

Les Cahiers Scientifiques du Transport
pp. 155-182 N^{os} 17-18/1988
Y. GEORGIADES, *L'automobile facteur
de dégradation de l'environnement*

L'automobile facteur de dégradation de l'environnement

Y. GEORGIADES
Docteur en économie des transports

Nota bene :

Les délais entre la remise d'un article et sa parution peuvent lui faire perdre de son actualité. Tel est le cas de cette communication ; un article à paraître dans le prochain numéro des Cahiers reprendra ce thème à la lumière de la nouvelle législation européenne concernant les émissions de polluants automobiles.

L'AUTOMOBILE FACTEUR DE DEGRADATION

DE L'ENVIRONNEMENT *

Y. GEORGIADES

INTRODUCTION

L'automobile est à l'origine de nombreuses nuisances ; émissions de polluants, bruit, poussières, odeurs, nuisances par les fumées. Parmi ces nuisances nous traiterons principalement les rejets de polluants et les émissions sonores.

La hausse rapide du nombre de véhicules (le parc de voitures particulières a crû d'environ 75 % entre 1970 et 1986) et l'accroissement de la circulation routière ont contribué à l'augmentation des émissions totales de polluants automobiles dans la période 1970 - 1984.

De nos jours encore, le bruit constitue la nuisance la plus ressentie par les Français. Alors qu'en 1983, 15 % de la population occupaient un logement exposé à un niveau sonore extérieur "inacceptable", près de 50 % des Français ne disposaient pas d'un niveau satisfaisant de "confort acoustique". D'après l'OCDE, le niveau "inacceptable" correspond à 65 dB (A) en façade des habitations exprimé en Leq 8 h - 20 h, niveau de bruit équivalent considéré dans de nombreux pays comme un objectif de qualité à long terme pour la protection de l'environnement.

L'automobile participe, par ses émissions de polluants et de bruit, à la dégradation de l'état de l'environnement, et conditionne la vie des gens, particulièrement en milieu urbain et plus spécifiquement aux abords des axes routiers.

La dégradation progressive de la situation a aussitôt suscité la réaction des milieux scientifiques, des pouvoirs publics, des grandes institutions internationales et de l'opinion publique. Depuis le début des années 70, de nombreux travaux de recherche ont été entrepris et des actions engagées, afin de faire face aux problèmes posés. Ce sont les résultats et les enseignements de ces travaux qui nous servent de base pour cette présentation.

Globalement on peut dire que des populations toujours plus mobiles, toujours plus motorisées, et toujours plus concentrées, sont également devenues des populations constamment exposées au bruit et continuellement soumises à la pollution automobile et autre.

* Cet article reprend des larges extraits du travail présenté pour le doctorat en Economie des Transports (réf.1).

1 - SOURCE, NATURE ET EVOLUTION DES NUISANCES AUTOMOBILES

Le fonctionnement et l'usage des véhicules sont à l'origine des bruits et des polluants émis. Des facteurs externes à l'automobile contribuent également et peuvent favoriser l'aggravation ou l'amélioration du degré des émissions sonores et des émissions de polluants.

1.1. ORIGINE DES NUISANCES AUTOMOBILES

1.1.1. Les bruits produits par le véhicule

Les bruits émis par un véhicule proviennent des sources mécaniques et du contact entre pneumatiques et surface de roulement. Plus précisément les sources de bruit sont les vibrations du moteur, la boîte de vitesses, le ventilateur, les variations de pression de l'air aspiré par le moteur (admission) et des gaz d'échappement, l'ensemble de la transmission et des parois des tubulures d'échappement, les pneumatiques au contact avec la chaussée. D'autres sources de bruit peuvent occasionnellement devenir très gênantes comme les crissements de freins, les portières et autres. Différents travaux ont tenté d'évaluer la contribution de chaque source au bruit global émis par le véhicule. Les résultats de l'étude menée à l'IRT sont présentés par le tableau suivant.

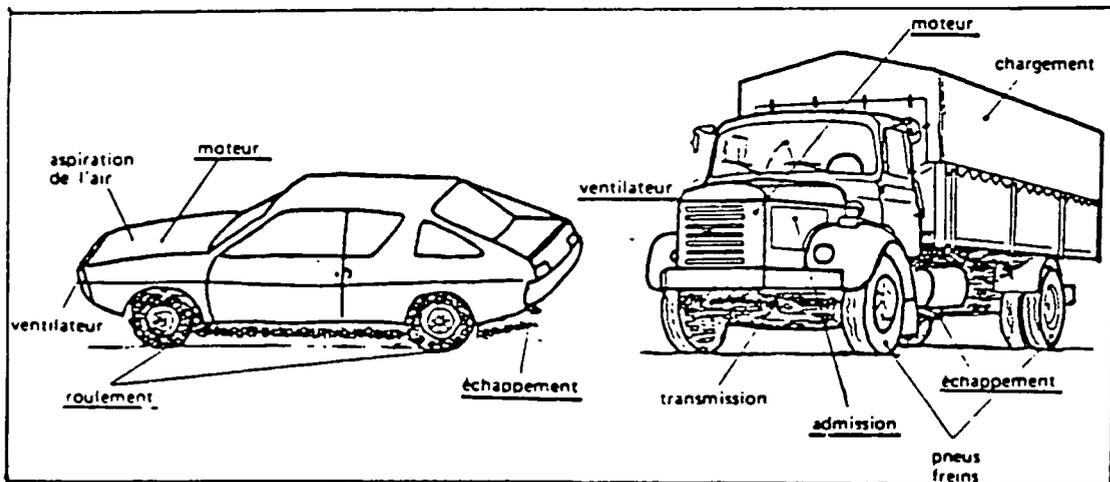
Tableau 1 : Contribution des différentes sources dans le bruit global (conditions de la norme ISO R 362, véhicules en bon état).

Source de bruit	Véhicules légers	Poids lourds	2 roues
Bouches d'admission et d'échappement	15 à 35 %	15 à 60 %	Très variable
Rayonnement du système d'échappement	15 à 30 %		Très variable
Moteur	20 à 50 %	30 à 80 %	Très variable
Boîte de vitesse transmission	5 à 30 %		Très variable
Ventilateur	-	10 à 50 %	Très variable
Contact pneumatique / chaussée	5 à 10 %	5 % environ	Très variable

Source : IRT-CERNE- Le bruit dû aux moyens de transports.

L'importance relative de ces différentes sources dépend largement du type de véhicule. La figure ci-dessous permet de localiser les sources de bruit et montre les spécificités de chaque véhicule en terme de bruit émis (le bruit dû au chargement est spécifique aux poids lourds).

Figure 1 : Sources de bruit de V.P. et P.L.



Source : IRT-CERNE - Le bruit dû aux moyens de transports.

Si on regroupe ces sources en trois catégories, le moteur, l'échappement et le roulement, il apparaît d'après le tableau 1, que le moteur et l'échappement se partagent la plus grande part des émissions sonores, alors que le reste, de l'ordre de 5 à 10 %, provient du contact pneumatiques/chaussée. Pour ce dernier, l'émission de nuisances sonores est fonction de la qualité de la chaussée et de l'état des pneumatiques utilisés. Ainsi, le bruit de roulement est d'autant plus élevé, pour une vitesse donnée, que le revêtement est rugueux. L'état du véhicule et particulièrement des dispositifs d'échappement, le mode de conduite et les conditions d'utilisation du véhicule (départ à froid ou à chaud, parcours urbain, routier ou autoroutier) sont d'autres paramètres qui pèsent sur l'émission de bruit, le niveau de bruit émis ou encore la contribution des différentes sources d'émission.

Le bruit du moteur varie avec son régime. Pour la même vitesse de rotation du moteur (tours/minute) et pour un même moteur, la différence peut atteindre 10 dB(A) entre le moteur le plus bruyant et le moteur le moins bruyant. Plus que la cylindrée, ce sont la forme de la chambre de combustion et la nature du système d'injection qui expliquent cette variation.

Le niveau de bruit augmente aussi avec la vitesse du véhicule. L'augmentation du bruit de roulement avec la vitesse (au-dessus de 70 Km/h il couvre les autres bruits pour les V.P.) et la variation du niveau du bruit avec le régime du moteur, fournissent les éléments d'explication du lien niveau de bruit - vitesse du véhicule.

L'utilisation des rapports de vitesse est aussi un facteur déterminant le bruit émis. Ainsi l'utilisation du 4ème rapport au lieu du 3ème, à vitesse égale, permet de réduire l'émission de bruit.

Un flot de véhicules produit du bruit dont le niveau dépend du nombre de véhicules qui le composent, de leurs caractéristiques (V.P., P.L., 2R) et de leur vitesse. Le tableau ci-après nous indique bien que plus il y a de véhicules, plus le bruit atteint des niveaux sonores élevés.

Tableau 2 : Niveaux sonores moyens émis par des flots de véhicules

Débits en véhicules par heure	Niveaux sonores Leq (1 heure) en dB(A) *	Débits journaliers approximatifs correspondants
6 v/h	51 dB(A)	90 v/j
60 v/h	61 dB(A)	900 v/j
100 v/h	63 dB(A)	1.500 v/j
500 v/h	70 dB(A)	7.500 v/j
1.000 v/h	73 dB(A)	15.000 v/j
2.000 v/h	76 dB(A)	30.000 v/j

* Les valeurs en dB(A) correspondent à des Leq.

Source : CETUR - Bruit des transports terrestres.

Les résultats présentés ci-avant permettent de constater qu'une rue apparemment très calme (un véhicule toutes les 10 minutes, donc 6 véhicules par heure) a un niveau de bruit de 51 dB(A). Les rues empruntées par plus de 2 000 véhicules par jour ont des niveaux sonores supérieurs à 65 dB(A), alors que les niveaux sur les autoroutes urbaines connaissant des débits journaliers de 40 000 à 200 000 véhicules/jour, atteignent 82 à 84 dB(A) en façade des immeubles riverains.

Néanmoins, le bruit émis par les véhicules se propage dans toutes les directions et son intensité décroît avec la distance. La physionomie du milieu et la structuration de l'espace peuvent influencer la propagation et modifier les sensations et les effets provoqués par le bruit. La présence de végétation, sa densité et sa position par rapport à la source d'émission peuvent contribuer à l'atténuation du niveau sonore ressenti ; il en est de même en présence d'infrastructures spécifiques comme les buttes de terre, les écrans ou autres moyens de protection contre le bruit. Ces derniers éléments, ainsi que la végétation ou les jardins, deviennent des composantes nécessaires de toute infrastructure routière et ont par conséquent une incidence non négligeable sur l'espace et sa structuration.

1.1.2. La pollution due à l'utilisation de l'automobile

L'énergie qui, sous forme de carburant, alimente les moteurs des véhicules automobiles, est un mélange de molécules d'hydrocarbures, en des structures très diverses, l'essence, le gazole, le gaz. Deux types de moteurs permettent la combustion des hydrocarbures et la transformation de la chaleur produite en travail mécanique :

- moteur à allumage commandé, fonctionnant à l'essence,
- moteur à allumage par compression, fonctionnant au gazole, dit moteur diesel.

1.1.2.1. Caractéristiques générales des polluants automobiles

Des centaines de substances chimiques composent les émissions des véhicules à moteur. Des incertitudes persistent encore quant à l'identification chimique de certaines de ces substances.

En terme de volume plus de 70 % des émissions d'un moteur à essence ordinaire sont constituées d'azote ayant franchi, sans dégradation, le stade de la combustion dans le moteur ; 13 % sont constituées de vapeur d'eau. Ces deux types d'émissions sont inoffensifs. Environ 11 % des rejets sont constitués de bioxyde de carbone généralement considéré comme non toxique pour l'homme. C'est le reste des émissions, environ 3 à 4 %, qui contient les substances virtuellement nocives. Il apparaît ainsi que la combustion des mélanges air-carburant n'est pas parfaite. Si c'était le cas, les produits des émissions seraient, après dilution dans l'atmosphère, inoffensifs pour la santé humaine.

Les principales sources d'émissions sont l'échappement, les évaporations de carburant provenant du réservoir et de la carburation, et les émanations au niveau des carters. Les dernières représentaient environ 13 % du total des émissions d'un véhicule fabriqué en 1975. Elles ont été limitées et ensuite supprimées par recirculation en conformité aux prescriptions réglementaires. Les véhicules fabriqués plus récemment ont comme principale source d'émissions l'échappement, qui représenterait, d'après divers spécialistes, environ 70 à 80 % des émissions totales ; le reste provenant du carburant et du réservoir.

Les conditions d'utilisation des véhicules (température du moteur au départ, conditions de circulation avec ralentissements, à-coups d'accélération et arrêts fréquents, vitesse pratiquée) et les caractéristiques même des moteurs (vitesses de combustion très rapide, parois froides du cylindre) sont les raisons essentielles de la "non optimisation" de la combustion.

Les produits de cette combustion non optimale sont le monoxyde de carbone (CO) et les hydrocarbures (HC) qui échappent à l'oxydation complète. Ils sont toutefois modifiés, lors de leur passage, par la haute température qui règne dans les cylindres. Ces hydrocarbures constituent un spectre extrêmement large de composés d'hydrocarbures divers, l'ensemble illustré par l'expression hydrocarbures imbrûlés. Ils ont la caractéristique de participer avec les particules de carbone à la formation des fumées surtout par les moteurs diesel.

Par ailleurs, la présence d'azote atmosphérique dans le moteur, sans participer à la combustion, entraîne à haute température et en combinaison avec l'oxygène, la formation du monoxyde et du dioxyde d'azote (NO et NO₂) représenté par NO_x (oxydes d'azote). D'autres polluants proviennent d'impuretés, d'adjuvants des carburants ou d'autres additifs contenus dans les huiles ; les plus importants sont le plomb (Pb), le dioxyde de soufre (SO₂, particulièrement pour le gazole), le zinc, le vanadium, le chrome.

Les véhicules à moteur diesel émettent à quelques différences près, les mêmes polluants que les moteurs à allumage commandé. La comparaison des émissions de ces deux types de moteurs montre que les moteurs diesel rejettent des oxydes d'azote (NO_x) en quantité comparable. Les hydrocarbures sont de deux à cinq fois plus faibles et l'oxyde de carbone dix fois plus faible que les émissions du moteur à allumage commandé. Par contre, le moteur diesel a des émissions de particules (fumées) environ cinq fois plus importantes que celles des véhicules à essence. En ce qui concerne la proportion des émissions du moteur diesel par rapport au moteur à essence, des divergences apparaissent entre les appréciations de différents spécialistes. Ainsi, J. Delsey considère que le moteur diesel émet de 20 à 100 fois plus de particules qu'un moteur à essence. L'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, après avoir consulté de nombreux scientifiques, fournit les résultats présentés par le tableau ci-après.

Tableau 3 : Emissions comparées des véhicules à allumage commandé et des véhicules à moteur diesel

Gaz d'échappement	Plages approximatives de variations des concentrations	Evolutions caractéristiques avec les conditions de fonctionnement			
		ralenti	Accélération	Marche stabilisée	Décélération
CO (%)					
Allumage commandé	0 à 10	2	4	0,5	4
Diesel	0 à 0,5	0,4	0,2	0,03	-
HC (p.p.m.C)					
Allumage commandé	0 à 100 000	5 000	3 000	2 000	30 000
Diesel	0 à 2 000	1 500	1 000	800	1 500
NO ₂ (p.p.m.)					
Allumage commandé	0 à 5 000	30	1 200	1 000	30
Diesel	0 à 3 000	60	850	240	30
Débits de gaz (litre/min)					
Allumage commandé		200	3 000	800	500
Diesel		750	3 000	2 200	2 000

N.B. : p.p.m. = parties par million

Source : Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques

1.1.2.2. Facteurs d'émissions des polluants automobiles

Il apparaît clairement que le carburant utilisé est un facteur fortement déterminant des polluants émis et de leur degré d'émission. D'autres déterminants des émissions sont la vitesse d'accélération et plus généralement les conditions de fonctionnement (ralenti, accélération, stabilisation, décélération) et la température ambiante. Au niveau du moteur les émissions sont déterminées par la charge, le régime et la richesse du mélange.

Pour un véhicule à essence les émissions, par kilomètre parcouru, de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures totaux diminuent avec la vitesse tandis que l'émission d'oxydes d'azote augmente significativement. Il nous

sera possible par la suite de mettre en évidence les disparités, en fonction de la cylindrée du véhicule, relatives à l'influence de la vitesse sur les émissions.

Les concentrations en polluants varient fortement en fonction de la richesse du mélange carburé (cette dernière est définie par le rapport entre la quantité d'air et la quantité d'essence introduites dans le moteur à un instant donné). En mélange stoechiométrique (la quantité d'air est suffisante pour une combustion complète) les émissions de CO et de HC sont très faibles contrairement à de fortes émissions de NOx. En mélange pauvre (quantité d'air en excès), on a un niveau d'émission de CO faible, beaucoup de HC et peu de NOx à condition que le mélange soit très pauvre. Dans le cas du mélange riche, il y a manque d'air et la combustion est incomplète. Les émissions de CO et HC sont importantes et celles de NOx faibles.

Les caractéristiques de l'infrastructure utilisée par le véhicule (route, autoroute, voie urbaine), les conditions de circulation et le mode de conduite sont aussi des facteurs déterminants pour les émissions produites. L'énumération et la brève présentation des facteurs d'émission permet d'apprécier les possibilités d'action et la marge de manoeuvre de la lutte contre la pollution automobile.

1.2. IMPORTANCE DES NUISANCES AUTOMOBILES ET EVOLUTION DE L'EXPOSITION DE LA POPULATION

Les activités humaines sont responsables de la quasi-totalité des rejets dans l'atmosphère de polluants, sauf pour les oxydes d'azote où les émissions naturelles représenteraient environ un tiers de rejets (réf.15).

L'automobile est une source mobile de nuisances. D'autres sources en présence contribuent aussi à la pollution sonore et à l'émission de polluants.

La présentation qui suit porte sur l'importance de la pollution automobile et son rôle dans la pollution de l'atmosphère ainsi que la place des nuisances sonores dues à l'automobile, dans l'environnement sonore.

1.2.1. Importance comparative des nuisances dues à l'automobile

1.2.1.1. Part de l'automobile dans la pollution atmosphérique

Les émissions unitaires de chaque véhicule constituent, les unes ajoutées aux autres, l'émission totale d'origine automobile. Mais l'automobile n'est pas l'unique pollueur de l'atmosphère, les activités industrielles, en des formes diverses, sont un "contribuable" en pollution assez important. Quelle est la part de responsabilité de chaque source de pollution et quelle est l'importance quantitative des polluants émis ? C'est ce que nous montrerons dans la présentation qui suit.

Selon le ministère de l'Environnement, une voiture française moyenne émet annuellement environ :

- 28 kg d'oxydes d'azote,
- 32 kg d'hydrocarbures,
- 190 kg de monoxyde de carbone.

Ces chiffres constituent des ordres de grandeur dont l'importance dépend de nombreux facteurs. Pour faire face aux problèmes et à la gravité de la pollution de l'air, les pouvoirs publics en France, mais aussi dans beaucoup d'autres pays, ont instauré un système de surveillance de la qualité de l'air. Cette surveillance passe, avant tout, par l'appréciation quantitative, la mesure, dans l'espace et dans le temps, des concentrations de polluants. Ainsi depuis 1972 l'Etat a défini un programme visant à doter de moyens de mesure de la pollution, les zones urbaines ou industrielles les plus importantes et le voisinage des installations fixes émettant des quantités notables de polluants. La France a progressivement pu établir une série de données relatives à la pollution de l'air et concernant plus particulièrement, l'acidité forte de l'air, (pollution due essentiellement au dioxyde de soufre), les fumées noires, les poussières et autres. On dispose actuellement de données sur les concentrations des polluants gazeux primaires ou secondaires des sources mobiles (CO, HC, NO, SO₂), les concentrations des polluants particulaires (plomb) et celles des polluants émis par les installations fixes. Ce sont les résultats de cette surveillance et aussi ceux des travaux du "Groupe ERGA - Pollution de l'Air" qui nous permettent de dresser le tableau de la contribution actuelle de la pollution automobile.

- On estime la part de la pollution automobile aux émissions nationales de CO, à 70 %, mais elle peut atteindre 100 % en bordure de trottoir. La contribution des véhicules à moteur diesel est très limitée. Une amélioration de la qualité de l'air en CO semble avoir eu lieu depuis 1973, la concentration moyenne de CO a baissé de 50 % entre 1973 et 1980.

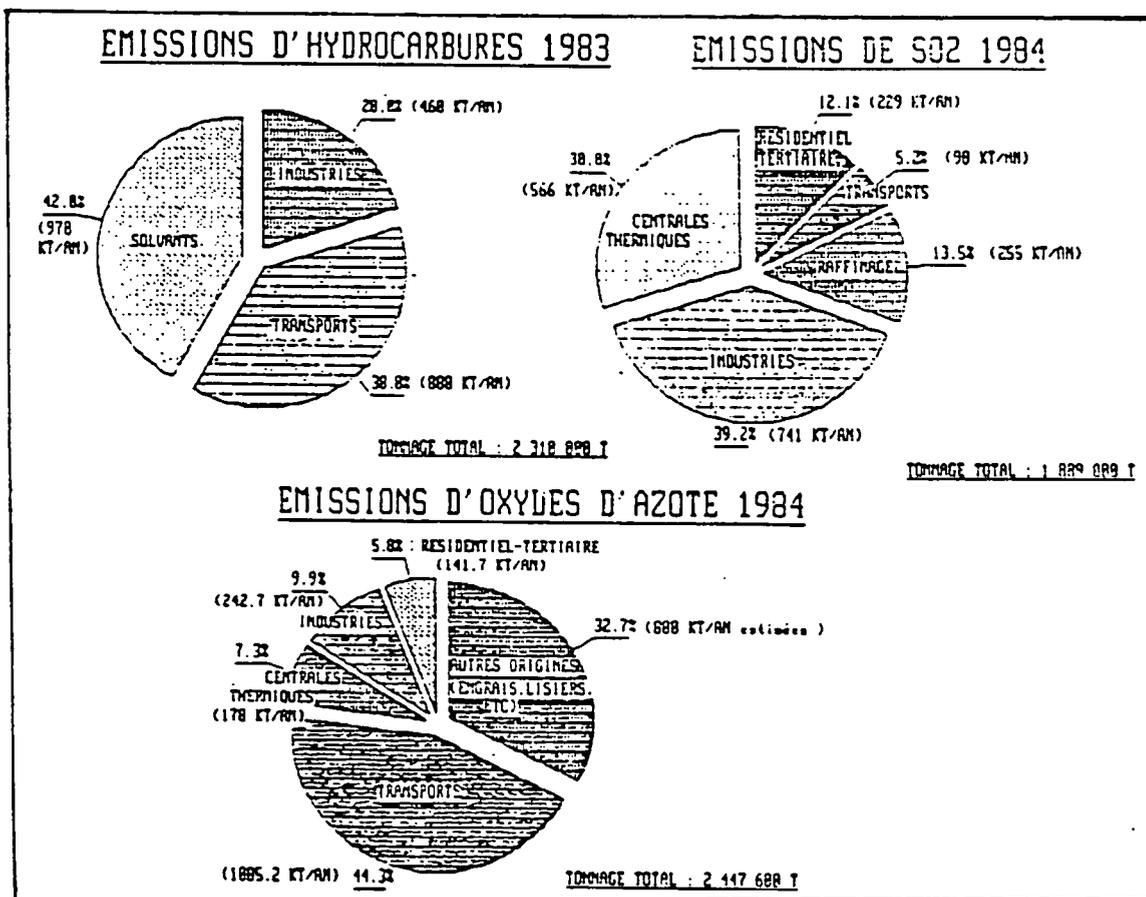
- La contribution actuelle des véhicules à moteur à l'émission des oxydes d'azote totaux NO_x (NO + NO₂) est de 25 à 50 % sur le plan national, de 50 à 70 % dans les régions urbaines en général et de 80 % environ le long des trottoirs. Les véhicules à allumage commandé représentent entre 60 et 70 % de ces contributions.

- La responsabilité de la pollution automobile dans la pollution de l'air en hydrocarbures se situe entre 20 et 40 % (données groupe ERGA) et à 40 % pour la France selon le ministère de l'Environnement. En ce qui concerne plus spécifiquement les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), toujours d'après les experts du groupe ERGA-Pollution, les résultats obtenus au Royaume-Uni indiquent que la contribution automobile peut être de 50 % à l'échelle du pays, de 70 % dans les villes et de 90 % dans les rues très fréquentées.

- Enfin, l'automobile porte presque l'entière responsabilité des émissions de plomb dans l'atmosphère. Dans les villes, et particulièrement dans les rues fortement fréquentées, la contribution des véhicules atteint près de 100 %.

Pour illustrer l'importance de la pollution automobile dans la pollution de l'air et montrer aussi les parts respectives des autres sources de pollution (raffineries, installations de combustion, activités d'incinération de déchets), voici la production totale et la part de chacune dans les émissions d'hydrocarbures (1983), de dioxyde de soufre (1984) et des oxydes d'azote (1984) en France.

Figure 2 : Emissions de polluants en France (1983-1984)



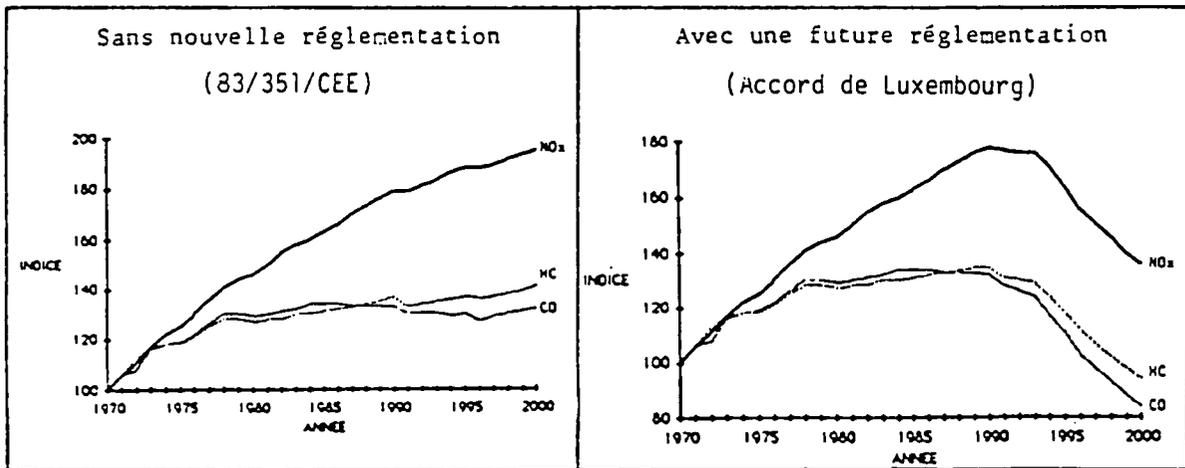
Source : Ministère de l'Environnement - La lutte contre les pluies acides. Situation et perspective.

La part des transports dans les émissions de SO₂ passe de 4,5 % en 1983 à 5,2 % en 1984, alors que pour la même période le tonnage total des émissions est réduit d'environ 13 % (tonnage total en 1983 de 2 184 600 T).

Pour les émissions d'oxydes d'azote la part des transports passe de 41 % en 1983 à 44,3 % du tonnage total alors que le tonnage total est en baisse de 6 % environ entre 1983 et 1984. La tendance croissante des émissions de NO_x produites par les automobiles dans les émissions totales s'observe depuis le début des années 1970. Cette tendance des émissions de NO_x se confirme encore par les travaux récemment entrepris au sein de l'INRETS.

D'après les résultats de ces travaux illustrés par les graphiques ci-dessous, les émissions totales des automobiles en CO et HC ont cru de 30 à 45 % entre 1970 et 1984. Les émissions de NO_x ont fortement augmenté (60 %). Une action réglementaire volontariste (normes d'émission plus sévères) semble pouvoir renverser la tendance et interrompre l'évolution croissante des émissions.

Figure 3 : Evolution et prévisions d'évolution des émissions de polluants 1970-2000



Source : INRETS - Prévisions globales des émissions de polluants automobiles en France à l'horizon 2000

Ces résultats concernant l'état de l'environnement en France, s'accordent avec ceux de l'OCDE surtout pour les émissions d'oxydes d'azote. Seul le Japon accuse une nette diminution du total des émissions de NOx. En Amérique du Nord une stabilisation de ces émissions a été observée dans la période 1979 - 1984. Quant aux émissions de monoxyde de carbone, l'OCDE conclut qu'elles ont diminué au Japon et en Amérique du Nord, alors que dans les pays européens de l'OCDE "la situation a été complexe". Entre 1979 et 1984 l'OCDE évalue "une diminution ou au moins une stabilisation des émissions et des concentrations de CO dans les villes de l'OCDE et dans l'ensemble des pays de l'OCDE" (cf. réf. 8).

1.2.1.2. Contribution de l'automobile à la pollution de l'environnement sonore

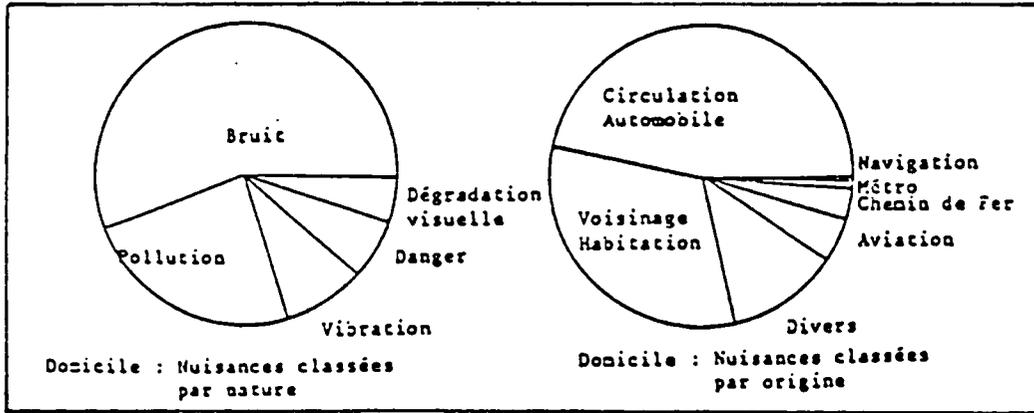
Il est difficile d'évaluer quantitativement l'apport de la circulation automobile dans le bruit total émis par les différentes sources de nuisances sonores. C'est de manière indirecte que les différentes recherches menées en France et à l'étranger, apprécient la part de l'automobile dans les nuisances sonores ; et ce à travers les résultats d'enquêtes et de sondages menés auprès de la population. Les personnes interrogées donnent une appréciation qualitative sur les nuisances subies que l'on quantifie ensuite en fonction des personnes enquêtées. Cette appréciation qualitative individuelle est par conséquent bien subjective.

L'analyse des plaintes est un autre moyen qui permet une évaluation de l'ampleur des nuisances sonores et une appréciation du contexte dans lequel elles sont ressenties.

Ainsi, le bruit apparaît comme la nuisance la plus souvent citée et fait l'objet du plus grand nombre de doléances. Une enquête de l'IRT-CERNE réalisée en 1976-1978, montre qu'en terme de nature des nuisances subies à domicile, le bruit arrive en tête avec 53,9 % des réponses sur le plan national. Dans les villes de plus de 50 000 habitants, le bruit représente 56,4 % contre 35 % des réponses dans les communes de moins de 5.000 habitants (assimilé au milieu rural).

En ce qui concerne l'origine des différentes nuisances, la circulation automobile apparaît comme la principale source totalisant 47 % des réponses (part constante, pour le plan national, les zones de plus de 50.000 habitants, le milieu rural).

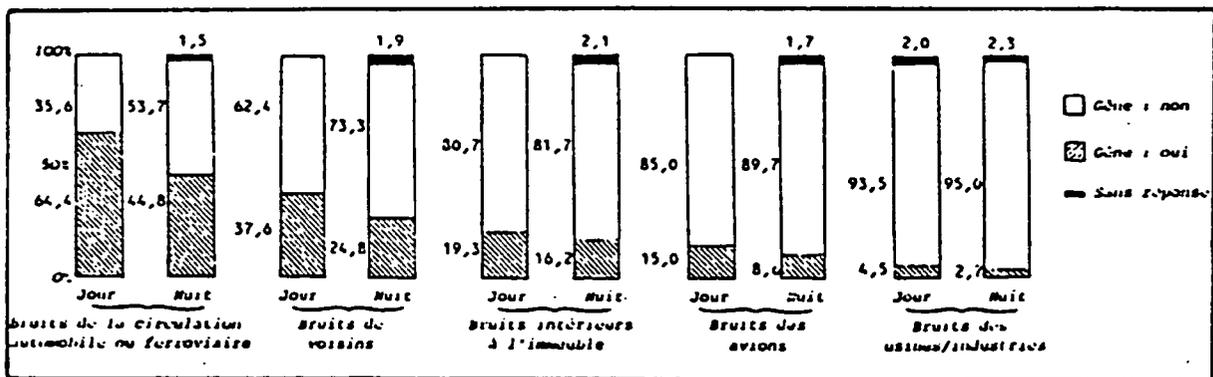
Figure 4 : Nuisances par source et par nature



Source : IRT-CERNE

Une enquête du CREDOC confirme les résultats précédents et réaffirme la prépondérance de la nuisance sonore. Pour 43 % des réponses, le bruit constitue la gêne la plus ressentie. Le bruit de circulation domine largement des autres sources de bruit. Ainsi, 64,4 % des personnes ayant indiqué le bruit comme première gêne, précisent que son origine est la circulation automobile ou ferroviaire ; ce qui ressort sur la figure ci-après :

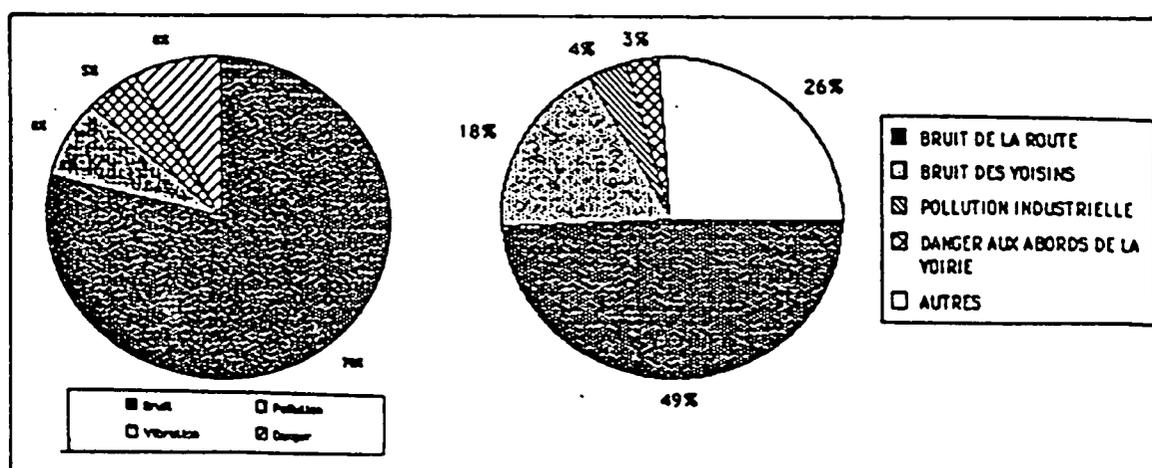
Figure 5 : Origine des nuisances sonores



Source : CREDOC 1979

L'enquête nationale sur les nuisances des transports, réalisée par le CREDOC et l'INRETS-LEN au printemps 1986, renforce les renseignements obtenus lors des précédentes enquêtes. Parmi les personnes ressentant une nuisance à domicile (34 % des personnes interrogées) environ 80 % citent le bruit comme première gêne ; parmi ceux-là, environ 50 % indiquent le trafic automobile comme origine du bruit ressenti.

Figure 6 : Nuisances ressenties à domicile - 1986



Source INRETS - LEN

Le bruit routier apparaît comme la principale nuisance à domicile et à l'origine de la gêne la plus ressentie par les personnes enquêtées.

Il serait utile, pour mieux apprécier l'ampleur du phénomène du bruit mais aussi de la pollution due à l'automobile, de voir comment la population est exposée à ces nuisances et quels sont les risques courus par les personnes exposées.

1.2.2. Exposition aux nuisances en France et à l'étranger

Au stade actuel de la recherche, nous pourrions difficilement défendre l'idée que l'environnement sonore et atmosphérique s'est amélioré dans les 15 dernières années. En fait, la tendance croissante des rejets de polluants à cause de l'automobile et la propagation du bruit dans l'espace et dans le temps, plaident plutôt pour la thèse d'une dégradation globale de l'état de l'environnement. Nous allons voir comment a évolué la situation en termes d'exposition aux nuisances.

1.2.2.1. La discrimination par l'exposition au bruit

L'égalité à l'exposition au bruit ne se vérifie ni en France ni à l'étranger. La population est inégalement exposée aux différents niveaux de bruit, peu confortables ou inacceptables. Entre ceux qui sont soumis à des niveaux de bruit supérieurs à 65 dBA (Leq) et ceux qui subissent un bruit de l'ordre de 50 ou 55 dBA (Leq), la gêne et les effets produits ne sont pas les mêmes.

Ce qui est vrai pour tous et dans tous les pays, c'est que le bruit s'est étendu dans le temps et dans l'espace, de par l'accroissement de la motorisation et de la mobilité ainsi que par le développement des zones suburbaines, touristiques et des centres de loisirs. Ainsi on recense des niveaux de bruit assez élevés pendant les vacances, les week-ends, la nuit, en milieu urbain, sur les axes routiers de toutes catégories.

Au début des années 70 dans les pays de l'OCDE, on estimait que 15 % de la population, donc plus de 100 millions de personnes, étaient exposées à un niveau de bruit égal ou supérieur à 65 dBA (Leq). L'OCDE estime qu'actuellement 16 % de la population des pays membres (environ 130 millions) sont exposés à plus de 65 dBA (Leq). Parmi ceux-là, 13,3 % sont confrontés au bruit des véhicules à moteur, 1 % au bruit des avions et 2 % au bruit des autres moyens de transport et particulièrement aux trains. Dans la même période, plus de 50 % de la population de l'OCDE sont soumis à des niveaux de bruit supérieurs à 55 dBA (Leq), alors que la proportion de la population qui habite dans les zones "grises" (zones exposées à des niveaux de bruit compris entre 55 et 65 dBA (Leq)) est en croissance dans la plupart des pays membres.

L'état de l'exposition au bruit des transports dans les principaux groupes de pays de l'OCDE est présenté par le tableau suivant.

**Tableau 4 : Population exposée au bruit des transports
au début des années 1980**

	Bruit des transports routiers			Bruit des avions		
	Niveau sonore en Leq (dBA) à l'extérieur					
	< 55	55 à 65	> 65	< 55	55 à 65	> 65
Etats-Unis	63.0 %	30.0 %	7.0 %	91.0 %	7.0 %	2.0 %
Japon	20.0 %	49.0 %	31.0 %	97.5 %	2.5 %	0.5 %
OCDE Europe *	53.0 %	34.0 %	12.5 %	97.0 %	3.0 %	0.3 %

* Bruit des transports routiers : estimation basée sur 12 pays.
Bruit des avions : estimation pour 34 aéroports.

Source : Compendium OCDE 1985

Parmi les pays de l'OCDE, certains sont particulièrement bruyants (le Japon) et d'autres très silencieux comme la Norvège. La France se trouve dans une position intermédiaire, de même que ses voisins immédiats.

D'après l'OCDE, l'exposition actuelle de la population française semble très proche de celle du début des années 1970. Ainsi, plus de 13 % de la population sont exposés à des niveaux de bruit dépassant 65 dBA (Leq) et se situent donc dans les zones "noires" (environ 7,5 millions de personnes). Plus de deux millions sont exposés à plus de 70 dBA (Leq). Près de 50 % des français, soit 25 millions de personnes, ne disposent pas, au début des années 1980, d'un niveau satisfaisant de confort acoustique.

Une simulation de l'exposition de la population urbaine au bruit en 1975 et 1985 permet d'observer l'évolution pendant dix ans ; il paraît très difficile de déceler une amélioration de la situation.

Tableau 5 : Exposition de la population française au bruit des transports terrestres - 1975-1985.

Niveau de bruit de jour (Leq 8 h - 20 h)	% de la population urbaine exposée		
	1975	1985	
		Réel	Sans politique
> 55 dB(A)	52.5	54.4	54.8
> 65 dB(A)	16.8	16.6	17
> 75 dB(A)	0.6	0.6	0.8

Source : INRETS-LEN - Les enjeux économiques de la lutte contre le bruit.

Cette situation, globalement qualifiée comme mauvaise, laisse apparaître des disparités d'exposition en fonction de la taille de l'agglomération. Dans les grandes villes le niveau sonore s'avère supérieur d'environ 10 dB(A) par rapport à la moyenne. Ainsi à Paris ce sont 48 % de la population qui se trouvent exposés à plus de 65 dBA (Leq) contre seulement 13,7 % sur le plan national, d'après l'OCDE.

L'environnement sonore et l'exposition à des niveaux de bruit inacceptables ou peu confortables ne se sont pas améliorés depuis 1970.

Il semble que l'exposition de la population aux polluants automobiles révèle une situation comparable.

1.2.2.2. Quelques indices d'exposition aux polluants automobiles.

Contrairement aux données disponibles concernant l'exposition de la population au bruit, on ne dispose, en matière d'exposition aux polluants, que de certains prélèvements des teneurs moyennes annuelles enregistrés par les différents réseaux de mesure de la pollution atmosphérique. Ces données ne constituent pas réellement des indicateurs d'exposition mais permettent, à l'aide d'informations complémentaires et de séries plus complètes, la formulation d'une hypothèse sur l'évolution de l'exposition de la population aux concentrations de polluants.

Les prélèvements effectués par les postes de mesure du Laboratoire Central de la Préfecture de Paris donnent la possibilité d'observer une diminution régulière globale de la teneur en CO entre 1972 et 1975, qui s'est aujourd'hui stabilisée. La même tendance semble se dessiner pour les teneurs en hydrocarbures alors que les teneurs en NOx semblent avoir connu une évolution croissante. Ces quelques enseignements généraux sont aussi valables pour les autres grandes zones urbaines françaises et se confirment par des mesures réalisées dans les villes importantes de différents pays. Les tendances indiquées par les courbes des émissions de polluants de la figure 3, concordent avec les enseignements tirés ci-dessus ; l'ensemble de ces données ne suggèrent-elles pas l'hypothèse que la population française n'est pas plus exposée aux polluants automobiles qu'il y a une quinzaine d'années ?

L'évolution de l'urbanisation, de la motorisation, de la mobilité (dans l'espace et dans le temps), ainsi que l'apparition des nouvelles zones d'habitation et d'activité augure une situation préoccupante, celle de la multiexposition de certaines populations : exposition à des polluants multiples et en des lieux multiples.

Globalement, il semblerait que la population exposée à la pollution automobile reste stable et que les concentrations de polluants auxquelles elle est exposée restent relativement stabilisées depuis plus de dix ans.

Une attention toute spécifique doit être accordée à certains groupes cibles particulièrement importants et exposés, soit par la nature de leur activité professionnelle, soit par la localisation du site de leur activité. Ainsi, une enquête (réf. 10) menée auprès de 92 sujets, montre que l'exposition individuelle à la pollution par le monoxyde de carbone des transports (exprimée en taux de carboxyhémoglobine), mesurée sur 24 heures, arrivait en moyenne à 0,013/unité, alors que les péagistes autoroutiers atteignaient jusqu'à 0,032/unité. Lors de la même étude, la comparaison des niveaux d'exposition selon le mode utilisé, a montré que les passagers des voitures particulières étaient les plus exposés (13 ppm en moyenne), suivi par ceux des deux roues (8 ppm) et enfin par les usagers des transports en commun et les piétons (5 ppm).

Il semble essentiel d'insister sur la particularité de ces groupes qui peuvent être exposés à des niveaux de pollution plus élevés et donc plus dangereux que le reste de la population.

2 - EFFETS DES NUISANCES SUR L'HOMME ET L'ENVIRONNEMENT

Nous présentons ici un bref aperçu des connaissances actuelles relatives aux effets du bruit et de l'émission de polluants sur la santé humaine, le bien être et l'environnement. Grâce aux travaux les plus récents, nous dresserons un bilan global, sommaire et très schématique de l'impact des nuisances automobiles sur l'homme et son environnement.

2.1. NUISANCES AUTOMOBILES ET SANTE HUMAINE

2.1.1. Effets du bruit sur la santé et le comportement humain

L'étendue croissante de l'exposition de la population à des niveaux sonores insatisfaisants et la stabilisation voire la dégradation de l'environnement sonore, posent de plus en plus la question des effets du bruit sur la santé humaine. On distingue deux catégories d'effets :

- les effets sur l'acuité auditive,
- les effets physiopathologiques non auditifs ou indirects.

2.1.1.1. Les effets sur l'audition

L'exposition prolongée et répétée à un niveau de bruit supérieur à 75 ou 80 dB(A), entraîne une baisse de l'acuité auditive (surdité partielle). Ce type de symptôme est généralement lié à l'activité professionnelle et moins souvent à l'utilisation d'engins motorisés ou à l'écoute de musique à fort niveau, walkman, ou autres. L'apparition de la surdité chez l'homme peut provenir de l'exposition à un niveau sonore équivalent à 85 dB(A) pendant une période de cinq ans et pour 40 heures par semaine (réf. 11). Les conditions d'exposition de la population française permettent d'écarter les risques de surdité mais laissent craindre l'apparition des symptômes de presbyacousie (affaiblissement de l'ouïe chez les personnes âgées).

Mais l'exposition à certains niveaux de bruit peut avoir des conséquences sur des fonctions autres que l'audition.

2.1.1.2. Les effets physiopathologiques non auditifs

On les appelle, très souvent, les effets indirects du bruit.

* Le bruit est un agent de stress. Même à un niveau faible, un bruit peut être désagréable et mal supporté. Il devient cause de stress par son aspect dérangeant et par l'émotion qu'il provoque ; il peut indirectement être à l'origine de nombreux troubles (vertiges, nausées, réduction du champ visuel, troubles gastro-intestinaux).

* La sensibilité qu'a le fœtus au bruit peut être à l'origine d'autres incidences. De multiples travaux tentent de montrer un lien entre l'exposition de la mère au bruit et le poids (plus faible) et la taille (inférieure) du nouveau-né. De même, on établit une relation entre la fréquence de naissances d'enfants prématurés et le niveau de bruit auquel sont exposées les mères.

* Le bruit a des effets cardiovasculaires. Malgré la difficulté de prouver l'effet nocif du bruit sur le système cardiovasculaire, de nombreuses recherches ont tenté de mettre en évidence les liens existant entre l'exposition à des niveaux de bruit et le système cité plus haut. Ainsi des relations existent entre le bruit et la tension artérielle (hypertension), le bruit et la fréquence cardiaque, la tension des muscles et la décharge d'hormones dans le sang.

* Le bruit est un élément perturbateur du sommeil. Il peut agir par l'interruption du sommeil ou en rendant l'endormissement plus difficile. Des effets de fatigue peuvent apparaître dans la journée, avec un sentiment de gêne et de perturbation de l'activité.

* Enfin, le bruit est un agent de gêne de la communication. Un "effet de masque" du son que l'on veut écouter se produit et l'écoute de la radio, de la musique, de la télévision ainsi que le maintien de la conversation orale devient difficile. Cette situation conditionne les contacts et les discussions dans les logements exposés et structure la disposition intérieure du logement. Le bruit agit de cette façon sur le comportement de la population exposée.

* L'impact du bruit sur les comportements a fait l'objet de nombreuses recherches, dont les principaux enseignements peuvent être résumés ainsi :

. l'environnement sonore inconfortable qui prédomine, suite à l'exposition au bruit, constitue un conditionnement de l'utilisation et de l'organisation du logement, ainsi que des espaces extérieurs proches (jardins, balcons),

. le bruit amène la population exposée, surtout les locataires, à quitter le logement (en particulier à partir de 68 dBA (Leq), on constate un taux de rotation élevé des occupants de logements, prouvé par les déménagements successifs),

. le bruit est à l'origine de la décision, surtout chez les propriétaires, d'investir en matériel d'isolation acoustique, afin de rendre le niveau sonore moins dérangent.

Il apparaît ainsi que globalement, le bruit, sans être la cause de maladies graves, constitue toutefois un élément gênant et perturbateur du confort de la population, de la santé humaine et du comportement individuel.

2.1.2. Effets de la pollution automobile sur la santé

C'est le rapport du Professeur A. Roussel, sur "L'impact médical des pollutions d'origine automobile" qui constitue le document de référence de la présentation concernant les effets sur la santé de la pollution automobile.

- Le monoxyde de carbone (CO). Les effets sur la santé de l'intoxication par l'oxyde de carbone sont bien établis.

L'intoxication due à l'automobile est chronique et se trouve à l'origine de certains troubles comme "les céphalées, les vertiges, l'asthénie, les troubles de la vue, la diminution de l'audition ou les bourdonnements d'oreilles, la diminution de l'odorat, parfois des troubles de la conscience ; absences, troubles de la mémoire" (réf. 12). On a pu établir plus fréquemment des liens entre l'action du CO sur le coeur et sur les vaisseaux (le CO peut accentuer les symptômes des maladies cardiaques ou de l'artériosclérose), sur le système nerveux central et les organes des sens (atteinte de la vision, de la mémoire) ainsi que sur la gestation et la croissance (la principale conséquence de l'exposition chronique est l'hypotrophie).

En outre, l'exposition à la pollution automobile s'avère plus grave pour certains sujets sensibles ou particulièrement exposés (personnes âgées, malades, ...).

- Les oxydes d'azote (NOx). La pollution par les NOx représente un des problèmes majeurs posé par la circulation automobile, surtout dans les zones urbaines. Les études expérimentales et épidémiologiques réalisées chez l'homme et chez l'animal ont permis d'évaluer les risques que peut entraîner, sur la santé, l'exposition aux NOx. Ainsi on a pu déceler des risques de maladies respiratoires chroniques chez les personnes vivant le long des axes à grande circulation routière.

A partir des NOx, il y a formation de nitrosamines et de nitro-aromatiques dans l'atmosphère et dans l'organisme. Les toutes premières substances, génotoxiques, sont surtout cancérigènes, et peuvent constituer un risque de cancer du poumon.

Du point de vue pulmonaire, l'exposition à de faibles concentrations entraîne chez l'animal une destruction des parois pulmonaires (emphysème) et une baisse de la résistance aux infections. Chez l'homme, les études épidémiologiques, "font craindre un effet sur la fonction pulmonaire et sur la morbidité respiratoire, le risque maximal étant la contribution à la constitution d'une maladie des petites voies aériennes, soit par une action toxique directe, soit par sensibilisation aux pneumopathies microbiennes et virales qui laissent souvent des séquelles respiratoires à distance, notamment chez le tout petit enfant. A distance, chez l'adulte, il est possible que cette agression chimique par les oxydants contribue à la genèse de l'emphysème pulmonaire" (réf. 12).

- Les hydrocarbures (HC). Une partie des émissions d'hydrocarbures, constituée par des composants volatils comme l'acétylène, l'éthylène et le méthane, peut être considérée comme inoffensive.

Le benzène est une substance cancérigène connue, réputée pour provoquer des maladies du sang et de la moëlle ainsi que des leucémies, sans que l'on puisse fixer une dose limite qui déterminerait l'apparition des effets nocifs du benzène. Aux Etats-Unis, on estime que le nombre de leucémies induites par le benzène était de 90 par an en 1982-83, dont 85 seraient dues aux expositions en zone urbaine. A noter aussi qu'en RFA les émissions de benzène d'origine automobile sont estimées à 4,9 % des émissions totales d'hydrocarbures pour une teneur moyenne en benzène des carburants de 3,2 % (réf. 12).

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) composent un ensemble de molécules issues principalement de la combustion incomplète. Certains HAP sont des cancérigènes potentiels. Certains auteurs estiment qu'en combinaison avec d'autres polluants organiques ou minéraux (sues, poussières, particules fibreuses), l'action cancérigène des HAP est certaine. Dans le cas des HAP il est aussi très difficile de fixer les doses limites, surtout dans le cas où les HAP sont mélangés à d'autres HC.

- Le plomb (Pb). Si dans l'ensemble, les spécialistes s'accordent à dire qu'actuellement l'essentiel du plomb trouvé dans l'atmosphère des villes provient de la circulation automobile, des polémiques apparaissent quant à la détermination des diverses origines du plomb que contient le corps humain.

Les deux principales voies de pénétration du plomb contenu dans l'environnement de l'homme sont :

- la voie pulmonaire (inhalation directe),
- la voie digestive.

C'est chez l'enfant qu'il y a le taux d'absorption de plomb ingéré le plus élevé (50 %), contre environ 5 à 10 % pour l'organisme adulte. Une fraction du plomb absorbé s'accumule dans les os et les tissus de l'organisme. De récents travaux sur la relation entre la plombémie (la plombémie est le plomb sanguin) et la concentration de plomb dans l'air, ont mis en évidence que l'accroissement de la concentration de plomb dans l'air de 1 µg/m³ entraîne une élévation "de la concentration de plomb dans le sang égale à 1 µg pour 100 ml" (réf. 8).

Les principaux effets de la pollution par le plomb touchent :

- le système nerveux (central et périphérique),
- les reins,
- la reproduction (possibilité de baisse de la fécondité),
- le système cardiovasculaire.

Les enfants et certaines autres minorités (personnes malades ou âgées) sont particulièrement sensibles à l'exposition au plomb et par conséquent

encourent un plus grand risque lors d'une exposition prolongée et d'une forte concentration.

L'exposition aux nuisances automobiles entraîne inévitablement des effets néfastes pour la santé humaine ; de même les concentrations de polluants nuisent particulièrement à l'environnement.

2.2. INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT DES NUISANCES AUTOMOBILES

2.2.1. Généralités

En ce qui concerne les nuisances sonores émises par les véhicules automobiles, nous avons déjà mentionné la nécessité d'agir contre le bruit aussi bien individuellement que collectivement. Parmi les moyens d'action il y a ceux qui consistent à se protéger afin de rendre la nuisance subie moins agressive et gênante. Ce sont donc des actions qui ne se rapportent pas à la source mais qui tentent d'agir, soit sur la propagation, soit sur la réception du bruit. Ce type d'action suppose la mise à disposition de certains moyens (matériels et financiers), dans la lutte contre le bruit, dont l'utilisation modifiera l'environnement matériel mais aussi physique. Il faut encore une fois mettre l'accent sur la dégradation de l'environnement, jusqu'alors préservé, qui se compose de régions touristiques (bords de mer, montagne, plans d'eau) et de zones sauvages (forêts, parcs naturels, endroits isolés). La simple présence de bruits constitue une atteinte à l'environnement naturel et un dommage à l'état initial de celui-ci.

S'agissant des émissions de polluants, les effets sur l'environnement sont beaucoup plus perceptibles et mieux appréciés. L'environnement est perturbé de multiples façons par la pollution engendrée par les rejets des véhicules à moteur. On note les effets néfastes sur les récoltes agricoles, horticoles et sylvicoles, les écosystèmes naturels, les matières premières, la dégradation du patrimoine architectural et autres.

Le groupe "ERGA - pollution de l'air" distingue les "effets directs", qui sont consécutifs au prélèvement direct sur l'atmosphère, et les "effets indirects" qui correspondent aux modifications induites par les substances polluantes et subies par un autre milieu écologique que l'air (le sol, l'eau).

Le monoxyde et le dioxyde d'azote (NO et NO₂) sont nocifs pour certaines variétés végétales. Le NO pour les tomates, le NO₂ pour la croissance des plantes sensibles telles que les endives, les épinards, le blé, le trèfle et autres. La combinaison de ces polluants avec le SO₂ par exemple, renforce considérablement leurs effets néfastes.

2.2.2. Les pluies acides

Le phénomène des pluies acides n'est pas nouveau, mais il a connu depuis trois ans un vif regain d'intérêt. Il est devenu le pilier central de la lutte contre la pollution atmosphérique. Identifiées au dépérissement

des forêts, les pluies acides sont devenues actuellement la première cause de dégâts portés sur les feuilles et les aiguilles des arbres, après l'avoir été pour l'acidification de nombreux lacs surtout en Scandinavie.

La notion de "pluies acides", définie par le ministère de l'Environnement, regroupe, au moins, deux types de pollution (réf. 14) :

* la pollution acide proprement dite, due à la transformation du dioxyde de soufre (SO₂) et des oxydes d'azote (NO_x) rejetés dans l'atmosphère en sulfates et nitrates, voire en acide sulfurique et nitrique, qui s'incorporent aux nuages,

* la pollution photo-oxydante, due à l'action des rayons ultra-violetts émis par le soleil sur les hydrocarbures et les oxydes d'azote présents dans l'atmosphère.

La lutte contre les pluies acides est devenue à l'heure actuelle un enjeu considérable pour de nombreux pays. Les forêts sont les premières concernées car elles sont les principales victimes. L'intérêt environnemental, culturel et économique que l'on accorde aux forêts fait que la mobilisation et la sensibilisation au problème sont vives.

L'évolution du dépérissement des principales espèces d'arbres, de 1983 à 1984 en France, est retracée sur le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Evolution du dépérissement des arbres en France
(arbres ayant perdu plus de 20 % de leur feuilles)

EPOQUE DES OBSERVATIONS	ESPECES D'ARBRES				
	Sapins %	Épicéas %	Pins %	Hêtres %	Chênes %
ALSACE					
Automne 1983	30,1	8,2	13,4	2,0	0
Automne 1984	38,5	10,5	16,7	4,8	0
LORRAINE					
Automne 1983	22,9	18,9	6,4	18,4	5,0
Automne 1984	22,0	23,7	8,5	15,2	5,5
ENSEMBLE DES VOSGES					
Automne 1983	26,0	13,1	9,7	7,4	2,6
Automne 1984	28,9	16,5	10,5	8,0	2,6
Augmentation relative par rapport au % de 1983	11,1	25,9	8,25	8,1	0

Source : Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques.

Le phénomène est aussi important, voire plus grave, dans d'autres pays européens comme la Tchécoslovaquie, l'Autriche, la Suisse, la Pologne et l'Allemagne où ont été constatés les premiers signes de dépérissement. On estime qu'environ 25 % des résineux en Allemagne Fédérale, 10 % en Suisse, 7 % en Autriche, 21,5 % dans le massif vosgien présentent un déficit en aiguilles supérieur à 20 %.

Les pluies acides constituent une forme de "pollution atmosphérique à longue distance", car ses composantes peuvent être transportées par les vents sur de longues distances, avant de retomber au sol, mélangées aux pluies, neiges, brumes et brouillards.

Les sources des pollutions "acides" sont connues : il s'agit essentiellement des installations de combustion (oxydes de soufre et d'azote), des installations utilisant des solvants, telles que les imprimeries, les cabines de peinture (hydrocarbures), des raffineries (oxydes de soufre et hydrocarbures), des unités d'incinération de déchets (acide chlorhydrique) et des véhicules (hydrocarbures et oxydes d'azote).

Mais la forêt n'a pas l'exclusivité des dommages provoqués par les "pluies acides". Ainsi ces dernières entraînent une diminution des rendements agricoles et sont surtout à l'origine de la mort biologique des lacs et des cours d'eau. Plus de 50 % des lacs de l'Ontario (Canada), 20 % des lacs suédois, 3 000 lacs dans l'est des Etats-Unis sont irrémédiablement atteints. Dans le sud de la Norvège, les réserves de poissons ont baissé de 80 %. Ce phénomène concerne en France quelques lacs de haute montagne. En réalité, il n'y a pas d'étude sur ce problème en France mais seulement quelques résultats d'observations qui manquent de cohérence et de validité scientifique.

Le patrimoine architectural est aussi soumis aux pluies acides. On a constaté une accélération du vieillissement des bâtiments (altération des matériaux et corrosion). Cette évolution serait due à l'urbanisation et à l'accroissement de la circulation automobile. Les dégâts provoqués résultent de la réaction entre les composants des matériaux et les polluants automobiles ainsi que les fumées émanant des installations de chauffage.

Nombre de monuments situés au coeur des villes sont particulièrement touchés par ce phénomène. L'érosion de la pierre et la corrosion des métaux ont suscité de nombreux travaux qui mettent en évidence les effets des pluies acides. L'automobile n'a pas l'exclusivité de la responsabilité dans l'acidité des pluies. L'essentiel de l'acidité est dû aux rejets soufrés des centrales thermiques et des chaudières industrielles ou résidentielles. La responsabilité de l'automobile est estimée à environ à 15 % (réf. 15). A noter que l'unanimité est loin d'être faite sur cette estimation. Aux Etats-Unis, en 1981, la contribution de la voiture au total de l'acide entraîné par les chutes de pluie était d'environ 5,3 % (réf. 16). La contribution totale des véhicules à moteur est estimée à environ 11,5 %, dont 1,6 % pour les camionnettes et 4,7 % pour les poids-lourds. Nous considérons ces indications comme de simples ordres de grandeur, tout en

pensant que la plus grande part de responsabilité revient aux installations fixes, ceci n'enlevant absolument rien de la responsabilité de l'automobile dans ce phénomène.

Conclusion

L'automobile apparaît ainsi, par sa contribution aux pluies acides mais surtout par l'importance des nuisances qu'elle génère, comme un élément perturbateur de l'équilibre environnemental, et nocif pour la santé humaine.

L'importance croissante du parc automobile et de la circulation routière sont à l'origine de l'évolution de l'état de l'environnement et expliquent, pour une part non négligeable, la dégradation de cet environnement. Malgré les divergences d'appréciation, quant à la part de l'automobile dans l'état actuel de l'environnement, et les polémiques que suscitent souvent les débats relatifs à cette question, il semble fondamental de pouvoir mettre en place les moyens qui limiteront l'impact néfaste de l'automobile sur l'environnement.

La défense de l'environnement et la protection de la santé publique deviennent dans les sociétés contemporaines et les pays industrialisés, deux paramètres indissociables du progrès technologique et du développement.

REFERENCÉS

- 1 - Y. GEORGIADIS - Voiture économique ou voiture écologique : les nationalités de l'arbitrage. Thèse de doctorat de troisième cycle, Université Lumière - LYON II, Lyon mars 1987, 342 pages.
- 2 - IRT-CERNE, G. PACHIAUDI, B. FAVRE - Le bruit dû aux moyens de transports, note d'information n° 15, BRON octobre 1979, 60 pages.
- 3 - CETUR, Ministère des Transports, Ministère de l'Environnement - Bruit des transports terrestres, janvier 1982, 22 pages.
- 4 - Commission des Communautés Européennes - Rapport du groupe ad hoc ERGA - Pollution de l'air, Bruxelles 1983, 77 pages.
- 5 - IRT-CERNE, J. DELSEY - La pollution due aux moyens de transports, note d'informations n° 13, mars 1979, 56 pages.
- 6 - Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques - Rapport sur les formes de pollution atmosphérique à longue distance dites pluies acides, Paris décembre 1985, 317 pages.
- 7 - INPETS, J. LAMBERT - Prévisions globales des émissions de polluants automobiles en France à l'horizon 2 000, Rapport INRETS n°2, BRON, mai 1986, 69 pages.
- 8 - OCDE - L'état de l'environnement 1985, Paris 1985, 293 pages.
- 9 - INRETS - LEM, J. LAMBERT - Les enjeux économiques de la lutte contre le bruit, Bron 1986, 8 pages.
- 10 - R. JOURMARD - Le CO traceur de la pollution automobile : teneurs à l'extérieur et à l'intérieur des véhicules, effets. Pollution Atmosphérique, juillet-septembre 1984, Pages 182-186.
- 11 - IRT - CERNE, M. VALLET - Effets du bruit de circulation automobile, données psychologiques, physiologiques et économiques, note d'informations n° 28, BRON décembre 1983, page 26.
- 12 - A. ROUSSEL - Impact médical des pollutions d'origine automobile, Paris Juillet 1983, 109 pages.
- 13 - M. CHIRON - Effects of motor pollutants on health, in Catalysis and automotive pollution control, Editors A. Crucq and A. Frennet, Amsterdam 1987.
- 14 - Ministère de l'Environnement, A.O.A. - Pluies acides danger, Neuilly 1986, 16 pages.
- 15 - Ministère de l'Environnement - Dossier pollution automobile, Neuilly mars 1985, pagination multiple.
- 16 - Ministère de l'Environnement - La lutte contre les pluies acides, Neuilly décembre 1984,