



Place de la Concorde — Paris — Photo R. BECHMANN

CIRCULATION AUTOMOBILE et pureté de l'air

par Gisèle ESCOURROU

La circulation automobile favorise l'émission de nombreux polluants qui diminuent la pureté de l'air. Une partie d'entre eux est dispersée dans l'atmosphère et peut y demeurer un certain temps. Leur présence peut provoquer à long terme des modifications du climat. L'autre partie reste à proximité des sources d'émission. C'est cet aspect que nous allons étudier.

I. EMISSION DU DIOXYDE DE SOUFRE ET DU MONOXYDE D'AZOTE.

On a peut être tendance à sous-estimer l'émission du dioxyde de soufre, certes faible pour les moteurs à essence, mais déjà un peu plus importante pour les Diésels. Elle ne représente qu'une très faible part des valeurs relevées dans les agglomérations urbaines. Mais, une circulation active, surtout dans des rues étroites et bordées d'immeubles, peut facilement entraîner une augmentation de 30 à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 et très exceptionnellement des pointes de plusieurs centaines de microgrammes. Cette influence apparait d'autant moins que les instruments qui mesurent l'acidité forte sont généralement situés au niveau des toits ; dans une rue étroite, à l'ombre, les phénomènes d'ascendance des gaz, comme nous le verrons pour l'oxyde de carbone, sont parfois difficiles.

Le monoxyde de carbone est très représentatif de l'intensité du trafic automobile. L'émission est plus importante quand la circulation est lente, coupée de nombreux arrêts. Elle s'établit ainsi à la sortie du moteur :

- 3,6 ppm au ralenti
- 1,5 lors de la décélération
- 0,4 pour la marche normale
- 0,1 pour l'accélération.

Dans les grands embouteillages, l'air peut contenir jusqu'à 0,5 % de CO (dose mortelle :

0,20 %).

Ceci explique la gravité de la pollution dans les rues étroites, où les feux rouges sont nombreux, où la circulation est lente.

La teneur maximale admissible en CO est de 40 mg/m^3 (35 ppm) en 1 heure, ou 10 mg/m^3

(9 ppm) pour 8 heures. Ces valeurs peuvent être dépassées surtout dans les rues étroites, bordées de hauts immeubles : au moment où l'intensité du trafic est la plus forte, le niveau de la pollution est trois fois plus élevé dans une rue de 15 mètres de large que dans une artère de 35 mètres, malgré un plus grand nombre de véhicules. A Nancy, en 1971, avant la régulation de la circulation, on a relevé des pointes de 110 à 250 ppm pour une moyenne annuelle de 14,7 ppm. En 1976, à Clermont-Ferrand, la moyenne varie entre 21 et 50 mg/m^3 (moyenne des 5 jours de la semaine) avec un maximum absolu de 246 mg/m^3 . La même année à Paris, les moyennes atteignaient 7 à 14,5 mg/m^3 (1978 : 14,5 ppm place V. BASCH, soit très légèrement plus). Mais le maximum absolu n'est que de 31 mg/m^3 . A Paris, les week-end sont inclus et la circulation y est moindre, les capteurs sont situés sur des places ou de larges artères et enfin les inversions thermiques importent peu.

Il ne faut pas négliger l'influence des conditions climatiques : une expérience faite à Hampton, en Virginie, a montré qu'une inversion thermique était responsable du dépassement du seuil de 9 ppm malgré la réduction nocturne du trafic automobile. Le vent (vitesse et direction), la

pression atmosphérique jouent également un grand rôle. Mais celui-ci est masqué par l'influence prépondérante de l'intensité de la circulation automobile. En 1978, à Paris, les pointes de pollution sont relevées principalement entre 17 et 20 heures et, secondairement, entre 7 et 9 heures. Dans certaines villes on voit apparaitre des pointes supplémentaires vers 12 ou 14 heures. L'absence totale de circulation entraîne une chute importante de la teneur en CO : Place de la Concorde, à Paris, le 15 août 1974, après-midi où la circulation a été interdite, les valeurs ont été inférieures à 2 ppm (la veille, aux mêmes heures : 4 à 9 ppm).

La détérioration de la qualité de l'air se fait surtout sentir dans les rues-canyons où la ventilation se fait mal ; l'air s'affaisse essentiellement dans la partie sous le vent, des tourbillons se produisent et au niveau de la chaussée, l'air pousse les polluants dans la direction contraire au vent, provoquant une augmentation des valeurs dans la partie située au vent. La végétation, rare dans ce type de rue, les voitures en stationnement forment une barrière ; une étude effectuée à Marseille montre ce phénomène : la teneur atteint 12 à 14 ppm sur le trottoir côté stationnement et 20 à 23 ppm là où il est interdit. Elle est plus forte près des

MOYENNES MENSUELLES ET VALEURS MAXIMALES DES MOYENNES HORAIRES				
rue de Dantzig (Paris)		Av. des Champs Elysées		
	NO	NO2	NO2	en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1977
Avril	56 177	60 117	46 72	
Mai	54 241	56 150	62 87	
Juin	39 153	53 164	47 92	
rue de Dantzig (Paris)				
	NO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ozone	en ppm 1977	
Mars	45 212	0,006	0,018	
Avril	32 230	0,009	0,028	
Mai	37 265	0,020	0,048	
Juin	43 205	0,017	0,070	
Juillet	31 219	0,020	0,074	
Août	24 250	0,030	0,097	

feux rouges, des sorties de tunnel. Elle décroît de l'entrée d'une rue jusqu'à quelques dizaines de mètres de son débouché lorsque la circulation se fait en sens unique.

Une pointe plus importante de pollution, parfois deux, peut apparaître entre 1,5 mètre et 10 mètres au-dessus de la chaussée en liaison avec les conditions météorologiques.

Lorsqu'un certain nombre de ces conditions défavorables sont réunies, surtout si le trafic est perturbé, les teneurs en monoxyde de carbone deviennent dangereuses, surtout pour le conducteur du véhicule, mais également pour tous ceux qui stationnent dans les rues surtout s'ils sont fumeurs ou pour de jeunes enfants qui habitent au rez-de-chaussée ou au premier étage si les fenêtres restent ouvertes lors des embouteillages.

La pollution paraît moins grave sur les autoroutes car elles traversent essentiellement des campagnes et la végétation reste insensible à ce type d'émission ; la circulation est généralement plus rapide et la dispersion du CO est très rapide. Mais les dangers subsistent surtout pour les conducteurs quand la circulation est ralentie (tunnels) dans les sites en déblai où les teneurs sont en moyenne 40% plus élevées, dans les vallées à cause des inversions thermiques (phénomène aggravé lorsqu'il y a un ralentissement lié à la montée d'une côte), lorsque le vent souffle parallèlement à la chaussée. Ils subsistent également quand l'autoroute traverse une agglomération surtout si elle est située à niveau. Sous le vent de l'autoroute, on peut avoir une augmentation du niveau de la pollution de 40 mg/m³ à 300 mètres de la chaussée. On a pu constater des différences d'une dizaine de ppm entre des postes situés au vent et sous le vent au voisinage de la 86 à Gentilly entre le 27 mai et le 18 juin 1974.

II. OXYDES D'AZOTE ET HYDROCARBURES

L'émission des hydrocarbures est importante ; à Los Angeles, la concentration dépasse 30 ppm. Elle serait supérieure dans le centre des villes. Des études faites en Allemagne ont montré que les hydrocarbures seraient responsables de l'augmentation des cancers chez les personnes qui résident à proximité d'une autoroute. Ils participent également à l'élaboration du brouillard photochimique.

La teneur de l'air en oxydes d'azote croît avec la vitesse des véhicules. Elle est plus élevée sur les voies périphériques et les autoroutes que dans le centre des villes où le trafic est lent. Elle varie étroitement avec l'intensité de la circulation ; elle passe par un maximum entre 8 et 10 heures et 17 et 20 heures à Paris. Les mesures enregistrées au cours de la semaine sont le triple de celles du week-end.

Citons quelques chiffres :

Le monoxyde d'azote est plus lié au trafic que le dioxyde. Leur participation dans le smog photochimique est déterminante. Une étude très poussée a été entreprise à Los Angeles pour montrer la formation du brouillard oxydant qui provoque irritation, troubles respiratoires..., atteintes de la végétation. L'émission du monoxyde d'azote et des hydrocarbures favorise la formation du dioxyde d'azote qui passe par un maximum vers 9/10 heures tandis que le monoxyde diminue progressivement. Une nouvelle transformation se produit sous l'action de la chaleur (plus de 16°) d'une forte radiation solaire de certains types de masse d'air (tropical), favorisée aussi par l'influence la brise de mer qui provoque une inversion thermique : l'ozone, le PAN (peroxydeacétile d'azote) se développent et peuvent entraîner l'apparition du brouillard oxydant formé de particules assez grosses qui donnent une teinte jaunâtre à l'air. Le taux d'ozone passe par un maximum entre 13 et 15 heures.

Ceci nous permet de comprendre pourquoi, à Paris, les plus fortes teneurs d'ozone sont relevées en août malgré le trafic réduit. A Nice, une teneur en ozone supérieure à 0,06 ppm considéré comme seuil critique est relevée occasionnellement de mai à septembre (une mesure sur quatre en juillet et août) surtout entre 12 et 15 heures. La concentration horaire maximum a atteint 0,095 ppm en 1974, 0,103 en 1975. Ses valeurs sont bien inférieures à celles relevées aux Etats-Unis (0,13 à 0,40 dans la région de Los Angeles, 39 jours de brouillard oxydant en moyenne en 1974-1975, 0,13 à 0,26 ppm à New York avec 20 jours de brouillard). Le maximum de concentration est souvent situé entre 15 et 30 kilomètres du centre ville, sous le vent.

Même en dehors de toute formation de brouillard photochimique, les oxydes d'azote peuvent provoquer des troubles respiratoires lorsque leur teneur dépasse 190 µg/m³ pendant une heure. La toxicité du NO₂, relativement faible en ce qui concerne la végétation, augmente en présence de SO₂ ou de O₃.

III. FUMÉES, POUSSIÈRES, PLOMB.

La circulation automobile entraîne l'émission de fumées, de poussières composées surtout de fer, de brome, de calcium, de plomb ; elle remet en mouvement de nombreuses matières particulaires. Elle serait le principal facteur responsable de la pollution par les fumées pour le Grand Londres. A Paris, pendant l'été, le capteur de fumées noires à proximité du périphérique Nord enregistre une variation des teneurs proches de celles du monoxyde de carbone et du plomb, fort éloignée de celles de l'acidité forte (symbole de la pollution urbaine) : 103 µg/m³ comme moyenne annuelle

(38 dans le XVI^e arrondissement, 142 le 31 août 1977 jour où le trafic a été très intense). Les plus grosses particules se déposent à moins de 5 mètres de la chaussée, les fumées à moins de 100 mètres, en règle générale. Une trop forte concentration peut avoir une influence néfaste sur l'appareil respiratoire, les allergies ou la végétation (stomates des feuilles). Le plus préoccupant de ces polluants est le plomb qui s'accumule en abondance dans les zones à grande circulation.

70 à 80 % du plomb présent dans l'essence sont rejetés dans l'atmosphère : les 2/3 sont des particules très fines emportées par le vent, le reste se dépose à proximité. En Belgique, le dépôt de plomb varie de 100 à 300 kg/an par kilomètre d'autoroute. A Paris, la teneur annuelle, selon des postes, oscille entre 0,7 et 7 µg/m³. La norme de qualité de l'air nécessaire à la protection des jeunes enfants a été fixée à 1,5 µg/m³ moyenne trimestrielle, aux Etats Unis. Ceci montre la gravité du problème dans les villes. A Dusseldorf, la concentration du plomb tombe à 50 % des valeurs habituelles les dimanches sans trafic. Les conditions météorologiques jouent un rôle important (inversions thermiques, faible vent, absence de pluie...). Lorsque le temps est propice à l'accroissement de la pollution, la présence du plomb dans les villes présente de graves dangers. Des études faites sur 99 personnes vivant à moins de 800 mètres d'une autoroute ont montré l'accroissement du taux de plomb dans le sang 5 mois après la mise en service de la chaussée.

Des mesures effectuées en Grande Bretagne le long de la M40 (trafic : 90 000 véhicules par jour) montrent cette influence de la distance à la route sur la végétation et le sol.

Des échantillons de feuilles de betteraves, de pommes de terre, du fourrage, prélevés à proximité de l'autoroute présentent des teneurs supérieures à 10 ppm considérés comme seuil limite. Le problème des cultures proches de la chaussée est donc préoccupant surtout si l'autoroute est à niveau. Si elle est en remblai, les particules vont plus loin (400 mètres sous le vent) mais le taux de concentration est moindre.

La pollution par l'automobile ne cessera de diminuer. De nombreuses recherches sont effectuées pour diminuer l'émission du plomb et des hydrocarbures ; les constructeurs font de gros efforts dans ce sens. Les contrôles se multiplient : pour un même type de véhicules l'émission du CO peut passer de 42 à 140 g par essai, des hydrocarbures de 4 à 7,8, des oxydes d'azote de 2,4 à 6. En France, un véhicule sur quatre environ était en infraction en 1978.

Gisèle ESCOURROU

Université de Paris

Proportion de plomb par rapport à la matière sèche et au sol en fonction de la distance de la chaussée (µg/g)			
distance	végétation		sol
terre-plein central	875		
0 mètre	572 à 875	selon	1621
5 mètres	392 à 770	que la végétation	364
15 mètres	228 à 628	est située	210
50 mètres	83 à 162	au vent	167
100 mètres	75	ou sous le vent	

BIBLIOGRAPHIE

BRODINE V. Air pollution, Harcourt Brace Jovanovich, 1973, 204 p.

ESOURROU G. Climat et Environnement, Masson, 1980, 182 p.

Laboratoire Central de la Préfecture de Police : Etudes des pollutions atmosphériques à Paris et dans les départements périphériques en... Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie : La pollution de l'air en France en... OCDE La route et l'environnement urbain, 1975, 202 p.

Nombreux autres articles tirés des revues : Atmosphérique Environnement (en particulier Vol. 12), Etudes documentaires du CITEPA (59,60), J. of applied Meteorology, J. of the Air Pollution Control, Pollution atmosphérique (N° 59,82,85,78).