2010	1er janvier 2010

Plomb

Valeur limite

	Période	Valeur	Nombre de dépassements autorisés	Marge de dépassement	Date où la valeur limite doit être respectée
Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine	année civile	0,5 µg/m ³		100% lors de l'entrée en vigueur diminuant le 01/01/2001 et ensuite tous les ans pour atteindre 0% le 1er janvier 2005 ou d'ici le 1er janvier 2010 à proximité immédiate de sources spécifiques qui sont notifiées à la Commission	1er janvier 2005 ou le 1er janvier 2010 à proximité de sources industrielles spécifiques... Dans ces cas, valeur limite = 1 µg/m ³ à compter du 1/1/2005

Benzène

Valeur limite

	Période	Valeur	Nombre de dépassements autorisés	Marge de dépassement	Date où la valeur limite doit être respectée
Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine	Année civile	5 µg/m ³		5 µg/m ³ le 13 décembre 2000 diminuant le 01/01/2006 et ensuite tous les ans de 1 µg/m ³ pour atteindre 0% le 01/01/2010	1er janvier 2010

Monoxyde de carbone (CO)

Valeur limite

	Période	Valeur	Nombre de dépassements autorisés	Marge de dépassement	Date où la valeur limite doit être respectée
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	8 heures	10 mg/m ³		6 mg/m ³ le 13 décembre 2000 diminuant le 01/01/2003 et ensuite tous les ans de 2 mg/m ³ pour atteindre 0% le 01/01/2005	1er janvier 2005

Ozone (O3)

A - Valeurs cibles

	Période	Valeur	Nombre de dépassements autorisés	Marge de dépassement	Date où la valeur cible doit être respectée
1- Valeur cible sur 8 heures pour la protection de la santé humaine	8 heures	120 µg/m ³	25 jours par an moyenne calculée sur 3 ans		1er janvier 2010 (*)
2- Valeur cible pour la protection de la végétation	AOT40 mai-juillet 8h-20h	18.000 µg/m ³ moyenne calculée sur 5 ans			1er janvier 2010 (*)

(*) 2010 sera la première année où les valeurs cibles seront évaluées, sur les 3 ou 5 années suivantes

B - Objectifs à long terme

	Période	Valeur	Nombre de dépassements autorisés	Marge de dépassement	Date où l'objectif à long terme doit être réalisé
1- Objectif à long terme pour la protection de la santé humaine	8 heures	120 µg/m ³	Aucun		Année 2020
2- Objectif à long terme pour la protection de la végétation	AOT40 mai-juillet 8h-20h	6.000 µg/m ³			Année 2020

C- Seuil d'information

180 µg/m³ sur une heure

D- Seuil d'alerte

240 µg/m³ sur une heure

La mise en œuvre de plans d'action à court terme est effective lorsque le seuil d'alerte est prévu ou dépassé pendant trois heures consécutives

ANNEXE 4 – L'EXEMPLE DE LA PENETRATION DES TECHNOLOGIES NOUVELLES DANS LE PARC DE VOITURES PARTICULIERES

(Source : « Transport, Maîtrise de l'Energie et Effet de serre ». Alain MORCHEOINE, directeur de l'air, du bruit et de l'efficacité énergétique à l'ADEME. Intervention au Sénat, 8 avril 2004).

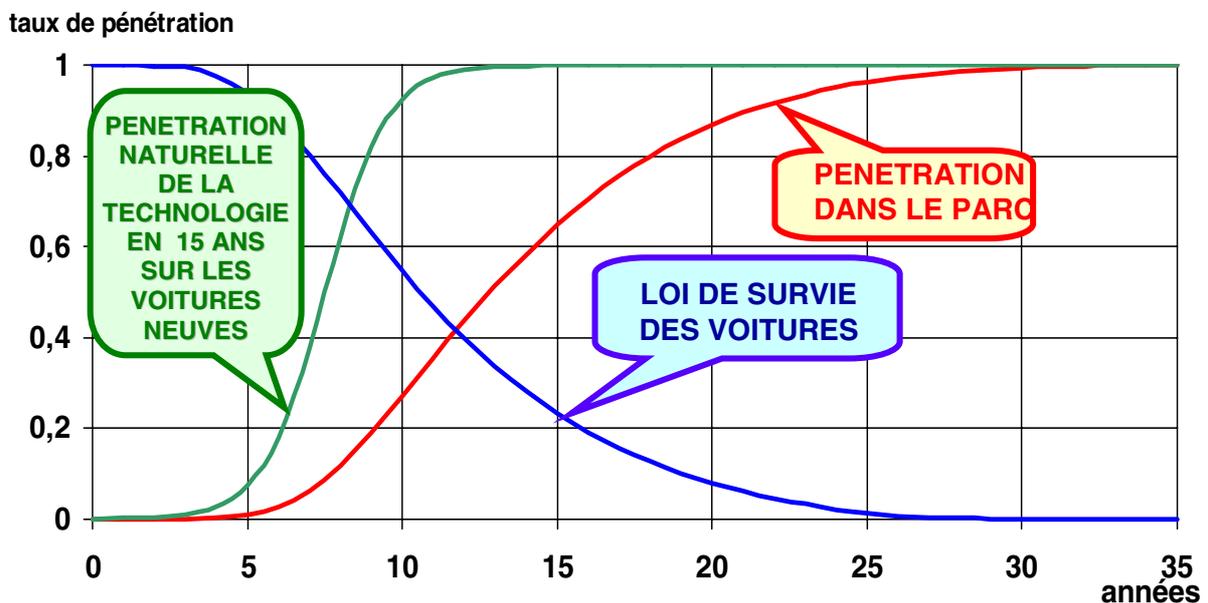
Le texte reproduit pages suivantes est un extrait du document remis en séance par M. Alain MORCHEOINE lors de son intervention au Sénat le 8 avril 2004.

Il montre clairement l'inertie importante de pénétration d'une technologie nouvelle (moteur, équipement,...) par renouvellement du parc, même avec des mesures d'accélération (mise en œuvre de normes, réglementation, incitations)

Les études faites par l'ADEME sur la pénétration de la climatisation automobile sur les marchés américain et japonais, très en avance sur le marché européen montrent en effet que entre le moment où la première voiture neuve équipée est mise en vente et le moment où toutes les voitures neuves sont équipées de cette technologie il se passe environ 15 ans. La courbe de pénétration est bien entendu pas linéaire mais suit plutôt une courbe logistique (courbe verte).

Les études faites par l'INRETS pour le compte de l'ADEME sur la dynamique de renouvellement du parc montrent que selon la loi de survie des véhicules le parc met environ 25 ans pour se renouveler complètement (courbe bleue). Les effets de différentes mesures d'accélération (mise en oeuvre de normes, réglementation, incitations se révèlent n'avoir que peu d'effet (voir figures).

PENETRATION NATURELLE D'UNE TECHNOLOGIE DANS LE PARC DE VOITURES PARTICULIERE

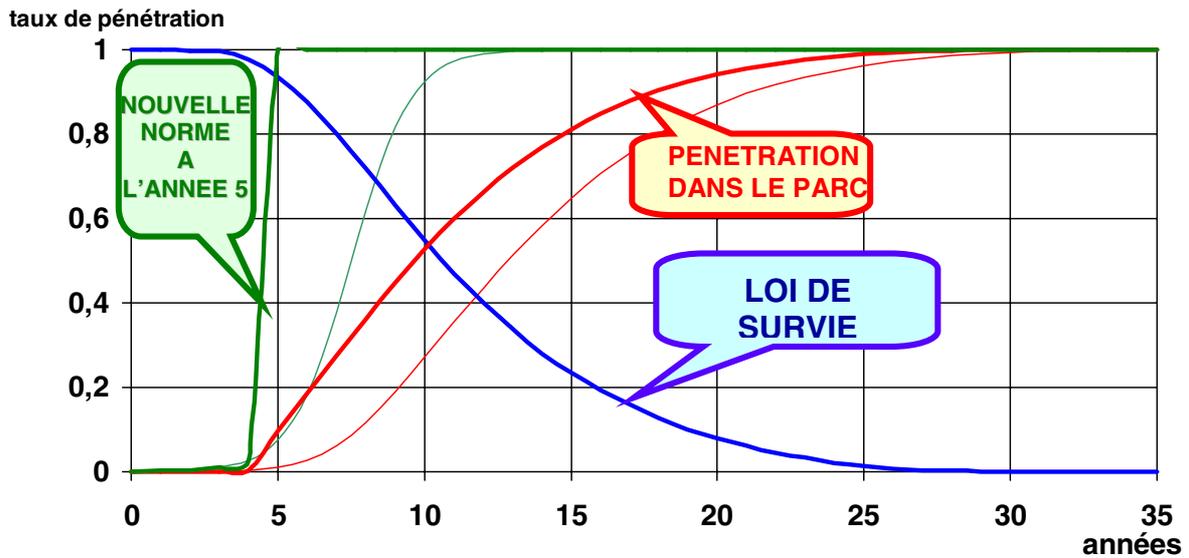


Source C.Gallez INRETS/ADEME

Il s'ensuit qu'une innovation mise à l'instant t_0 sur la première voiture neuve équipera le parc équipera l'ensemble du parc environ 35 ans après. (courbe rouge). Compte tenu de ces éléments 50% du parc sera équipé à t_0+13 et 95% du parc à t_0+24 . Ainsi une nouvelle technologie pénétrant le marché des véhicules neufs prendrait plus de vingt cinq ans pour pénétrer l'ensemble du parc

Cette dynamique peut être accélérée par le recours à la mise en force d'une norme. On voit ici l'effet d'une telle mesure avec la mise en œuvre d'une norme à t_0+5 (courbe verte grasse). Il y a toujours quelques industriels qui anticipent la norme ou qui mettent sur le marché une innovation afin de susciter la mise en œuvre de la dite norme (exemple du pot catalytique entre 1985 et 1992 et du filtre à particule actuellement).

PENETRATION D'UNE TECHNOLOGIE DANS LE PARC DE VOITURES PARTICULIERE ACCELERATION PAR MISE EN PLACE D'UNE NORME

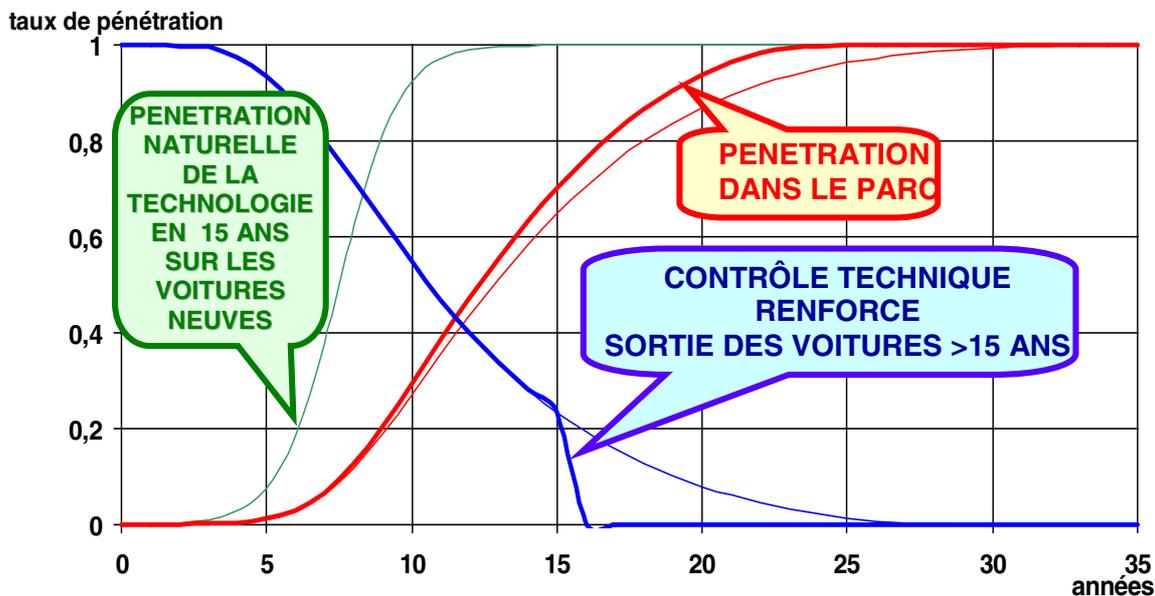


Source C.Gallez INRETS/ADEME

Le résultat de la simulation montre que si toutes les voitures neuves mises sur le marché doivent être équipées à t_0+5 le parc lui sera équipé seulement à t_0+30 . Compte tenu de ces éléments 50% du parc sera équipé à t_0+10 au lieu de t_0+13 et 95% du parc à $t_0+21,5$ au lieu de t_0+24 , soit une accélération pratique de l'ordre de 3 ans dans la pénétration massive de la dite technologie.

Une autre possibilité, souvent évoquée est d'accélérer le renouvellement du parc en retirant les véhicules les plus vieux du parc, soit par incitation (type « jupette » ou « baladurette ») soit par réglementation (type renforcement drastique du contrôle technique).

PENETRATION D'UNE TECHNOLOGIE DANS LE PARC DE VOITURES PARTICULIERE ACCELERATION PAR MISE AU REBUT DE VEHICULES ANCIENS



Source C.Gallez INRETS/ADEME

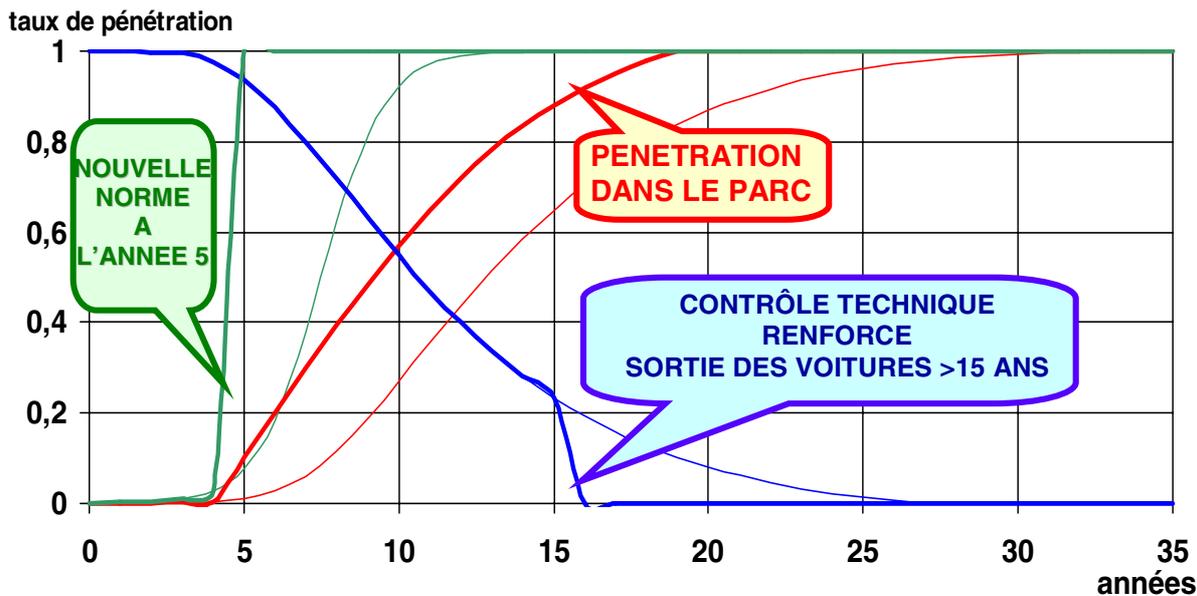
On voit ici un écrêtage de la courbe de survie à 15 ans (courbe bleue grasse), c'est à dire que tous les véhicules de plus de 15 ans sont censés être retirés du parc et remplacés par des véhicules neufs.

On voit le peu d'effet accélérateur d'une telle mesure qui permet, certes, de gagner 15 ans sur l'ensemble du parc, mais seulement 0,5 ans sur l'équipement de 50% du parc et 3,5 ans sur l'équipement de 95% du parc.

Lorsqu'on combine les deux types de mesures (norme et retrait des véhicules âgés du parc), on constate une accélération significative de la pénétration des technologies puisque l'ensemble du parc serait équipé à t_0+19 au lieu de t_0+35 .

On gagnerait alors 3,5 ans sur l'équipement de 50% du parc mais 7 ans sur l'équipement de 95% du parc.

**PENETRATION D'UNE TECHNOLOGIE DANS LE PARC DE VOITURES PARTICULIERES
ACCELERATION PAR MISE EN ŒUVRE SIMULTANÉE DES DEUX MESURES**



Source C.Gallez INRETS/ADEME

Il reste que la mesure de retrait du parc est soit très coûteuse pour l'Etat en cas de prime et déstabilise le marché de l'automobile (voir les doléances des constructeurs sur le dispositif « jupette- baladurette ») soit est socialement difficilement acceptable, les véhicules anciens étant le plus souvent la propriété des ménages les plus modestes

Cela souligne la nécessité absolue de prendre en compte correctement ces inerties dans le cadre d'un programme de transports propres à un horizon de court terme comme 2010 comme à l'horizon plus lointain du facteur 4 à 2050.

Alain MORCCHOINE

ANNEXE 5 – SIGLES UTILISÉS

ACEA : Association Européenne des Constructeurs Automobiles
ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFGNV : Association Française du Gaz Naturel pour Véhicules
AIRPARIF : organisme chargé de la surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France
AP-HP : Assistance Publique – Hôpitaux de Paris
ARENE : Agence Régionale de l'Environnement et des Nouvelles Energies

BOM : Benne à Ordures Ménagères
BPCO : Bronchopneumopathies chroniques obstructives
BTL : Biomass To Liquid (technique de fabrication de carburants de synthèse à partir de la biomasse)

C₂H₅OH : éthanol (« alcool éthylique »)
C₄H₈ : isobutylène
C₆H₆ : benzène
CAI : Controlled Auto Ignition (moteur à auto-inflammation contrôlée)
CCFA : Comité des Constructeurs Français d'Automobiles
CFC : ChloroFluoroCarbone
CH₃OH : méthanol
CH₄ : méthane
CO : monoxyde de carbone
CO₂ : dioxyde de carbone (gaz carbonique)
COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques
CPDP : Comité Professionnel du Pétrole
CTL : Coal To Liquid (technique de fabrication de carburants de synthèse à partir du charbon)

DECV : Direction de l'Environnement et du Cadre de Vie (Conseil Régional d'Ile-de-France)
DGEMP : Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières
DRE : Direction Régionale de l'Équipement
DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

EGT : Enquête Globale de transport
EMHV : Ester Méthylique d'Huile Végétale
ERPURS (étude) : Evaluation des Risques de la Pollution URbaine sur la Santé
ESTP : Ecole Spéciale des Travaux Publics
ETBE : Ethyl Tertio Butyl Ether (produit oxygéné dérivé de l'éthanol)

FN : Fumée Noire

GNV : Gaz Naturel Véhicule
GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié
GTL : Gas To Liquid (technique de fabrication de carburants de synthèse à partir du gaz naturel)

H₂ : hydrogène
H₂SO₄ : acide sulfurique
HAM : Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HC : Hydrocarbures
HCCI : Homogeneous Charge Compression Ignition (moteur à combustion homogène)
HFC : HydroFluoroCarbone

HNO₃ : acide nitrique

IAURIF : Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France

IFP : Institut Français du Pétrole

INRETS : Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité

INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

LAURE : Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie

LCPP : Laboratoire Central de la Préfecture de Police

LHVP : Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris

METATM : Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de la Mer

MVEG : Motor Vehicle Emission Group (cycle européen normalisé de mesure des émissions de polluants des véhicules automobiles)

NO : monoxyde d'azote

NO₂ : dioxyde d'azote

NO_x : oxydes d'azote (NO et NO₂)

O₃ : ozone

ODP : Observatoire des Déplacements à Paris

OPTILE : Organisation Professionnelle des Transports d'Ile-de-France

ORS : Observatoire Régional de la Santé

PAC : Pile à Combustible

Pb : plomb

PDU : Plan de Déplacements Urbains

PM_{2,5} : micro-particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres

PM₁₀ : micro-particules dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

PREDIT : Programme pour la Recherche, le Développement et l'Innovation dans les Transports terrestres

PRQA : Plan Régional de Qualité de l'Air

PTAC : Poids Total Autorisé en Charge

RATP : Régie Autonome des Transports Parisiens

RER : Réseau Express Régional

SNAP : Selected Nomenclature for sources of Air Pollution (nomenclature des activités génératrices de polluants atmosphériques)

SNPAA : Syndicat National des Producteurs d'Alcool Agricole

SO₂ : dioxyde de soufre

SOFIPROTEOL : Société Financière de la filière des oléagineux et des protéagineux

STIF : Syndicat des Transports d'Ile-de-France

TC : Transports en Commun

VP : Voiture Particulière

VUL : Véhicule Utilitaire Léger