



HAL
open science

Les enjeux de la pollution de l'air des transports

Robert Joumard

► **To cite this version:**

Robert Joumard. Les enjeux de la pollution de l'air des transports. Transports et pollution de l'air, Jun 2003, Avignon, France. pp.233-240. hal-00917037

HAL Id: hal-00917037

<https://hal.science/hal-00917037v1>

Submitted on 11 Dec 2013

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.

Les enjeux de la pollution de l'air des transports

Robert Joumard

INRETS, case 24, 69765 Bron cedex, France. joumard@inrets.fr

Résumé

Au vu notamment de l'évolution de la qualité de l'air telle que mesurée en France et dans l'Union Européenne au cours des dix dernières années, de l'évolution des émissions de polluants atmosphériques des transports routiers en France, telle que calculée sur la période 1970-2020, et de l'évolution de la perception sociale du thème de la pollution de l'air, on évalue quels polluants sont les plus problématiques aujourd'hui et demain. Il s'agit en tout premier lieu du gaz carbonique et secondairement des oxydes d'azote et particules fines. On évalue ensuite les enjeux en termes de développement technologique et de gestion de la demande et de l'offre de transport. Ces enjeux sociétaux permettent de proposer des axes de recherche dans le champ de la pollution de l'air.

Mots-clefs : pollution de l'air, transports, émissions, qualité de l'air, enjeux, technologie.

Abstract

The stakes of air pollution in the transport sector.

According to the evolution of the air quality, as measured in France and in the European Union during the 90's, to the evolution of the pollutant emissions of the road transport in France, as calculated on the period 1970-2020, and to the evolution of the public concern regarding air pollution and environment, the main pollutants are listed for today and tomorrow. They are first the carbon dioxide, and then the nitrogen oxides and fine particulates. The stakes in terms of technology and transport demand/offer policy are assessed. These society stakes allow us to propose some research axes in the field of air pollution, which answer the present stakes and not the former ones.

Keys-words: air pollution, transport, emissions, air quality, stake, technology.

Introduction

Une spécificité de la recherche en pollution de l'air et plus généralement en environnement est que les thèmes traités dépendent fortement de la demande sociale. Il en a été ainsi pour la recherche sur les pluies acides puis sur l'effet de serre, ou sur la visibilité au dessus des agglomérations en Amérique du Nord. Aussi les axes proposés par les chercheurs ne peuvent-ils être déduits du seul questionnement scientifique (comprendre ce qu'on ne comprend pas), mais doivent tenir compte des enjeux publics du domaine. Dans celui de la pollution de l'air des transports, l'évolution de la qualité de l'air comme celle des émissions, qui a l'avantage de pouvoir être extrapolée de manière assez fiable à un horizon d'une vingtaine d'années, sont riches d'enseignements. Nous allons, essentiellement à partir du cas français, guère différent de celui de l'Union Européenne, tenter de pointer les enjeux actuels et futurs de la pollution de l'air, et par conséquent les thèmes de recherche prioritaires.

1 - Évolution de la qualité de l'air et des émissions routières

Qualité de l'air

Nous disposons maintenant d'une suite assez longue de mesures de la qualité de l'air dans des conditions comparables pour pouvoir apprécier de manière assez précise son évolution : plus de quatre décennies pour le dioxyde de soufre SO₂ et les fumées noires, une quinzaine d'années pour la

plupart des polluants, mais un peu moins pour l'ozone O₃ (Airparif, 1999, Fangeat et coll., 2003).

Ainsi dans la région parisienne le SO₂ a vu ses concentrations baisser d'un facteur proche de vingt depuis les années 50. Les teneurs en monoxyde de carbone CO et hydrocarbures totaux HC ont diminué d'un facteur proche de quatre depuis dix ans, tandis que les concentrations en fumées noires ont baissé de près de 80 % durant les années 50 à 80 avant de se stabiliser. Les teneurs en PM10 semblent avoir baissé aussi fortement. Les concentrations en dioxydes d'azote NO₂ sont restées assez stables au cours des années 90 et semblent diminuer depuis quelques années ; le phénomène semble plus marqué pour la pollution azotée urbaine de pointe. Le gaz carbonique CO₂ voit en revanche ses concentrations augmenter. Enfin les concentrations d'ozone ne connaissent pas d'évolution significative depuis dix ans ; cependant si les moyennes n'évoluent guère, la médiane des moyennes annuelles a tendance à augmenter. Cela pourrait traduire une extension géographique des épisodes de pollution photochimique dont les nuages s'étendent souvent sur des milliers de kilomètres.

On peut donc considérer que la qualité de l'air s'est globalement améliorée, mais pas systématiquement. Cette appréciation ne correspond toutefois pas à la perception du public, qui considère en majorité, tout au moins en France, que la qualité de l'air n'a jamais été aussi mauvaise et problématique. L'environnement est en effet essentiellement une construction personnelle, basée sur la perception personnelle de ses enjeux, au travers de notre perception par nos sens (la vue, l'odorat) à laquelle viennent s'ajouter des éléments intellectuels issus des informations techniques ou scientifiques que nous recevons par le biais du système éducatif et des médias (van Staëvel, 2000).

Cette construction personnelle est ensuite structurée par la vision du long terme. Ainsi pour 65 % des Français au XXI^e siècle le progrès technique sera mis au service d'un développement durable (Maresca & Hebel, 1999) qui consiste à transmettre aux générations futures un environnement viable et une nature qui ne soit pas un désert. La population étant beaucoup plus consciente aujourd'hui qu'hier des enjeux environnementaux et des risques de la pollution, la pollution de l'air considérée comme une préoccupation environnementale s'est donc détériorée, malgré une relative baisse des concentrations.

Émissions

Si les transports jouent un rôle mineur dans les émissions de SO₂, leur contribution est proche du tiers pour le gaz carbonique et proche des deux tiers pour CO, NO_x et les précurseurs de la pollution photochimique, avec de fortes disparités régionales. Or globalement, le transport connaît une forte croissance (European Communities, 2002) : dans l'Union européenne, tous modes confondus, les transports de passagers – exprimés en passager-kilomètre – ont crû respectivement de 3,2 puis 1,8 % par an durant les années 70-80 puis 90, avec des chiffres très proches pour le seul transport routier. Et avec une progression de 6 % par an depuis 1970, l'augmentation du transport aérien est encore plus forte. Cela correspond au cours des années 90 à un doublement du trafic tous les 42 ans pour le transport routier et tous les 12 ans pour l'aérien.

Parallèlement, tous modes confondus, les transports de marchandises – exprimés en tonne-kilomètre – ont crû de 2,8 % par an au cours des trois dernières décennies du siècle, et de 3,5 % pour le seul transport routier, ce qui correspond respectivement à un doublement du trafic tous les 27 et 20 ans.

Évolution positive mais contrastée de la qualité de l'air, forte croissance simultanée des trafics et des préoccupations environnementales : il est utile de s'intéresser de près à l'évolution des émissions de polluants pour évaluer les conséquences de l'augmentation du trafic et des améliorations technologiques sur la qualité de l'air. Cette évaluation a été réalisée pour le cas français grâce au modèle européen d'inventaire Copert 3 (Hickman et coll., 1999). Ce modèle utilise des facteurs d'émissions issus de mesures jusqu'aux véhicules respectant 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. Les technologies innovantes comme les filtres à particules, hybrides ou piles à combustibles n'ont pas été spécifiquement prises en compte, ni les auxiliaires comme la climatisation. Les projections du trafic routier à l'horizon 2020 sont issues du

scénario médian (B) du ministère français des transports (SES, 1998).

Les résultats (Lacour et Joumard, 2002 - cf. figure 1) montrent qu'après une quasi stagnation au cours des années 70 et 80, 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.

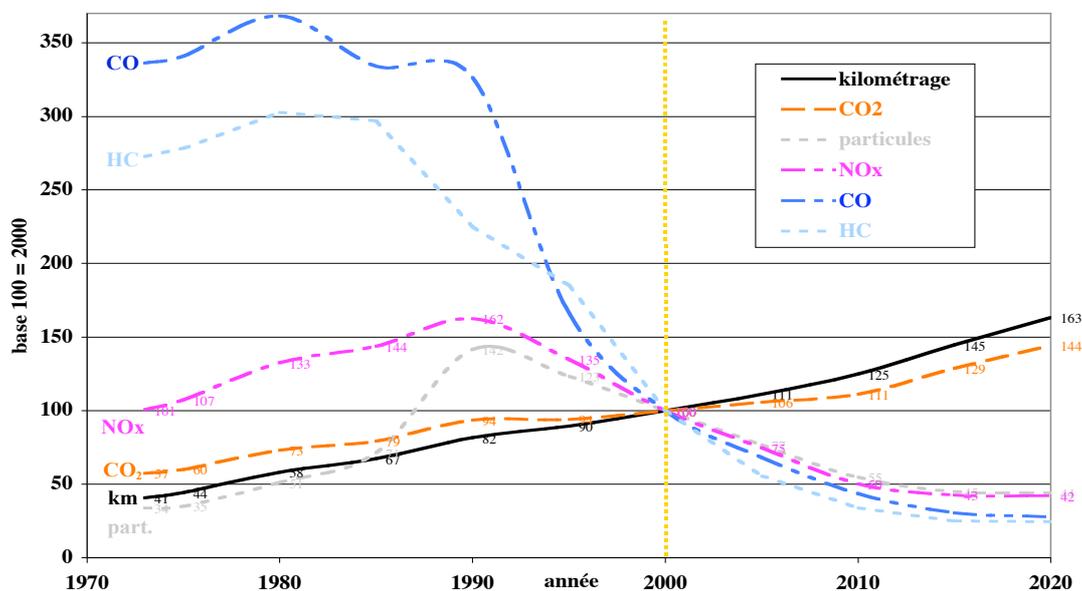


Figure 1 : Évolution relative par rapport à 2000 des émissions massiques de l'ensemble du trafic routier français de 1973 à 2020. Base 100 = année 2000.

Figure 1: Relative evolution according to 2000 figures of the emissions of the French road traffic from 1973 to 2020. Base 100 = year 2000.

Les NOx et les particules poursuivent une évolution quelque peu différente : ils augmentent jusqu'au milieu des années 1990 (les particules sont multipliées par quatre en vingt ans), puis ils diminuent de près d'un tiers, 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 particules, en raison de l'introduction progressive des filtres à l'efficacité très élevée, dont on n'a pas tenu compte. Pour ces deux polluants, les émissions des 2-roues sont tout à fait négligeables, et les poids lourds émettent respectivement 37 et 22 % du total en 2000.

La situation est en revanche particulièrement préoccupante pour le CO₂, principal gaz à effet de serre. 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 CO₂ supplémentaire, et jusqu'à deux fois plus d'émissions des autres polluants (Barbusse et coll., 1998 ; Ademe, 1999).

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 : l'Office suisse de l'environnement (OFEFP, 1995) a montré que les émissions sont aujourd'hui près de cinq fois supérieures pour le CO et les HC, et respectivement dix et douze fois supérieures pour le CO₂ et les NOx que durant la première moitié du XXe siècle, ces facteurs

atteignant respectivement 50, 10 et 20 par rapport à 1900.

2 - Enjeux technologiques

Émissions unitaires

L'émission de CO₂ croissant légèrement moins que le trafic, cela signifie que les émissions unitaires diminuent en moyenne. On voit Figure 2 que c'est le cas pour les véhicules légers dont le facteur d'émission agrégé est passé de 273 g/km en 1973 à 215 en 2000 : cette évolution est la combinaison de l'amélioration bien plus significative de la technologie moteur et de l'accroissement parallèle des masse, puissance et éléments de confort des véhicules qui jouent en sens contraire. Les émissions et consommations unitaires moyennes ont en revanche augmenté pour les 2-roues motorisés, passant de 83 à 99 g/km en 27 ans grâce à l'extension des motos puissantes qui remplacent de fait partiellement 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.

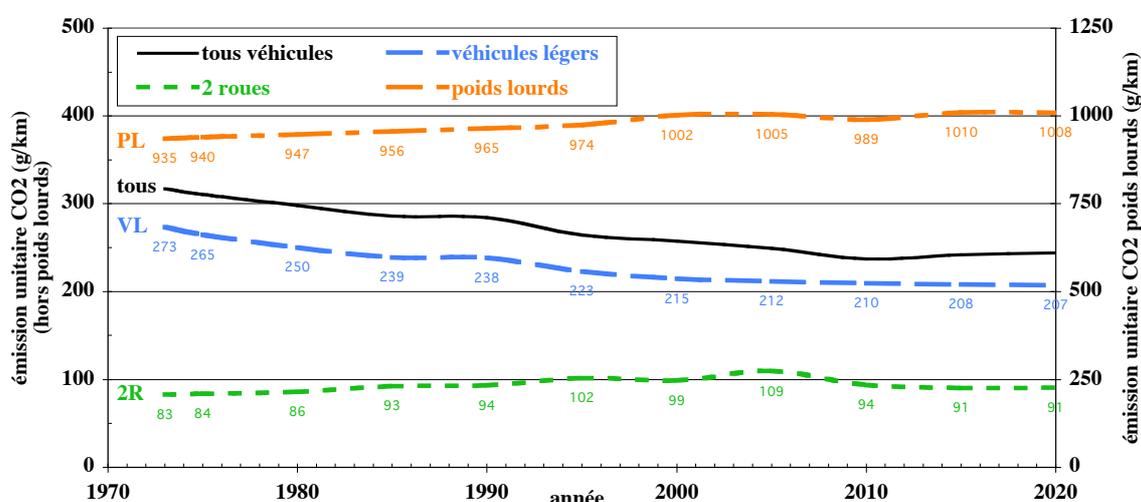


Figure 2 : Évolution des facteurs d'émission moyens de CO₂ par type de véhicule routier.

Figure 2: Evolution of the average CO₂ emission factors per vehicle type.

La situation est plus favorable pour les NO_x, 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.

Technologies

Le principal enjeu concerne la réduction des émissions unitaires de gaz carbonique des véhicules légers, des motos et des poids lourds, et la poursuite de la réduction des oxydes d'azote et des particules fines émises par les diesel légers et lourds, sans pour autant augmenter les émissions des autres polluants. Ces réductions sont à considérer sur l'ensemble du cycle de vie des véhicules, et même des infrastructures, à tout le moins en intégrant la chaîne de production énergétique et les usages réels des véhicules.

Les constructeurs européens d'automobiles se sont engagés à diminuer les consommations et les émissions unitaires moyennes de CO₂ 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 CO₂ 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'Ademe 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 pollution locale 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.

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 CO₂ de 10 à 25 % vis à vis de l'essence mais serait légèrement pénalisante par rapport au gazole (IEA, 1999).

Le filtre pour les véhicules diesel retient les particules en sortie d'échappement, mais se colmate progressivement. Il est donc indispensable de le régénérer périodiquement, ce qui semble enfin réglé de manière fiable (Barbusse & Plassat, 2002). Une grande partie des bus et poids lourds en circulation ainsi que les véhicules neufs peuvent ainsi être équipés de filtres dont la tenue est garantie dans le temps. Selon un nombre significatif d'études indépendantes, les réductions d'émissions touchent l'ensemble des particules, notamment les plus fines qui sont les plus dangereuses pour la santé, avec une efficacité allant de 90 à 99,9 %. Pour les voitures particulières, le seul système commercialisé aujourd'hui équipe progressivement les véhicules neufs du groupe Peugeot-Citroën. Il exige une injection directe avec une rampe commune et l'utilisation d'un additif à base de cérium. Lors de la courte régénération du filtre tous les 700 km environ, 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 autres marques vont suivre : Ford et Renault l'annoncent pour 2003, le filtre de ce dernier n'utilisant pas d'additif mais un catalyseur, avec une efficacité équivalente. Les diesels équipés devraient donc émettre moins de particules que les véhicules essence.

L'injection directe essence 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 et une augmentation des émissions de particules. A terme, on en attend un gain en consommation de 10 à 15 %.

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 pour les véhicules essence 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.

La voiture électrique. Les moteurs électriques ont un rendement énergétique deux fois supérieur par rapport aux moteurs thermiques : de l'ordre de 90% contre 35 à 40%. En outre, le rendement des moteurs thermiques dépend des conditions de conduite, ce qui n'est pas le cas des moteurs électriques. Deux voies principales sont actuellement en cours pour introduire la voiture électrique : les véhicules hybrides et les piles à combustible (Yonnet & Badin, 2002).

L'introduction de *véhicules hybrides* qui associent une chaîne de transmission essence et une chaîne de transmission électrique vise à compenser les défauts du moteur thermique. Le but est de stocker dans les batteries de la chaîne électrique l'énergie des freinages qui dans un moteur classique 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 (Jeanneret et coll., 1999).

Les *piles à combustible* constituent une piste pour une voiture entièrement électrique. Elle convertit l'énergie chimique de l'hydrogène et de l'oxygène directement en électricité. Lorsque le véhicule consomme de l'hydrogène, les émissions locales sont nulles ; mais seul est significatif un bilan prenant en compte la filière de production de l'hydrogène, qui y joue un rôle majeur. Ce bilan du puits à la roue des voitures propulsées par pile à combustible fait apparaître aujourd'hui un gain proche de 30 % (si l'on considère de l'hydrogène comprimé obtenu à partir de gaz naturel en Union européenne), mais qui pourrait être annulé en une dizaine d'années par les progrès des technologies classiques (Antoine et coll., 2003).

3 - Enjeux de mobilité

Les gaz à effet de serre devraient rester un enjeu majeur, et même 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 estime que même l'introduction accélérée des véhicules hybrides et des piles à combustible ne devrait pas suffire pour aller vers des transports écologiquement viables à l'horizon 2050 (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 considèrent que la demande de transport n'existe pas en elle-même et qu'elle découle des infrastructures ; en d'autres termes, c'est le trafic qui s'adapterait 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.

Aussi la place de l'environnement et des problématiques de la pollution atmosphérique dans le processus de décision s'est-elle modifiée. La première prise en compte de l'environnement s'est faite au travers des études d'impact (EIA) qui avaient pour objectif d'évaluer l'impact sur l'environnement d'un projet, pour éventuellement introduire des mesures correctives, mais sans en remettre en cause la décision de principe. Les études environnementales stratégiques (SEA) interviennent maintenant dès la conception du projet et avant que la décision de principe ne soit prise. L'environnement acquiert ainsi un rôle stratégique car c'est un des éléments de la décision au même titre que les aspects techniques ou économiques. Dans la mesure où les aspects environnementaux et économiques (mais aussi sociaux) sont également pris en compte lors de la prise de décision, on peut alors réellement parler d'une approche intégrant le concept de développement durable. C'est aujourd'hui plus un objectif qu'une réalité car si les aspects environnementaux sont toujours pris en considération, les impacts à long terme ne sont guère qu'évoqués et la décision est le plus souvent prise en considérant prioritairement les arguments économiques.

4 - Enjeux de recherche

Au delà de la recherche fondamentale dont la nécessité demeure mais qui participe peu à la recherche en pollution de l'air dans le domaine des transports, l'essentiel de la recherche du domaine est finalisée, c'est à dire vise explicitement à contribuer à diminuer les impacts des transports par le biais de gaz ou particules atmosphériques. Cela demande de comprendre les mécanismes psychosociologiques qui sont à la base de la perception des nuisances, les mécanismes physiques, chimiques ou biologiques des impacts de la pollution sur différents milieux dont l'homme, ceux des émissions (de l'énergétique à l'économie des transports), et enfin les mécanismes politiques de la

décision. Les problématiques de cette recherche sont donc directement liées à la nature des impacts et à l'importance des enjeux.

La problématique de la pollution de l'air des transports n'est plus celle des années 70 ou des années 90 et le sera encore moins dans dix ou vingt ans, lorsque les résultats des recherches initiées aujourd'hui auront été appliqués. Nous devrions donc privilégier les polluants, les impacts et la mise au point des outils qui sont au coeur des enjeux majeurs et laisser progressivement de côté les autres thèmes, même si les incertitudes invitent à la prudence en menant une veille très active.

En termes de polluants, les gaz à effet de serre et notamment le gaz carbonique et donc la consommation d'énergie fossile devraient être prioritaires ; en second lieu les NOx et les précurseurs du smog photochimique car son évolution n'est guère positive ; en troisième lieu les particules fines en attendant la confirmation de la quasi disparition des émissions des diesels.

En termes d'impacts, l'effet de serre est sans conteste l'enjeu majeur. Il convient donc d'affiner nos connaissances, notamment quant à une prise en compte d'un nombre élargi de polluants dont l'effet peut varier selon leur lieu d'émission. Le second impact, en terme d'importance, est sans doute la pollution sensible (odeurs, fumées, salissures) qui fait l'objet de fort peu de recherches bien que toutes les enquêtes montrent que c'est une nuisance essentielle pour la population ; la décroissance des émissions de fumées vient cependant pondérer ce propos. Ensuite, on peut citer la pollution photochimique qui diminue moins que ses précurseurs, ce qui est quelque peu étonnant, puis les impacts sur la faune et la flore. Enfin le problème des synergies entre impacts n'est encore guère abordé, entre différents aspects de la pollution de l'air ou différents impacts sur l'environnement.

En termes d'outils, on peut distinguer les outils d'émissions et les outils d'aide à la décision. Pour les émissions, les aspects macroscopiques devraient être prioritaires en suivant une approche de type cycle de vie du service transport. Celle-ci doit intégrer les émissions issues de la production, de l'usage et de la destruction des infrastructures, des énergies et des véhicules. Les aspects socio-économiques sont essentiels car, à côté de la quasi stabilité des consommations unitaires, la croissance des trafics et sa relation avec la croissance économique posent problème.

Pour les outils d'aide à la décision, on ne peut se contenter d'une approche analytique, chère au monde scientifique, mais qui ne permet pas de répondre clairement et simplement, c'est à dire de manière agrégée, aux questions simples que se posent les décideurs comme les citoyens. Il est en particulier urgent d'agréger les différents impacts formant la pollution de l'air, de la pollution sensible à l'effet de serre en passant par le smog photochimique, et même souvent d'avoir une approche systémique de l'environnement, pour laquelle le concept de développement durable semble prometteur. Cette approche serait favorisée par une culture commune des chercheurs vis à vis de l'ensemble des aspects de la pollution de l'air des transports voire de l'environnement et des transports.

Conclusion

Les incertitudes quant aux évolutions des concentrations des différents polluants sont encore importantes car l'historique est encore limité, et même très limité pour les très nombreux polluants qui ne sont pas réglementés. Certains pourraient même se révéler bientôt, comme le gaz carbonique s'est transformé en quelques années de gaz inerte en polluant majeur. Les incertitudes sont au moins aussi grandes pour les inventaires d'émissions, pour les polluants non réglementés mais aussi parce que l'on a pu négliger une source importante d'émission, comme cela semble être le cas aujourd'hui pour la climatisation automobile.

Il convient donc d'être prudent quant aux conclusions et aux axes de recherche. En particulier il serait sûrement peu sage d'abandonner des thèmes de recherche qui pourraient s'avérer importants dans quelques années, contrairement à l'impression actuelle. Il reste cependant quelques axes forts, indubitables, qui tournent autour de la problématique de l'effet de serre, que l'on commence à comprendre mais que l'on ne sait régler. Au delà, les approches systémiques de la pollution de l'air et du couple environnement-transport semblent intéressantes. Elles devraient mieux répondre à la

problématique du développement durable que les approches actuelles essentiellement analytiques.

Cette analyse est basée sur les réalités ouest-européennes, qui peuvent être fort différentes en Europe de l'est et dans les pays émergents ou en développement. On ne peut donc en extrapoler les conclusions sans analyse.

Remerciements

Les auteurs remercient tout particulièrement le Ministère de l'environnement et du développement durable et l'Ademe pour leur soutien financier à une partie de cette recherche.

Références

- 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.
- Airparif (1999) : Les tendances de la pollution de l'air en Île-de-France. Airparif actualité, juin, Paris, 6p.
- Antoine L., E. Martorana & F. Badin (2003) : Hydrogène : du puits à la roue. Rapport Inrets, Bron, France, n°LTE 03nn, 220 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.
- European Communities (2002): EU energy and transport in figures, statistical pocketbook 2002. EC, Luxembourg, 207 p.
- Fangeat E., J. Colosio & R. Stroebel (2003) : Évolution de la qualité de l'air. Poll. Atmos., à paraître.
- 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.
- <http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/> ou www.inrets.fr/infos/cost319/index.html
- IEA (1999): Automotive fuels for the future. Int. Energy Ag. report, Paris, 92 p.
- Jeanneret B., F. Harel, F. Badin, R. Trigui, F. Damemme & J. Lavy (1999) : Évaluation des performances du véhicule Toyota Prius. 4^e conf. C-VELEC, Grenoble, 3-4 nov. 1999, INPG, Grenoble, France, p. 168-178.
- 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.
- Maresca B. & P. Hebel (1999) : L'environnement, ce qu'en disent les Français. Doc. Française, Paris, 218 p.
- OFEFP (1995) : Émissions polluantes dues à l'activité humaine en Suisse de 1900 à 2010. Cahier de l'Environnement, n°256, 122 p.
- SES (1998) : Les données détaillées du SES - le marché des véhicules. Ministère des transports, DAEI-SES, Paris, 1998.
- van Staëvel E. (2000) : Cultures environnementales contemporaines et pollution. Rencontres européennes pour une histoire de l'environnement, Clermond-Ferrand, France, 4-6 mai 2000.
- 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.
- Yonnet JP. & F. Badin (éd.) (2002) : Véhicules électriques et hybrides, enjeux technologiques et perspectives. 5^e colloque C-VELEC, Grenoble, 25-26 juin 2002, actes Inrets, n°84, Bron, France, 200p.