

Gaz d'échappement des véhicules à moteur: évolution des émissions polluantes du trafic routier privé de 1950 à 2000

Autor(en): **Infanger, Kurt**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **113 (1987)**

Heft 8

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76370>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Gaz d'échappement des véhicules à moteur

Evolution des émissions polluantes du trafic routier privé de 1950 à 2000

par Kurt Infanger, Berne

L'Office fédéral de la protection de l'environnement a publié, au début de l'année, une étude qui présente l'évolution des émissions polluantes du trafic routier privé (voyageurs et marchandises) de 1950 à 1984 et qui établit des projections jusqu'à l'an 2000. Ce rapport très détaillé constitue un instrument dans la planification de mesures contre la pollution atmosphérique. Ses résultats sont non seulement l'un des éléments de base de la stratégie de lutte contre la pollution de l'air du Conseil fédéral; ils seront également un outil de travail précieux pour les cantons et les communes chargés de l'application de la Loi fédérale sur la protection de l'environnement et, en particulier, de l'Ordonnance sur la protection de l'air.

Le présent article résume brièvement le déroulement de l'étude et présente les principaux résultats des nombreux calculs d'émissions. Les données de base utilisées, à savoir les coefficients d'émission et les prestations de circulation des diverses catégories de véhicules, seront discutées dans le cadre de deux articles à paraître prochainement dans *Ingénieurs et architectes suisses*.

Nombre de politiciens et de ceux qui aimeraient le devenir semblent actuellement compter sur une « onde verte » d'une nouvelle sorte comme tremplin. L'automobile est l'objet d'attaques virulentes ou suscite des plaidoyers non moins acharnés. Et si nous nous informions objectivement, chiffres en mains? Nous sommes certains que nos lecteurs feront cet effort, grâce à cet article et à ceux qui vont suivre: nous les aiderons ainsi à combattre les hystéries de tout bord.

Rédaction

valeurs correspondent aux émissions globales suisses du trafic routier privé pour les années 1950 à 2000 et pour les polluants suivants:

- monoxyde de carbone (CO)
- hydrocarbures (HC)
- oxydes d'azote (NO_x)
- plomb (Pb)
- anhydride sulfureux (SO₂)
- suie.

Les émissions polluantes sont établies de façon différenciée

- pour les catégories de véhicules:
 - voitures de tourisme (VT)
 - voitures de livraison (VL)
 - camions (Cam.)
 - autocars privés (Car)
 - motocycles (Moto)
 - cyclomoteurs (Véлом.)
- et pour les catégories de routes:
 - autoroutes
 - autres routes à l'extérieur des localités
 - routes à l'intérieur des localités.

Les consommations d'essence et de diesel du trafic routier privé ont été également calculées pour les années 1950 à 2000.

Les émissions polluantes du trafic routier présentent des différences régionales marquées suivant la densité des routes et

Introduction

La pollution atmosphérique a augmenté continuellement en Suisse depuis le début des années cinquante. Elle se traduit par des atteintes toujours plus graves à notre environnement. Les eaux, le sol, les plantes, les biens culturels, les matériaux et finalement les êtres humains eux-mêmes sont menacés. La pollution atmosphérique atteint un seuil qui n'est plus sans danger pour la santé de l'homme et pour son environnement.

A côté des foyers domestiques et de l'industrie, la circulation routière est devenue une source importante de pollution atmosphérique. Cela s'explique par la croissance vertigineuse qu'elle a connue au cours des trente dernières années. Tout comme l'effectif des véhicules à moteur, la mobilité individuelle et, parallèlement, les trajets effectués en automobile ont fortement progressé. Les gaz d'échappement en sont l'une des conséquences directes.

Seules quelques estimations simplifiées et globales de l'évolution des émissions ont été présentées jusqu'à présent. Une étude détaillée exige toutefois une analyse poussée de la documentation et des informations de base, ainsi que d'importants calculs à l'aide de modèles. Sur le plan fédéral, ces travaux sont en cours depuis plusieurs années. L'étude qui vient d'être publiée en fait la synthèse. Elle a été réalisée par l'Office fédéral de la protection de l'environnement et l'Etat-major pour les questions de transport, avec l'aide du bureau de planification Abay + Meyer, Zurich.

Méthode de travail

Le déroulement général de l'étude est présenté schématiquement à la figure 1.

Les paramètres de base les plus importants pour le calcul des émissions sont les suivants:

- prestations de circulation annuelles (nombre de véhicules-kilomètres) des différentes catégories de véhicules réparties selon diverses classes de vitesses et catégories de routes;
- coefficients d'émission, c'est-à-dire les émissions effectives de polluants par kilomètre parcouru pour les diverses catégories de véhicules en fonction de l'année de construction, du genre de moteur et de la vitesse.

Les calculs des émissions ont été exécutés par traitement électronique des données et ont permis d'obtenir plus de 350 résultats pour chaque année considérée. Ces

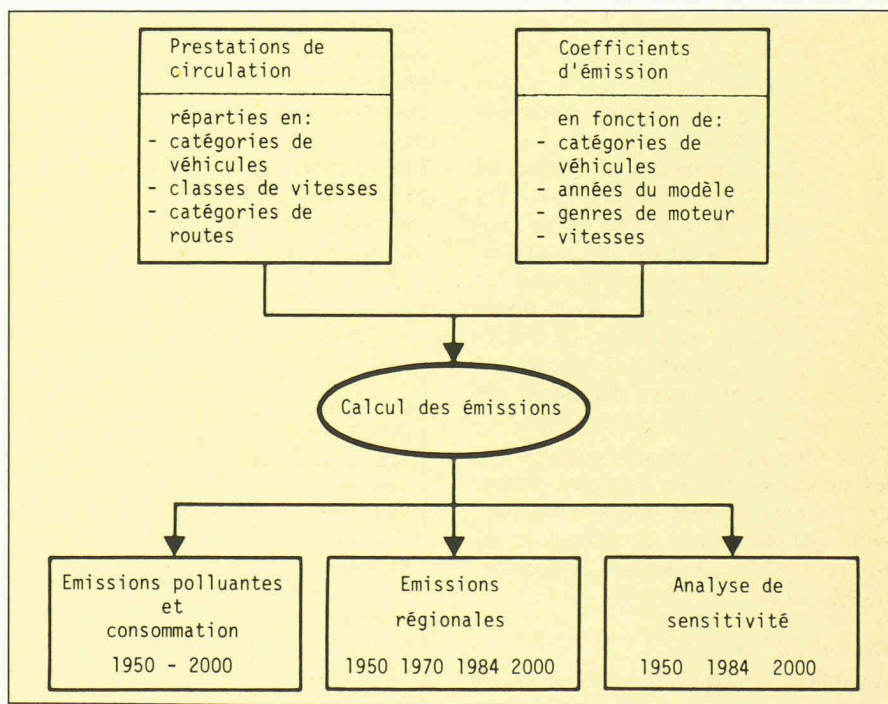


Fig. 1. - Déroulement général de l'étude.

le volume de trafic. Les résultats relatifs à certaines années ont été par conséquent ventilés sur les 100 régions dites « d'aménagement du territoire » et également sur chacun des 26 cantons suisses.

Afin d'estimer la fiabilité des résultats, des analyses de sensibilité ont été effectuées. Elles ont porté sur l'année 1984 ainsi que sur les années situées de part et d'autre de la période considérée (1950 et 2000).

Modèle des émissions

Le modèle des émissions calcule par agrégations successives les émanations annuelles totales des diverses catégories de véhicules à partir des données de base mentionnées ci-dessus. Pour ce calcul, on part de l'hypothèse que la structure du parc en fonction de l'âge des véhicules et du genre de moteur est identique dans toute la Suisse.

Le déroulement du calcul est expliqué brièvement à l'exemple des émissions d'oxydes d'azote des voitures de tourisme. Les calculs ont été faits à l'aide de la formule présentée ci-dessous. Afin de ne pas surcharger cette formule, la distinction entre les voitures entraînées par un moteur à essence et celles munies d'un moteur diesel n'est pas faite ici, alors qu'elle l'est dans le modèle.

$$NO_x (VT_{\text{à chaud}}, J) = \sum_s \sum_g \sum_n f_{sg} \cdot a_n \cdot e_{ng}$$

où NO_x

($VT_{\text{à chaud}}, J$):

émissions d'oxydes d'azote « à chaud » des voitures de tourisme pour l'année de référence J

f_{sg} : prestations de circulation des VT pour l'année de référence J , sur la catégorie de routes s et dans la classe des vitesses g ($s = 1 \text{ à } 3$; $g = 1 \text{ à } 13$)

a_n : proportion des VT qui sont âgées de n années pour l'année de référence J ($n = 1 \text{ à } 13$)

e_{ng} : émanation moyenne de NO_x (gramme par kilomètre) d'une VT de l'année du modèle ($J-n$) dans la classe de vitesses g

$\sum_{s,g,n}$: sommation pour toutes les catégories de routes (s), classes de vitesses (g) et classes d'âges (n) des voitures de tourisme.

Cette formule permet de constater que les émissions totales d'oxydes d'azote des voitures de tourisme s'obtiennent, pour chaque année de référence, par sommation de nombreuses émanations individuelles.

Départs à froid

A l'aide de la formule précédente, seules les émissions produites lors du fonctionnement « moteur chaud » sont calculées.

Des émissions supplémentaires découlent toutefois de la mise en marche du « moteur froid » (après plusieurs heures d'arrêt) dans le cas des véhicules à essence. Ces émanations supplémentaires résultant des départs à froid dépendent également de la composition du parc selon l'âge des véhicules et le genre de moteur utilisé, ainsi que du nombre de départs à froid par jour de chacune des catégories de véhicules.

Les émissions supplémentaires résultant des départs à froid ont été calculées - toujours à l'exemple des émanations d'oxydes d'azote des voitures de tourisme et pour l'année de référence J - à l'aide de la formule suivante :

$$NO_x (VT, \text{départs à froid}, J) = 365 \cdot B \cdot DF \cdot \sum_n a_n \cdot k_n$$

où B : effectif des VT équipées d'un moteur à essence pour l'année de référence J

DF : nombre de départs à froid par jour pour l'année de référence J

a_n : proportion des VT qui sont âgées de n années pour l'année de référence J ($n = 1 \text{ à } 13$)

k_n : émanation supplémentaire moyenne de NO_x par départ à froid (gramme par départ à froid) d'une VT de l'année du modèle ($J-n$)

\sum_n : sommation pour toutes les classes d'âges des voitures de tourisme.

Les émissions totales d'oxydes d'azote des voitures de tourisme s'obtiennent par addition des émissions à chaud et des émanations supplémentaires résultant des départs à froid.

Les émissions supplémentaires d'oxydes d'azote sont calculées de façon analogue pour les autres catégories de véhicules.

Pertes par évaporation

Des émissions supplémentaires d'hydrocarbures résultent également de l'évaporation du carburant à partir du réservoir et du carburateur des véhicules fonctionnant à l'essence; elles sont désignées sous le terme de pertes d'hydrocarbures par évaporation du carburant. Ces dernières dépendent aussi de la composition du parc et de la catégorie de véhicules.

Elles ont été calculées - à l'exemple des voitures de tourisme et pour l'année de référence J - à l'aide de la formule suivante :

$$HC (VT, \text{pertes par évaporation}, J) = 365 \cdot B \cdot \sum_n a_n \cdot d_n$$

où B : effectif des VT équipées d'un moteur à essence pour l'année de référence J

a_n : proportion des VT qui sont âgées de n années pour l'année de référence J ($n = 1 \text{ à } 13$)

d_n : émanation supplémentaire moyenne de HC par évaporation du carburant (gramme par jour) d'une VT de l'année du modèle ($J-n$)

\sum_n : sommation pour toutes les classes d'âges des voitures de tourisme.

Les pertes d'hydrocarbures par évaporation du carburant sont calculées de façon similaire pour les autres catégories de véhicules, avant d'être ajoutées aux émissions d'hydrocarbures déterminées précédemment.

Les émissions globales d'oxydes d'azote du trafic routier privé s'obtiennent finalement par sommation des émanations des diverses catégories de véhicules: voitures de tourisme, voitures de livraison, camions, autocars, motocycles et cyclo-moteurs.

Il a été procédé de façon analogue pour le calcul des émissions des autres polluants et pour celui de la consommation de carburant.

Résultats pour l'année 1984

Emissions polluantes des diverses catégories de véhicules

Les émissions polluantes calculées par le modèle pour l'année 1984 sont présentées dans le tableau 1, séparément pour chacune des catégories de véhicules.

- Par rapport aux émissions totales du trafic routier, les voitures de tourisme émettent 84 pour cent du monoxyde de carbone, 63 pour cent des hydrocarbures, 72 pour cent des oxydes d'azote et 90 pour cent du plomb.

- Les camions sont par contre responsables de quelque 65 à 70 pour cent des

TABLEAU 1. - Emissions polluantes des diverses catégories de véhicules en 1984.

Catégorie de véhicules	Emissions polluantes (t)					
	CO	HC	NO _x	Pb	SO ₂	Suie
Voitures de tourisme	370 000	53 700	107 500	450	1300	80
Camions	11 700	7 000	32 700	2	3100	470
Voitures de livraison	25 900	4 100	7 500	35	230	80
Autocars	400	300	1 500	-	140	20
Motocycles	12 000	6 500	150	5	10	-
Cyclomoteurs	22 000	13 400	150	8	20	-
Total (1984)	442 000	85 000	149 500	500	4800	650

émissions d'anhydride sulfureux et de suie. Leur part dans les émissions d'oxydes d'azote n'est par ailleurs pas négligeable puisqu'elle atteint environ 22 pour cent.

- La part des *voitures de livraison* oscille, suivant le polluant considéré, entre 5 et 12 pour cent.

- Les émissions des *autocars privés* sont, dans leur ensemble, relativement peu importantes.

- Les émissions des *motocycles* sont aussi relativement faibles. La part des motocycles dans les émissions de monoxyde de carbone représente 3 pour cent, celle dans les émissions d'hydrocarbures moins de 8 pour cent.

- Les émissions des *cyclomoteurs*, tout particulièrement celles d'hydrocarbures, sont par contre importantes. En effet, les vélomoteurs émettent non moins de 16 pour cent des hydrocarbures provenant du trafic routier.

Emissions polluantes sur les diverses catégories de routes

La répartition des émissions sur les diverses catégories de routes (autoroutes, autres routes hors des localités et routes en localités) pour les polluants monoxyde de carbone, hydrocarbures et oxydes d'azote est présentée à la figure 2.

- La majeure partie des émissions de *monoxyde de carbone* (57 pour cent) est produite aux basses vitesses pratiquées sur les routes à l'intérieur des localités. Ces dernières enregistrent près de deux fois plus d'émissions de monoxyde de carbone que les autres routes hors des localités, et environ trois fois plus que les autoroutes.

- Dans le cas des *hydrocarbures*, c'est 65 pour cent des émissions totales qui résultent du trafic à l'intérieur des localités. Les émissions y sont près de trois fois supérieures à celles produites sur les routes à l'extérieur des localités, et cinq fois plus élevées que sur les autoroutes.

- La situation est diamétralement opposée dans le cas des oxydes d'azote. Quelque 77 pour cent des émissions totales se produisent aux vitesses élevées sur les autoroutes et les autres routes hors des localités. Seul le quart environ des émissions totales d'oxydes d'azote découle de la circulation à l'intérieur des localités.

Comparaison entre les émissions polluantes et les prestations de circulation

En comparant la répartition des émissions polluantes des voitures de tourisme sur les diverses catégories de routes avec celle de leurs prestations de circulation correspondantes, on obtient les résultats présentés à la figure 3.

Par rapport à leur part aux prestations de circulation, les voitures de tourisme émettent proportionnellement moins de *monoxyde de carbone* et d'*hydrocarbures* sur les autoroutes et les autres routes à

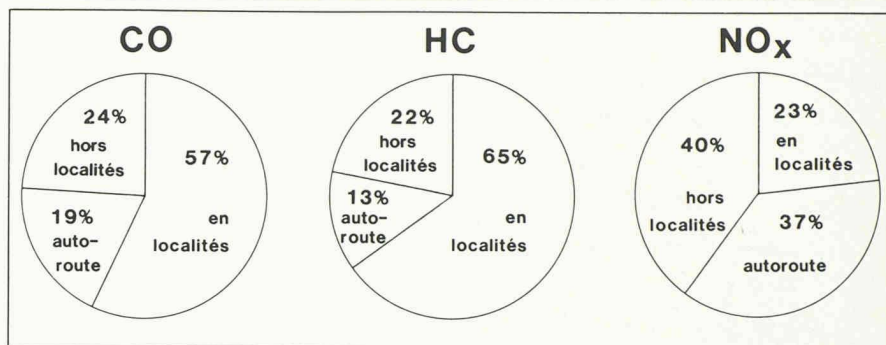


Fig. 2. — Répartition des émissions polluantes du trafic routier sur les diverses catégories de routes en 1984.

l'extérieur des localités. A l'intérieur des agglomérations par contre, les émissions de CO et HC sont proportionnellement bien plus importantes. Cela s'explique par les caractéristiques propres aux coefficients d'émission : aux faibles vitesses, donc à l'intérieur des localités, les émanations de CO et HC sont nettement plus fortes qu'aux hautes vitesses telles qu'elles sont pratiquées sur les autoroutes ou les autres routes à l'extérieur des localités.

La situation est inversée dans le cas des émissions d'oxydes d'azote. Ces dernières sont particulièrement fortes sur les autoroutes. Si les voitures de tourisme ont environ 26 pour cent de leurs prestations de circulation sur les autoroutes, elles y émettent non moins de 38 pour cent de leurs oxydes d'azote. Sur les autres routes à l'extérieur des localités, les voitures de tourisme ont une part d'émissions d'oxydes d'azote égale à celle de leurs prestations de circulation. Aux basses vitesses par contre, les émanations de NO_x sont relativement faibles. Si près de 33 pour cent des prestations de circulation des voitures de tourisme s'effectuent sur routes à l'intérieur des localités, seuls 21 pour cent des émissions totales de NO_x de ces véhicules y sont émis.

Consommation de carburant

Plus de 2,6 millions de tonnes d'essence et près de 0,6 million de tonnes de diesel

ont été consommées sur le réseau routier suisse en 1984. Traduite en litres, cette consommation représente quelque 3500 millions de litres d'essence et environ 700 millions de litres de diesel. La consommation de carburant des diverses catégories de véhicules est présentée dans le tableau 2. Les voitures de tourisme consomment à elles seules les 90 pour cent de l'essence, les camions les 87 pour cent du diesel.

TABLEAU 2. — Consommation de carburant des diverses catégories de véhicules en 1984.

Catégorie de véhicules	Essence (t)	Diesel (t)
Voitures de tourisme	2 380 000	25 000
Voitures de livraison	170 600	25 600
Camions	8 200	512 000
Autocars	-	23 400
Motocycles	28 700	-
Cyclomoteurs	42 500	-
Total (1984)	2 630 000	586 000

Evolution des émissions polluantes de 1950 à 2000

Pour le calcul relatif aux années 1950 à 1984, on a pris en considération les prescriptions en matière de gaz d'échappement mises en vigueur durant cette

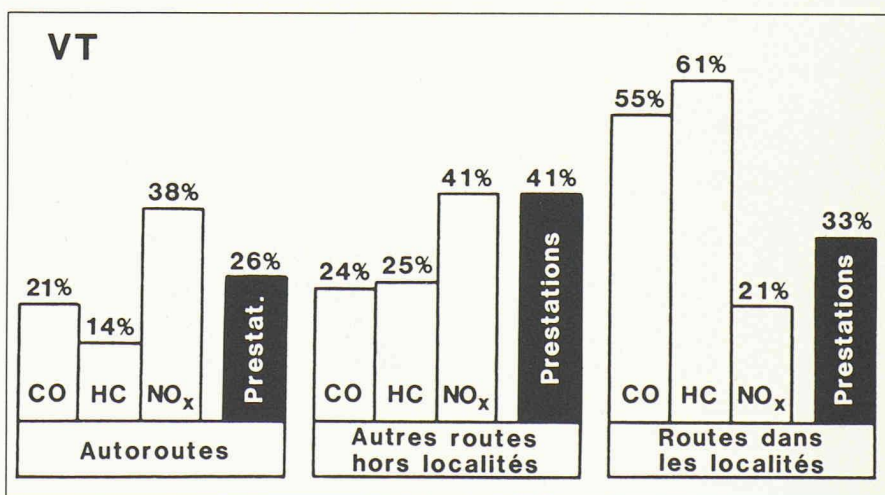


Fig. 3. — Comparaison entre les émissions et les prestations de circulation des voitures de tourisme en 1984.

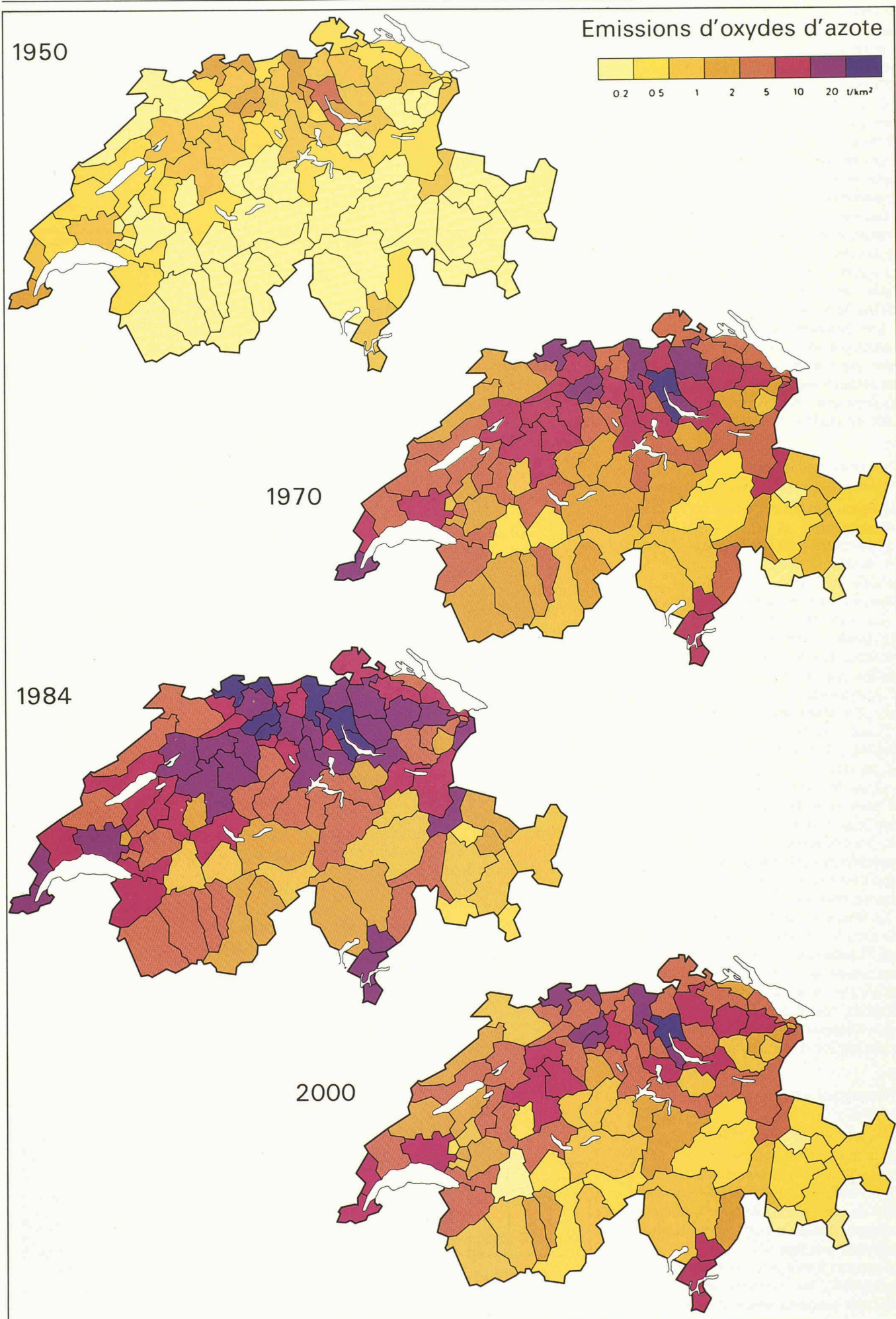


Fig. 8. — Evolution des émissions d'oxydes d'azote du trafic routier en Suisse de 1950 à 2000 (tonnes par unité de surface brute).

période. Pour les projections jusqu'à l'an 2000, seules les prescriptions édictées avant la fin de 1985, ainsi que celles se trouvant alors en phase concrète de réalisation ont été retenues. Ce sont :

Pour les voitures de tourisme

- La seconde étape de l'Ordonnance sur les gaz d'échappement (OGE 86) pour les nouvelles voitures équipées d'un moteur à essence, dès le 1^{er} octobre 1986.
- Des prescriptions équivalentes aux normes USA 83 (technique du catalyseur) pour les nouvelles voitures équipées d'un moteur à essence ou diesel, dès le 1^{er} octobre 1987.

Pour les véhicules utilitaires légers

- La seconde étape de l'Ordonnance sur les gaz d'échappement (OGE 86) pour les nouveaux véhicules équipés d'un moteur à essence et d'un poids total jusqu'à 2500 kg, dès le 1^{er} octobre 1986.
- Des prescriptions équivalentes aux normes américaines actuelles («light duty trucks») pour les nouveaux véhicules équipés d'un moteur à essence ou diesel et d'un poids total jusqu'à 3500 kg, dès le 1^{er} octobre 1988.

Entretien annuel obligatoire et contrôles périodiques des voitures automobiles légères entraînées par un moteur à essence, dès 1986.

Les normes sur les gaz d'échappement des camions, des motocycles et des cyclo-moteurs, édictées le 22 octobre 1986 par le Conseil fédéral, ne sont par contre pas prises en considération. L'abaissement temporaire (années 1985 à 1987) des vitesses maximales autorisées sur les routes à l'extérieur des localités et sur les autoroutes (régime 80/120) n'est pas non plus pris en compte.

Emissions de monoxyde de carbone

Les émissions de monoxyde de carbone du trafic routier privé atteignaient en 1984 environ 442 000 tonnes; elles étaient ainsi plus de cinq fois supérieures à celles de 1950. Suite aux prescriptions sur les gaz d'échappement et malgré l'accroissement du trafic, on assiste depuis 1973 à une réduction continue de ces émissions. En l'an 2000, le niveau alors atteint devrait être à peu près comparable à celui de l'année 1955. Par la suite, les émissions de CO devraient à nouveau légèrement augmenter étant donné l'accroissement des prestations de circulation. La répartition des émissions globales de monoxyde de carbone entre les diverses catégories de véhicules peut être tirée de la figure 4. On constate que les voitures de tourisme en sont la source principale. Si leur part dans les émissions totales représentait quelque 71 pour cent en 1950, elle atteignait près de 84 pour cent en 1984. Cette proportion devrait se réduire à environ 50 pour cent d'ici à l'an 2000.

Emissions d'hydrocarbures

Les émissions d'hydrocarbures étaient en 1984 plus de sept fois supérieures à celles de 1950. Un maximum d'environ 90 000 tonnes a été atteint en 1983. Depuis lors, elles se réduisent continuellement en raison des prescriptions sur les gaz d'échappement concernant les voitures de tourisme et celles de livraison. Globalement considérées, les émissions de HC devraient retrouver en l'an 2000 leur niveau de 1960. Les prescriptions USA 83 auront atteint, à la fin du siècle, leur complète efficacité. Les émissions d'hydrocarbures devraient par la suite à nouveau légèrement augmenter en raison de l'accroissement des prestations de circulation (fig. 5).

Jusqu'ici, c'est aux voitures de tourisme qu'incombait la plus grande part des émissions d'hydrocarbures; cette proportion représentait 55 pour cent en 1950; elle s'est accrue progressivement depuis, pour atteindre 63 pour cent. En l'an 2000 par contre, la contribution des voitures de tourisme ne devrait plus représenter qu'un cinquième environ des émissions totales de HC du trafic routier privé.

Emissions d'oxydes d'azote

Les émissions d'oxydes d'azote du trafic routier privé n'ont pas cessé de croître au cours des trente dernières années. Seule la crise pétrolière du milieu des années septante a provoqué une légère cassure dans cette croissance. Le maximum a été atteint en 1984 avec un total d'environ 150 000 tonnes. Par rapport à 1950, les émissions ont ainsi augmenté d'un facteur de 19 (fig. 6).

A l'avenir, les émissions d'oxydes d'azote se réduiront sensiblement. L'entrée en vigueur des nouvelles prescriptions sur les gaz d'échappement des voitures automobiles légères (technique du catalyseur) devrait conduire à une réduction de quelque 57 pour cent des émissions globales de NO_x du trafic routier à la fin du siècle. On devrait ainsi retrouver un niveau intermédiaire entre celui de l'année 1965 et celui de l'année 1970. Au-delà de l'an 2000, c'est-à-dire une fois l'efficacité totale des prescriptions sur les gaz d'échappement atteinte, les émissions d'oxydes d'azote devraient à nouveau progresser en fonction de l'accroissement probable du trafic.

Les émissions de NO_x des voitures de tourisme devraient se réduire d'environ 82 pour cent entre 1984 et l'an 2000 grâce à la technique du catalyseur. Celles des camions devraient par contre augmenter encore de près de 22 pour cent durant le même laps de temps pour autant qu'aucune prescription efficace ne sera édictée. Les émissions de NO_x des 50 000 camions seraient dans ce cas deux fois supérieures à celles des 3 millions de voitures de tourisme en l'an 2000.

Emissions d'anhydride sulfureux

Les émissions de SO₂ du trafic routier ont augmenté d'un facteur de 5 entre 1950 et 1984 pour atteindre 4800 tonnes; le maximum représentait 5200 tonnes en 1980. L'abaissement à 0,2 pour cent de la teneur en soufre du carburant diesel entraînera une réduction des émissions de SO₂ du trafic routier au cours des prochaines années. La tendance devrait toutefois s'inverser après 1990 en raison de l'augmentation de l'effectif des véhicules diesel qui se dessine, et en raison aussi de l'accroissement des prestations de circulation (fig. 7).

Les émissions de SO₂ du trafic routier proviennent aujourd'hui essentiellement des véhicules à moteur diesel. La part des camions dans les émissions totales atteignait 65 pour cent en 1984. Celle des voitures de tourisme, fonctionnant pourtant en grande majorité à l'essence, représentait tout de même 27 pour cent, compte tenu de leurs prestations de circulation élevées.

Ce rapport devrait se modifier d'ici à l'an 2000. Les camions devraient alors être responsables d'environ 48 pour cent, les voitures de tourisme d'environ 42 pour cent des émissions totales du trafic routier. Cela s'explique par le fait que l'on s'attend que la part des moteurs diesel au parc des voitures de tourisme passera de 1 pour cent actuellement à 5 pour cent en l'an 2000. Les émissions de SO₂ des voitures de tourisme devraient ainsi augmenter de plus de leur moitié entre 1984 et 2000. Par contre, les camions pourraient d'ici là émettre près du quart de SO₂ en moins.

Emissions polluantes régionales

Les émissions du trafic routier présentent des différences régionales marquées. La répartition régionale des émissions a donc été calculée pour les années 1950, 1970, 1984 et 2000.

La Suisse a été divisée en ses 100 régions dites «d'aménagement du territoire» pour lesquelles les données relatives au trafic sont également disponibles.

Il est évident qu'un tel calcul ne peut avoir qu'un caractère global. C'est la raison pour laquelle les hypothèses faites à ce sujet sont sommaires. En l'absence d'informations, il a fallu se fonder sur la supposition que le trafic en Suisse s'est développé depuis 1950 d'une façon à peu près uniforme dans toutes les régions. On a en revanche pris en considération le fait que le réseau autoroutier a été aménagé de façon différenciée selon les régions. On n'a toutefois pas pu tenir compte de la particularité de certaines liaisons qui gagnent considérablement en importance lors de la construction de routes à fort attrait (par exemple le tunnel routier du Saint-Gothard) et pour lesquelles on relève par conséquent des augmentations de trafic supérieures à la moyenne.

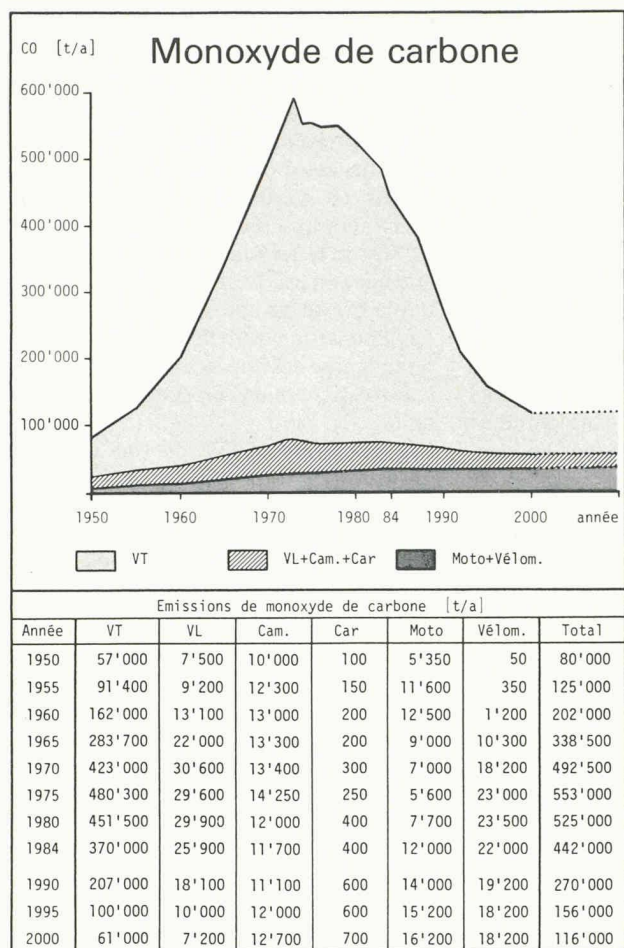


Fig. 4. — Emissions de monoxyde de carbone des diverses catégories de véhicules de 1950 à 2000.

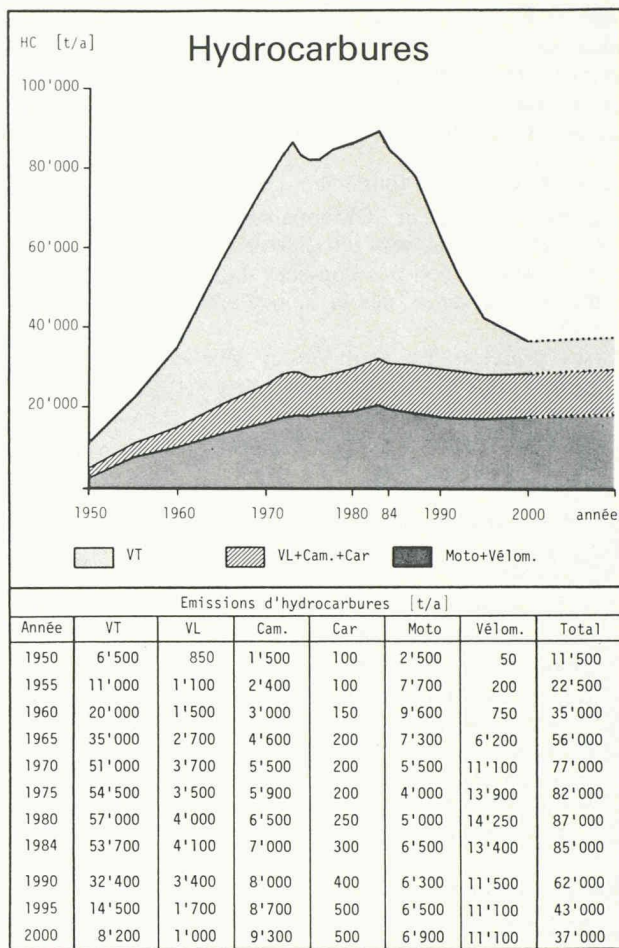


Fig. 5. — Emissions d'hydrocarbures des diverses catégories de véhicules de 1950 à 2000.

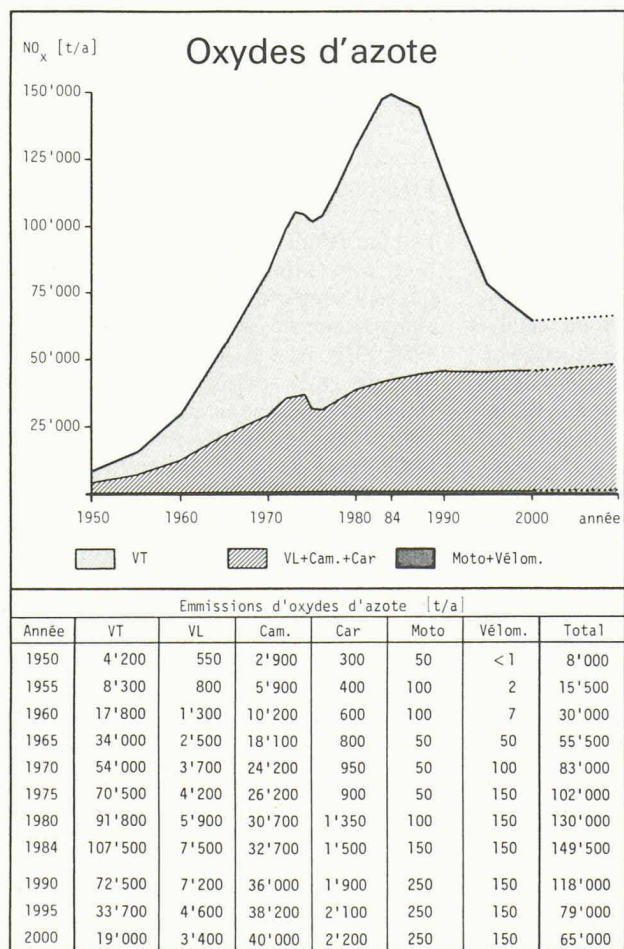


Fig. 6. — Emissions d'oxydes d'azote des diverses catégories de véhicules de 1950 à 2000.

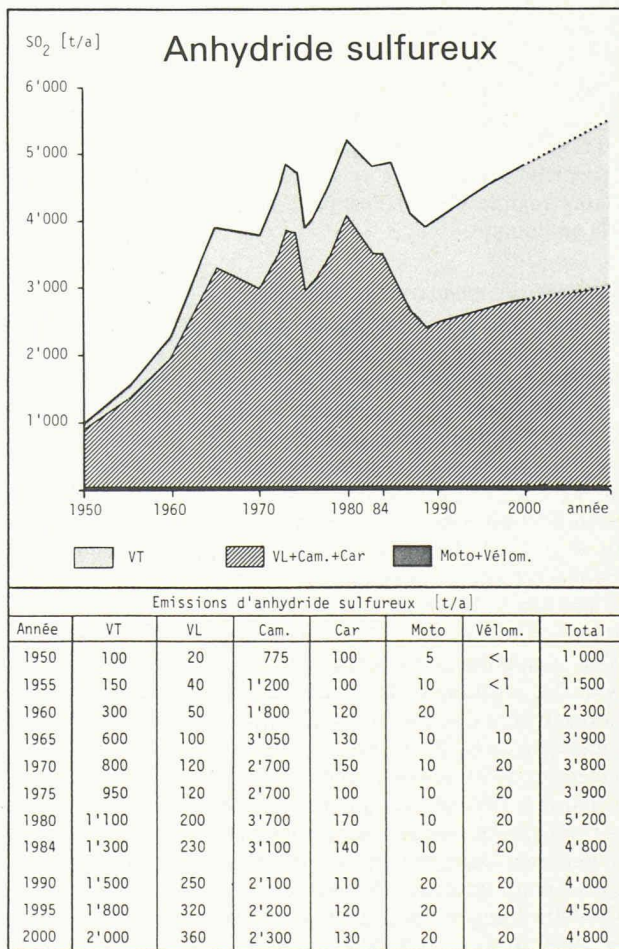


Fig. 7. — Emissions d'anhydride sulfureux des diverses catégories de véhicules de 1950 à 2000.

Dans de tels cas, la répartition régionale des prestations de circulation, et donc des émissions, peut être modifiée.

La répartition régionale des émissions du trafic routier privé pour les années considérées est présentée graphiquement à la figure 8 à l'exemple des oxydes d'azote. Les émissions de chacune des régions ont été rapportées à la surface brute (surface totale sans les forêts, les cours d'eau, les lacs ni les terres incultes). Il y a lieu de noter qu'il s'agit d'émissions moyennes par région. La répartition à l'intérieur même d'une région peut être cependant fort différente d'un endroit à l'autre, compte tenu des particularités locales. Les figures ne donnent donc qu'une vue d'ensemble sur le plan suisse.

L'image qui s'en dégage est sans conteste le reflet du réseau routier suisse et de la distribution géographique des grands centres urbains. Les émissions de polluants sont nettement plus importantes sur le Plateau et le long des grands axes routiers (route du San Bernardino par exemple). Elles sont toutefois maximales dans les agglomérations, là où vit plus de 60 pour cent de la population. On reconnaît ces centres urbains sur les cartes à leur coloration foncée.

L'évolution des émissions polluantes depuis 1950 ressort aussi clairement de ces figures. La charge polluante la plus faible était indéniablement celle de 1950. En l'an 2000, l'état de 1950 ne pourra pas être retrouvé. La carte de l'an 2000 relative aux oxydes d'azote est en effet très proche de celle de 1970.

Les émissions polluantes du trafic routier privé pour l'année 1984 ont également été déterminées séparément pour chacun des cantons. Les résultats figurent dans le tableau 3.

Analyse de sensibilité

Le modèle des émissions calcule les émanations polluantes du trafic routier à partir d'un nombre important de données de base. Ces grandeurs sont, par nature, liées à une certaine imprécision. L'exactitude du résultat final dépend donc de celle des divers paramètres de calcul. Afin d'estimer la fiabilité des résultats, des analyses de sensibilité ont été réalisées. Elles ont été faites pour l'année 1984 ainsi que pour les années situées de part et d'autre de la période considérée (1950 et 2000).

Compte tenu de l'importance considérable du temps de calcul, on s'est concentré sur les trois catégories de véhicules dominantes du point de vue des émissions (voitures de tourisme, camions et cyclomoteurs). Ces trois catégories sont en effet responsables des 80 à 90 pour cent des émissions totales du trafic routier privé.

Dans le cadre de ces analyses de sensibilité, on a fait varier les données de base suivantes :

TABLEAU 3. — Emissions polluantes du trafic routier en 1984 dans les divers cantons (en chiffres ronds).

Canton	Emissions polluantes en 1984 (t)					
	CO	HC	NO _x	Pb	SO ₂	Suie
Zürich	96 150	17 900	25 800	100	935	135
Bern	62 900	12 600	24 100	75	735	100
Luzern	18 400	3 750	6 200	20	195	25
Uri	2 200	450	900	3	30	5
Schwyz	9 400	1 750	3 650	10	110	15
Obwalden	1 450	300	500	2	15	2
Nidwalden	1 650	300	700	2	20	3
Glarus	2 350	450	1 050	3	30	5
Zug	5 250	1 100	2 000	6	60	8
Fribourg	11 300	2 500	5 300	15	150	20
Solothurn	16 800	3 250	6 050	20	185	25
Basel-Stadt	10 800	1 850	1 350	10	70	10
Basel-Landschaft	15 000	2 800	4 950	15	160	20
Schaffhausen	2 150	400	650	2	25	3
Appenzell AR	2 400	450	550	2	20	3
Appenzell AI	500	100	150	1	5	1
St. Gallen	26 650	4 900	9 250	30	300	40
Graubünden	11 050	2 200	5 250	15	155	20
Aargau	39 300	7 800	15 000	50	460	60
Thurgau	10 850	2 200	4 900	15	145	20
Ticino	16 050	2 850	4 600	20	155	20
Vaud	36 900	6 800	14 000	40	430	55
Valais	13 450	2 700	4 750	15	135	15
Neuchâtel	8 100	1 600	2 850	10	85	10
Genève	17 600	3 200	3 500	15	150	25
Jura	3 350	800	1 500	4	40	5
Total	442 000	85 000	149 500	500	4 800	650

- pour les voitures de tourisme et les camions :
 - prestations de circulation ;
 - répartition des prestations de circulation sur les autoroutes, les autres routes à l'extérieur et à l'intérieur des localités ;
 - distribution des vitesses sur les autoroutes, les autres routes hors des localités et en localités ;
 - coefficients d'émission pondérés en fonction de la composition du parc des véhicules pour les diverses classes de vitesses ;
- pour les cyclomoteurs :
 - prestations de circulation ;
 - coefficients d'émission pondérés en fonction de la composition du parc des cyclomoteurs.

Pour chacune des années analysées (1950, 1984 et 2000), c'est non moins de 18 250 exécutions des calculs d'émissions qui ont été réalisées pour diverses combinaisons des données de base.

Les résultats relatifs aux trois catégories de véhicules prises en considération peuvent être transposés aux émissions globales du trafic routier. On peut déduire de ces calculs de sensibilité que les émissions globales déterminées par le modèle de calcul peuvent présenter une imprécision de l'ordre de ± 10 pour cent en 1984 et de l'ordre de ± 20 pour cent en 1950 et 2000.

Les résultats calculés pour les années 1950 à 2000 ont aussi été analysés quant à

leur plausibilité. Pour ce faire, on a comparé la consommation de carburant calculée par le modèle avec les quantités écoulées en Suisse selon les statistiques relatives à la consommation d'énergie. Les consommations d'essence et de diesel calculées pour le trafic routier sont tout à fait plausibles. On peut en déduire que les émissions déterminées à l'aide du même modèle doivent aussi correspondre de façon satisfaisante à la réalité.

Conclusions

La pollution atmosphérique par le trafic routier privé est actuellement, et selon le polluant, de 5 à 19 fois plus élevée qu'en 1950. Le maximum des émissions de monoxyde de carbone a été atteint en 1973, celui des émissions d'anhydride sulfureux en 1980. La croissance s'est par contre prolongée au-delà de 1980 dans le cas des émissions d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote, puisque le maximum des émissions a été enregistré respectivement en 1983 et en 1984.

Les prescriptions sur les gaz d'échappement des véhicules à moteur édictées par le Conseil fédéral conduisent à un revirement dans l'évolution des émissions, et ce, malgré l'accroissement de la circulation. D'ici à la fin du siècle, les émissions du trafic devraient en effet se réduire de plus de la moitié, exception faite de celles d'anhydride sulfureux.

En l'an 2000, les émissions de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures devraient être inférieures à celles de 1960. Sur la base des prescriptions édictées jusqu'ici, les émissions d'oxydes d'azote ne pourront pas, par contre, être ramenées à leur niveau de 1960; elles seront alors près de deux fois supérieures à celles de 1960. En raison de l'accroissement attendu du parc des véhicules diesel et des prestations de circulation, les émissions d'anhydride sulfureux en l'an 2000 devraient même être comparables à celles de 1984.

Les mesures d'ordre technique dans le domaine de l'environnement ont indéniablement leurs limites: lorsque les prescriptions sur les gaz d'échappement seront pleinement effectives, c'est-à-dire à la fin du siècle, le potentiel de réduction des émissions sera épuisé. Si la croissance des prestations de circulation

Le rapport de quelque 270 pages intitulé *Emissions polluantes du trafic routier privé de 1950 à 2000* est disponible en langues française et allemande. Il porte le N° 55 dans la série « Les cahiers de l'environnement » et peut être obtenu auprès du Service de documentation de l'Office fédéral de la protection de l'environnement, 3003 Berne.

devait se poursuivre comme le prévoit l'Etat-major pour les questions de transport, il faudrait s'attendre alors que les émissions augmentent à nouveau. Ces conclusions s'appliquent aussi aux oxydes d'azote même si l'on tient compte de la première étape des prescriptions sur les gaz d'échappement des camions édictées par le Conseil fédéral en date du 22 octobre 1986. Malgré ces prescriptions, les émissions des camions augmenteront encore jusqu'à l'an 2000 en raison de l'ac-

croissement de leurs prestations de circulation; en d'autres termes, la première étape des normes n'est pas en mesure de compenser l'augmentation des volumes de trafic de ces prochaines années. En l'absence d'un renforcement de ces prescriptions, les quelque 50000 camions immatriculés en l'an 2000 pourraient émettre près de deux fois plus d'oxydes d'azote que les 3 millions de voitures de tourisme réunies. Le renforcement des normes relatives aux camions, renforcement par ailleurs déjà prévu par le Conseil fédéral, est donc absolument indispensable.

Adresse de l'auteur:

K. Infanger, ing. dipl. EPF/SVI
Office fédéral de la protection
de l'environnement
3003 Berne

Industrie et technique

Simulation du rayonnement solaire et « camion de l'espace »

Au Centre européen des techniques spatiales, l'ESTAC, de Noordwijk aux Pays-Bas, a été installé dernièrement un grand simulateur spatial pour expérimenter le comportement thermique de la nouvelle génération de fusées porteuses et de satellites de l'European Space Agency, l'ESA, dans des conditions d'irradiation solaire artificielles. Un élément important de cette installation géante est le simulateur solaire Susi, livré par l'entreprise Carl Zeiss d'Oberkochen en République fédérale allemande, au

terme de trois ans de travaux de mise au point et de construction. Sur une surface expérimentale de 28 m², il est possible de simuler un rayonnement solaire uniformément réparti, tel qu'il se présente en réalité dans l'espace. Pour créer la source lumineuse, les ingénieurs de la maison Zeiss ont eu recours à dix-neuf lampes spéciales à arc court au xénon, d'une puissance de 32 kW. Avec un diamètre de plus d'un mètre, la lucarne en quartz de cette chambre expérimentale représente une des multiples contributions de la maison Zeiss au développement des techniques spatiales modernes.

Autre élément important de la

surface expérimentale, un miroir de 7,2 m et ses 121 éléments refroidis au gaz et recouverts d'un revêtement spécial permettent de garantir un éclairage uniforme et stable.

Le simulateur solaire Susi, à la réalisation duquel ont également été associées, en sous-traitants, les maisons Siemens (approvisionnement électrique et commandes) et Weiss (techniques du froid), est un des plus grands du genre dans le monde.

L'industrie allemande a d'autre part soumis à l'ESA un projet de construction d'une navette spatiale qui doit porter le nom d'un célèbre chercheur et pionnier allemand dans le domaine des missiles et fusées, Eugen Sänger. Ce « camion de l'espace » avait été conçu par Eugen Sänger il y a des dizaines d'années déjà. Mais en raison du coût élevé de sa réalisation, la construction de cette navette spatiale ne pourrait être envisagée que dans le cadre d'une coopération internationale.

Des serres norvégiennes pour le Sahara

Ces jours-ci même, deux serres complètes et hautement spécialisées sont acheminées de Norvège vers le Nigéria. L'une de ces serres est construite en fonction de la forêt tropicale à climat pluvieux, l'autre est destinée aux régions désertiques où les difficultés viennent de la chaleur sèche, du sable et de la poussière.

C'est un ingénieur norvégien, inventeur et écologiste enthousiaste, qui est à l'origine de ces serres spécialisées. Il a renoncé récemment à une situation sûre pour se mettre littéralement au service de la nouvelle croissance. Il dirige actuellement une entreprise horticole exploitée dans des serres hautement spécialisées. Même si la température dans une grande partie de la serre peut descendre jusqu'à +2 °C en hiver ou monter jusqu'à 45 °C en été, les plantes jouissent constamment d'une température idéale grâce à des thermostats et à un système très étudié de ventilation qui as-

sure aux planches de culture une couche d'air contrôlée, correctement tempérée.

Les dépenses d'énergie sont minimes. Quand la température extérieure descend à 20 °C au-dessous de zéro, la dépense énergétique d'une serre d'une surface approchant de 0,2 ha correspond à celle que requiert une petite chambre à coucher dans un immeuble norvégien moderne. Une autre invention brevetée de cet ingénieur assure en outre aux plantes très exactement le degré d'humidité qu'elles requièrent. Elf Aquitaine de Norvège s'intéresse beaucoup à ces inventions. La société se porte acquéreur de deux serres de moindres dimensions, destinées au Nigéria où elles seront mises à l'étude pendant un an. L'inventeur lui-même envisage de développer et de produire en série les éléments requis par son système.

La production pétrolière de la Norvège dépasse celle du Koweït

La Norvège fait maintenant partie du club des millionnaires parmi les pays producteurs de pétrole. Sa production journalière moyenne, en novembre de l'année dernière, a été de 1000 730 barils. La Norvège a ainsi dépassé d'importants pays de l'OPEP, comme le Koweït, la Libye et les émirats arabes. Les exportations continueront à augmenter, malgré la « promesse » faite et tenue à l'OPEP de réduire les exportations de 10%. Jusqu'au 1^{er} octobre 1986, la production journalière moyenne sur le socle norvégien avait été de 788 000 barils compte tenu d'une grève de trois semaines au printemps.

Au cours des quatre à cinq années à venir, la Norvège enregistrera un niveau record de la production de pétrole et, d'une façon générale, on peut dire que la production de pétrole brut augmentera de 50% au cours de cette période. Le niveau le plus haut sera atteint au début des années 1990 et sera d'environ 1,4 million de barils.



Détail du simulateur solaire Susi.