Les émissions de polluants oscillent entre progrès techniques et explosion du trafic

Robert Joumard

▶ **To cite this version:**

Robert Joumard. Les émissions de polluants oscillent entre progrès techniques et explosion du trafic. La Revue Durable, 2003, 3, pp.30-33. hal-01253778

HAL Id: hal-01253778
https://hal.science/hal-01253778

Submitted on 11 Jan 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La Revue Durable, n°3, janvier-février 2003, p. 30-33.

Les émissions de polluants oscillent entre progrès techniques et explosion du trafic

Robert Joumard*

*Robert Joumard travaille au Laboratoire Transports et Environnement, à l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, à Bron, en France.

Depuis dix ans, l'amélioration des moteurs, les pots catalytiques et la modification des carburants entraînent une forte diminution des émissions des véhicules motorisés. Mais l'explosion du trafic routier et la banalisation de la climatisation des voitures annoncent une hausse des émissions de dioxyde ce carbone. Et les émissions de poussières fines et d'oxydes d'azote ne reculent pas aussi vite qu'il serait souhaitable pour réduire le plus possible les risques en matière de santé publique.

Les transports constituent la principale source d'émissions de **monoxyde de carbone*** (CO), d'**hydrocarbures*** (HC) et d'**oxydes d'azote*** (NOx). Ils contribuent également pour 30 % aux émissions du principal **gaz à effet de serre***, le **dioxyde de carbone*** (CO_2).

Globalement, le transport connaît une forte croissance : dans l'Union européenne, tous modes confondus, les transports de passagers et de marchandises – exprimés en passager-kilomètre et en tonne-kilomètre – ont crû respectivement de 1,9 et 2,8 % par an durant les années 1990. Le transport routier de passagers a progressé de 2 % et celui des marchandises de 3,8 %. Cela signifie un doublement du trafic respectivement tous les 35 et 19 ans. Et avec une progression de 5 à 6 %, l'augmentation du transport aérien est encore plus forte. Cette croissance du trafic motorisé est du même ordre depuis plusieurs décennies. En parallèle, les progrès technologiques au niveau des moteurs, des catalyseurs et des combustibles font baisser les émissions de la plupart des polluants de chaque véhicule.

Cet article présente l'évolution passée des émissions du secteur routier français et envisage leur devenir compte tenu des tendances de la mobilité et de l'évolution des technologies.

Evolution des émissions du parc automobile français

Évolution positive mais contrastée de la qualité de l'air, forte croissance simultanée des trafics et des préoccupations environnementales : il est utile – grâce au modèle européen d'inventaire Copert 3 – de s'intéresser de près à l'évolution des émissions globales de polluants pour évaluer les conséquences de l'augmentation du trafic et des améliorations technologiques sur la qualité de l'air.

Diffusé par l'Agence européenne de l'environnement, Copert 3 est issu de la mise en commun des connaissances de la plupart des experts européens du domaine (Hickman et coll., 1999). Ce modèle traduit les trafics routiers en volume de pollutions (Lacour et Joumard, 2002) tous véhicules – anciens et récents – confondus. Les facteurs d'émissions des différents types de véhicules proviennent de nombreuses mesures menées en laboratoire. La dernière vague de véhicules à avoir été testée respecte la norme Euro 2 applicable jusqu'à fin 2000. Au-delà, les facteurs d'émissions tiennent compte des normes d'émissions Euro 3 et Euro 4, cette dernière s'appliquant à partir de 2006. En l'absence de projet solide plus lointain, aucune hypothèse de norme ultérieure n'a été introduite.

Encadré 1 : Les normes d'émissions

Les normes d'émission des véhicules routiers concernent principalement deux aspects. Le premier touche à l'ensemble de la flotte, véhicules anciens et neufs. Ce sont les concentrations dans les gaz d'échappement en **monoxyde de carbone*** (CO) et en **hydrocarbures*** (HC) imbrûlés des véhicules au ralenti. Ces données ne renseignent toutefois guère sur les émissions réelles qui ont lieu sur la route. Le deuxième aspect est plus important. Il se réfère aux émissions à l'échappement des véhicules neufs. Tout véhicule mis sur le marché doit respecter ces normes. Les émissions sont mesurées selon un cycle de conduite bien défini, plus calme que le comportement de conduite européen réel, et donc moins gourmand en carburant (voir l'article de **LaRevueDurable**, page 55). Les normes ne concernent pas les émissions dues aux auxiliaires, de plus en plus courants sur les véhicules, comme la

climatisation automobile. La réglementation ne s'applique pas aux véhicules en circulation, mais l'augmentation des émissions avec l'âge reste toutefois modérée.

Dans l'Union européenne, les émissions de CO et d'HC des voitures particulières sont réglementées depuis 1972. Les poids lourds sont réglementés depuis 1990, les petits véhicules utilitaires depuis 1994 et les 2-roues depuis 2000. Tous les véhicules, à essence ou diesel, sont maintenant concernés par des normes d'émissions de CO, d'HC, d'**oxydes d'azote*** (NOx) et de **poussières fines*** (PM).

Depuis l'introduction des premières normes, la somme des émissions d'HC et de NOx a été divisée par quatorze pour les voitures et par trois pour les poids lourds, tandis que les PM ont été divisées par sept pour les véhicules légers diesel. Depuis le début des années 1990, cette réglementation est appelée Euro 1, 2, etc. En vigueur actuellement, la norme Euro 3 est équivalente à la réglementation américaine.

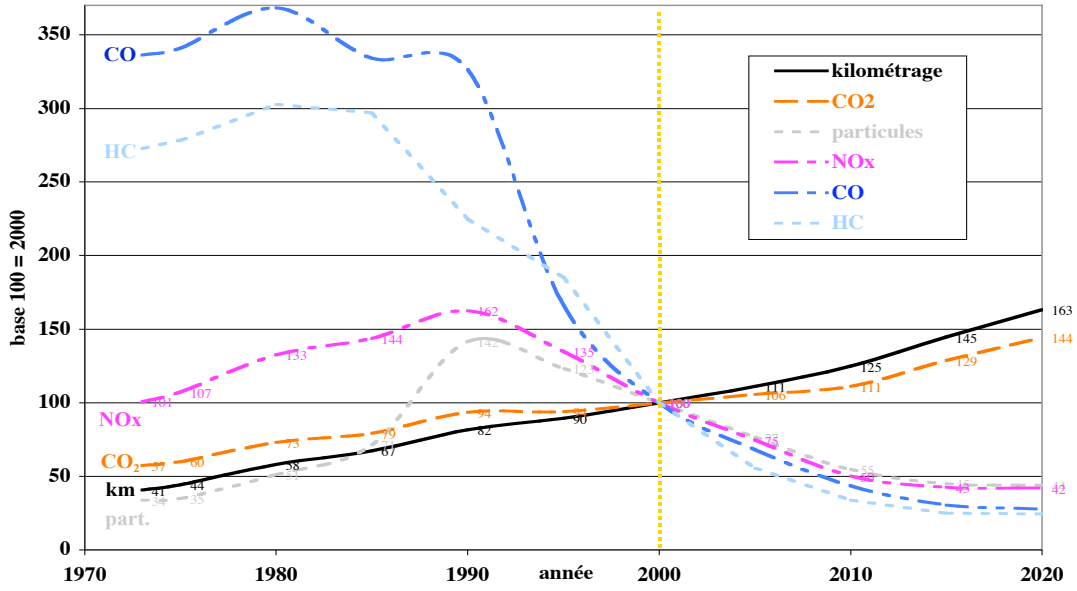

Figure 1: Evolution relative par rapport à 2000 des émissions massiques de l'ensemble du trafic routier français de 1973 à 2020. Base 100 = année 2000.

La **Figure 1** révèle qu'après une quasi stagnation au cours des années 1970 et 1980, les émissions de CO et d'HC connaissent une chute d'un facteur proche de trois en dix ans. Cette tendance très positive devrait se poursuivre dans les années à venir. Elle est due à l'introduction des catalyseurs trois voies sur les véhicules à essence et à la diésélisation du

parc des véhicules légers qui émettent moins de CO et d'HC. Rappelons que, depuis plusieurs années, près d'une voiture particulière sur deux vendue en France est une diesel.

Les NOx et les PM poursuivent une évolution quelque peu différente : ils augmentent jusqu'au milieu des années 1990 (l'augmentation est particulièrement forte pour les PM qui sont multipliées par quatre en 20 ans). Puis ils diminuent de près d'un tiers au cours des années 1990, une tendance qui devrait se confirmer. Des effets s'exerçant en sens inverse se combinent pour expliquer cette configuration : croissance des trafics, diésélisation – un diesel émet trois fois plus de NOx qu'un véhicule à essence catalysé – et pots catalytiques très efficaces. L'évolution future devrait être encore plus marquée pour les PM, en raison de l'introduction progressive des filtres à PM à l'efficacité très élevée. Pour ces deux polluants, les poids lourds ont émis respectivement 37 et 22 % du total en 2000.

Encadré 2: le catalyseur trois voies

Le catalyseur trois voies est constitué d'un support céramique imprégné de métaux rares – qui sont les principes actifs –, d'une injection électronique et d'un capteur d'oxygène. Il exige de l'essence sans plomb. Il transforme le CO et les HC en CO2 et en eau, et les NOx en oxygène et en azote. Traitant trois polluants de façon simultanée, il est appelé catalyseur trois voies, par opposition au catalyseur d'oxydation, bien plus simple, qui ne traite que le CO et les HC.

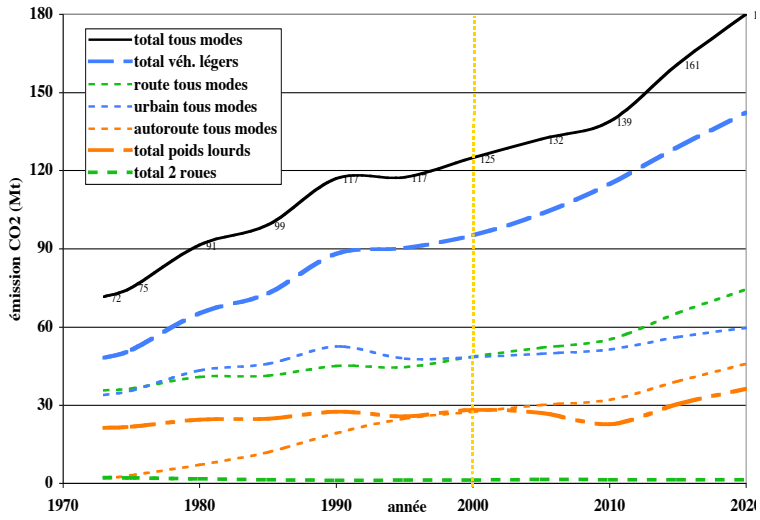

Figure 2: Evolution des émissions de CO_2 du trafic routier en France de 1973 à 2020, par grand type de véhicule et par type de voie.

La situation est en revanche particulièrement préoccupante pour le CO2, principal gaz à effet de serre. La **figure 2** montre que ses émissions ont progressé de 75 % de 1973 à 2000, et devraient croître de près de 50 % à l'horizon 2020. Cette prévision ne tient pas compte de l'introduction éventuelle de technologies peu consommatrices d'énergie fossile comme pourraient l'être les voitures hybrides ou les voitures à piles à combustible. Elle ne tient pas non plus compte de la climatisation qui équipe la plupart des véhicules vendus aujourd'hui et qui se traduit par 10 % de consommation supplémentaire, avec à la clé autant de rejets de CO_2, et jusqu'à deux fois plus d'émissions des autres polluants (Barbusse et coll., 1998).

Si, mis à part le CO2, les évolutions sont favorables pour tous les polluants, les émissions de l'ensemble des transports sont néanmoins encore très supérieures à leurs niveaux de la première moitié du XXe siècle : en 1995, l'Office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage (OFEFP) a montré que les émissions sont aujourd'hui près de cinq fois supérieures pour le CO et les HC, et respectivement de dix et douze fois supérieures pour le CO_2 et les NOx que durant la première moitié du XXe siècle.

Evolution des émissions par véhicule

Les émissions de CO_2 croissent légèrement moins que le trafic. Cela signifie que chaque véhicule émet moins de CO2 en moyenne. C'est le cas pour les véhicules légers dont le

facteur d'émission moyen est passé de 273 à 223 g/km de 1973 à 2000. Cette évolution résulte de l'importante amélioration des technologies moteur qui consomment moins de carburant et de l'accroissement des masse, puissance et éléments de confort des véhicules qui jouent en sens contraire. Les consommations et émissions unitaires moyennes ont en revanche augmenté pour les 2-roues motorisés, passant de 83 à 99 g/km en 27 ans en raison de l'extension des motos puissantes qui remplacent en grande partie les cyclomoteurs. De même, les émissions des poids lourds augmentent, passant de 935 à 1002 g/km de 1973 à 2000, cette croissance devant se poursuivre à un rythme plus modéré dans l'avenir.

La situation est plus favorable pour les NOx, dont le facteur d'émission moyen des véhicules légers (essence et diesel confondus) a été divisé par plus de deux depuis les années 1970 et devrait l'être encore par un facteur proche de quatre d'ici 2020. Pour les poids lourds, bus et cars, le facteur d'émission n'a diminué que d'un tiers et devrait être encore divisé d'un facteur proche de trois dans les 20 prochaines années. Les 2-roues motorisés voient en revanche leur facteur d'émission augmenter : il a plus que doublé depuis 30 ans mais reste encore neuf fois inférieur à celui des voitures ; à l'horizon 2020 il devrait cependant leur être à peine inférieur.

Les polluants préoccupants

L'évolution des émissions du trafic routier révèle que les émissions de CO2 constituent le principal défi des transports en termes de pollution de l'air. D'autant que les travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat confirment année après année la réalité de l'effet de serre, les modifications prévues du climat s'aggravant même au fil des évaluations.

Le second point noir concerne les émissions de NOx et de PM. Pour ces deux polluants, la qualité de l'air et les émissions s'améliorent lentement, alors que leurs effets sur la santé mobilisent de plus en plus la communauté médicale. Cette situation est très préoccupante pour le **smog*** **photochimique*** qui diminue moins que ses précurseurs. Pour les PM, on peut espérer que la régression des émissions puis leur quasi-disparition grâce au filtre catalytique réduiront à terme les effets sanitaires. Toutefois, dans les deux cas, les incertitudes invitent à la prudence et donc à traiter sérieusement ces polluants.

Enjeux technologiques

Le principal enjeu concerne la réduction des émissions unitaires de CO2 des véhicules légers, des motos et des poids lourds, et la poursuite de la réduction des NOx et des PM émises par les diesel légers et lourds, sans pour autant augmenter les émissions des autres polluants.

Les constructeurs européens d'automobiles se sont engagés à diminuer les consommations et les émissions unitaires moyennes de CO_2 des voitures particulières neuves de 21 % entre 1995 et 2008 (accord ACEA), essence et diesel confondus. Mais cet accord ne tient pas compte de la climatisation automobile. Outre ses effets négatifs sur les émissions de CO_2 et des autres gaz d'échappement, la climatisation souffre de fuites de fluides frigorigènes qui sont de puissants gaz à effet de serre. Elle pourrait ruiner dix ans d'effort sur la réduction des consommations de carburant d'une part, et fortement modérer les évolutions positives ou très positives attendues pour les autres polluants. En prenant en compte les fuites de fluides frigorigène, l'Agence française de l'environnement estime que l'accord ACEA n'engendrera pas comme prévu une diminution de 2 % des émissions de gaz à effet de serre des voitures particulières, mais une augmentation de 8 % de 1995 à 2020 (Ademe, 1999). Les améliorations technologiques se doivent donc d'être majeures pour que cette demande de confort ne se traduise pas par une forte pollution locale de l'air et par une augmentation significative de l'effet de serre. Pour stimuler ces améliorations, sans doute serait-il efficace d'intégrer la climatisation aux normes d'émission et de consommation de carburant, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui en Europe.

Encadré 2 : les technologiques en cours ou à venir

Plusieurs technologies sont ou seront en mesure de diminuer les émissions polluantes.

La substitution de carburants. La diésélisation de la gamme entraînerait une diminution probable du CO2 de 10 à 20 %. L'utilisation de **gaz de pétrole liquéfié*** (GPL) ou de gaz naturel permettrait une réduction en CO_2 de 10 à 25 %.

L'injection directe essence. Cette technique vise à améliorer le rendement du moteur en injectant le carburant directement dans la chambre de combustion et non plus dans la tubulure d'admission du moteur essence ou dans la préchambre pour les diesel. Utilisée très largement

pour les diesel, cette technologie semble prometteuse pour les moteurs essence bien que les premières mises sur le marché ne montrent qu'un gain modeste en consommation. A terme, on en attend un gain de 10 à 15 %.

La turbo-suralimentation pour les véhicules essence et diesel. La suralimentation par turbo-compression consiste à comprimer l'air de combustion. Cela permet d'injecter un volume supérieur de carburant à volume de cylindre égal et donc d'augmenter la puissance du véhicule. Les développements futurs visent à utiliser la turbo-suralimentation pour diminuer la cylindrée sans augmentation de puissance. En conditions urbaines la consommation étant pratiquement proportionnelle à la cylindrée, cela permet de diminuer la consommation. Le turbo-compresseur peut être entraîné soit mécaniquement par le moteur, soit le plus souvent par les gaz d'échappement.

La voiture électrique. Les moteurs électriques ont un rendement énergétique deux fois supérieur par rapport aux moteur thermiques (essence et diesel) : 90% contre 35 à 40%. En outre, le rendement des moteurs thermiques dépend des conditions de conduire : les fortes accélérations et décélérations et le démarrage à froid affectent négativement ses performances, ce qui n'est pas le cas des moteur électriques. Deux voies principales sont actuellement en cours pour introduire la voiture électrique : les véhicules hybrides et les voitures électriques avec piles à combustible.

L'introduction de véhicules hybrides qui associent un moteur essence et un moteur électrique vise à compenser les défauts du moteur thermique. Le but est de stocker dans les batteries du moteur électrique l'énergie des freinages qui dans un moteur thermique est perdue. Il est aussi possible de charger les batteries en faisant tourner le moteur thermique à la vitesse qui garantit son meilleur rendement, ce qui est rarement le cas dans la circulation en ville. Gain de 30 % en ville, mais nul sur autoroute.

Les piles à combustible constituent une piste pour une voiture entièrement électrique. Un pile électrique convertit l'énergie chimique de l'hydrogène et de l'oxygène directement en électricité. Le processus impliqué est similaire à celui qui a lieu dans une batterie. Le bilan « du puits à la roue » des voitures propulsé par pile à combustible fait apparaître aujourd'hui un gain proche de 30 %, mais qui pourrait être annulé en une dizaine d'années par les progrès des technologies classiques.

Les filtres pour les véhicules diesel. Les diesel émettent classiquement 30 fois plus de particules que les véhicules à essence. La solution consiste à retenir les particules en sortie d'échappement à l'aide d'un filtre. Toutefois, les particules colmatent progressivement le filtre. Il est donc indispensable de le régénérer périodiquement en faisant brûler les particules. Ce problème crucial de la régénération semble enfin réglé de manière fiable (Barbusse & Plassat, 2002). Une grande partie des bus et poids lourds en circulation peuvent ainsi être équipés de filtres dont l'efficacité est supérieure à 90 % et la tenue garantie dans le temps. Les réductions d'émissions touchent l'ensemble des particules, notamment les plus fines qui sont les plus dangereuses pour la santé (voir l'article de LaRevueDurable, page 18), avec une efficacité allant jusqu'à 99,9 %. Bien entendu les filtres peuvent équiper les véhicules neufs en sortie d'usine.

Pour les voitures particulières, seul l'équipement d'origine est possible actuellement. Un seul système est commercialisé, celui de Peugeot-Citroën qui équipe progressivement les véhicules du groupe. On peut penser que les autres marques vont suivre. Il exige une injection directe avec une « rampe commune » et l'utilisation d'un additif à base de cérium. Le filtre est régénéré automatiquement environ tous les 700 km par la mise en œuvre d'une cascade de technologies qui permettent d'augmenter la température des gaz d'échappement pour atteindre les 550°C nécessaires à la combustion spontanée des particules filtrées. Un nombre significatif d'études indépendantes évalue son efficacitéplus de 99 % pour les particules, quelle que soit leur taille. Lors de la courte régénération du filtre, les émissions augmentent de 10 à 100 % pour les gaz et d'un facteur 30 pour les particules. Le bilan est donc très positif pour les émissions à l'échappement, ainsi que pour le cérium qui est entièrement récupéré sur le filtre. Les diesels équipés devraient donc émettre moins de particules que les véhicules essence.

Perspectives

Les évolutions passées des trafics de personnes et de marchandises et des technologies véhicule ont très fortement amélioré la situation du CO et des HC comme polluants des transports routiers. Les évolutions actuelles et prévues à court terme devraient de même faire diminuer drastiquement les émissions et donc les teneurs en NOx et en PM. La situation

actuelle est toutefois encore loin de celle qui prévalait au début du XXe siècle. Les gaz à effet de serre, en tout premier lieu le CO2 devraient rester un enjeu majeur, de plus en plus préoccupant, car les améliorations technologiques ne compensent pas la demande croissante de confort, fortement consommatrice d'énergie, combinée à la croissance des trafics. L'OCDE révèle que même l'introduction accélérée des véhicules hybrides et des piles à combustible ne devrait pas suffire pour aller vers des transports écologiquement viables (Wiederkehr, 2000).

Seuls 40 % de l'effort nécessaire devrait porter sur la technologie, les 60 % restants devant se concentrer sur la gestion de la demande de transport et l'adoption de modes de transports plus durables. Cela implique d'importants transferts modaux vers des modes moins polluants comme la marche, le vélo et les transports en commun terrestres et, surtout, une maîtrise de la demande de mobilité des personnes et des biens. Certains spécialistes considèrent même que la demande de transport n'existe pas en elle-même, qu'elle découle des infrastructures. En d'autres termes, c'est le trafic qui s'adapte à l'offre en infrastructures. Au moins à moyen terme, l'effort devrait donc porter sur la maîtrise des infrastructures. Toutes ces orientations ne peuvent se réaliser sans une forte volonté politique.

De nombreuses incertitudes demeurent néanmoins, dues à des manques de connaissances en sciences de l'environnement – impact réel de la climatisation automobile, smog photochimique, effet des PM sur la santé – et en économie des transports : acceptabilité des différentes mesures de maîtrise des trafics, coûts, effets secondaires. Il reste néanmoins quelques axes forts, indubitables.

Bibliographie

Ademe (1999) : Impact comparé de la mise en place de l'accord ACEA et de pénétration de la climatisation automobile. Note Ademe, Paris, 27 mai 1999, 11 p.

Barbusse S, D. Clodic & J.P. Roumégoux (1998) : Climatisation automobile, énergie et environnement. Rech. Transp. Sécurité, n°60, p. 3-18.

Barbusse S. & G. Plassat (2002) : Les particules de combustion automobile et leurs dispositifs d'élimination. Rapport Ademe, Paris, 42 p.

Hickman J., D. Hassel, R. Joumard, Z. Samaras & S. Sorenson (1999): MEET - Methodology for calculating transport emissions and energy consumption. European Commission, DG VII, ISBN 92-828-6785-4, Luxembourg, 362 p.

Lacour S. & R. Joumard (2002) : parc, usage et émissions des véhicules routiers en France de 1970 à 2020. Rapport INRETS, Bron, France, n°LTE 0208, 89 p.

OFEFP (1995) : Émissions polluantes dues à l'activité humaine en Suisse de 1900 à 2010. Cahier de l'Environnement, n°256, 122 p.

Wiederkehr P. (1999): Environmentally sustainable transport: report on phase II of the OECD EST project. OECD report, ENV/EPOC/PPC/T(97)1/final, Paris, 100 p.