Evolution de la qualité de l'air en France

J. Sampic

▶ **To cite this version:**

J. Sampic. Evolution de la qualité de l'air en France. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 2005, 50 p., cartes, graphiques, tableaux. hal-02150484

HAL Id: hal-02150484

https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02150484v1

Submitted on 7 Jun 2019

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

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

Évolution de la qualité de l'air en France

Certu

centre d'Études sur les réseaux,
les transports, l'urbanisme
et les constructions publiques
9, rue Juliette Récamier
69456 Lyon Cedex 06
téléphone : 04 72 74 58 00
télécopie : 04 72 74 59 00
www.certu.fr

Avis aux lecteurs

La collection Rapports d'étude du Certu se compose de publications proposant des informations inédites, analysant et explorant de nouveaux champs d'investigation. Cependant l'évolution des idées est susceptible de remettre en cause le contenu de ces rapports.

Le Certu publie aussi les collections :

Dossiers : Ouvrages faisant le point sur un sujet précis assez limité, correspondant soit à une technique nouvelle, soit à un problème nouveau non traité dans la littérature courante. Le sujet de l'ouvrage s'adresse plutôt aux professionnels confirmés. Le Certu s'engage sur le contenu mais la nouveauté ou la difficulté des sujets concernés implique un certain droit à l'erreur.

Références : Cette collection comporte les guides techniques, les ouvrages méthodologiques et les autres ouvrages qui, sur un champ donné assez vaste, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel courant doit savoir. Le Certu s'engage sur le contenu.

Débats : Publications recueillant des contributions d'experts d'origines diverses, autour d'un thème spécifique. Les contributions présentées n'engagent que leurs auteurs.

Catalogue des publications disponible sur http://www.certu.fr

NOTICE ANALYTIQUE

<table>
<tr><td colspan="4">Organisme commanditaire :
Centre d'études sur les réseaux, les transports,
l'urbanisme, et les constructions publiques</td></tr>
<tr><td colspan="4">Titre :Evolution de la qualité de l'air en France</td></tr>
<tr><td>Sous-titre :</td><td>Date d'achèvement :Janvier 2005</td><td colspan="2">Langue : Français</td></tr>
<tr><td>Organisme auteur :
Cete de Lyon</td><td>Rédacteurs ou coordonnateurs :
J Sampic</td><td colspan="2">Relecteur assurance qualité :
Vinot JP (CERTU)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Résumé :
Ce document est une synthèse des données disponibles en provenance des Associations Agrées de Surveillance de la Qualité de l'Air et surtout accessibles capables d'apporter des réponses argumentées aux questions posées ci-dessous.
Quelles évolutions constate-t-on, à partir des données de mesures des concentrations, sur les niveaux des polluants marqueurs de l'automobile (NO, NO2, PM10, COV, ….) ?:
En pollution de proximité des infrastructures routières
En pollution dite de fond urbain
Comment se situent ces valeurs par rapport aux seuils de la directive européenne ?:
En moyenne
En pointe
Les évolutions constatées sont elles générales sur le plan géographique ou constate-t-on des différences locales ?
Compte tenu de l'évolution prévisible du parc automobile, peut on raisonnablement tabler sur une diminution des concentrations sur le moyen terme et le long terme ?
Une conclusion générale en fin de rapport tente en une page de dégager les tendances constatées à ce jour et qui sont différentes d'un polluant à l'autre.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Remarques complémentaires éventuelles (rubrique facultative) :</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mots clés :pollution atmosphérique, station de trafic, station de fond</td><td colspan="2">Diffusion : libre</td></tr>
<tr><td>Nombre de pages :50</td><td></td><td>Confidentialité : non</td><td>Bibliographie : non</td></tr>
</table>

SOMMAIRE

1. Questions posées 7

2. Les polluants marqueurs de l'automobile. 9

2.1 Identification des tendances d'évolution de ces polluants et commentaires 11

3. Ces tendances générales se retrouvent elles dans les concentrations mesurées ?. 17

3.1 Que mesure t on, depuis quand, et où ? 17

3.2 Quelles tendances se dégagent ? 18

3.2.1 Examinons en premier lieu la synthèse publiée dans la revue pollution atmosphérique. 19

3.2.2 L'approche européenne 21

3.2.3 Le rapport ADEME « la qualité de l'air dans les agglomérations Françaises » bilan 2003 de l'indice ATMO. 24

3.3 Analyse de l'évolution de situations locales caractéristiques. 25

4. En conclusion de cette première partie, 35

5.1 La production d'ozone est fortement non linéaire deux régimes distincts apparaissent, l'un contrôlé par les Nox et l'autre par les COV 38

5.2 Le niveau de fond des concentrations d'ozone progressent dans l'hémisphère nord. 38

5.3 L'augmentation des températures et de l'ensoleillement ces dix dernières années est avérée en France. 39

5.4 La meilleure connaissance des phénomènes permet de localiser plus judicieusement les capteurs de mesure d'ozone. 40

6. Conclusions sur l'ozone, 43

7. Compte tenu de ces baisses de concentration constatées, existe t-il des expositions de population dépassant les limites fixées par la réglementation ? 45

8. En conclusions générales 47

1. Questions posées

Quelles évolutions constate-t-on, à partir des données de mesures des concentrations, sur les niveaux des polluants marqueurs de l'automobile (NO, NO2, PM10, COV, ….) ?

En pollution de proximité

En pollution dite de fond

Comment se situent ces valeurs par rapport aux seuils de la directive européenne ?

En moyenne

En pointe

Les évolutions constatées sont elles générales sur le plan géographique ou constate-t-on des différences locales ?

Compte tenu de l'évolution prévisible du parc automobile, peut on raisonnablement tabler sur une diminution des concentrations sur le moyen terme et le long terme ?

L'objet de ce document est d'apporter à partir de l'ensemble des données disponibles et surtout accessibles des réponses argumentées aux questions posées ci-dessus.

Dans la mesure du possible, nous avons respecté l'ordre des questions, mais forcement, que l'on trouvera dans le corps du texte des éléments de réponse qui sont apparus au cours de l'avancement de l'étude et qui auraient pu trouver leur place dans différents chapitres. Nous avons fait un choix probablement en partie arbitraire d'organisation du document, mais il fallait en faire un et celui-ci nous parle.

Les questions posées sont à l'évidence complexes et surtout présentent un caractère que nous qualifierons de « polémique » dans la mesure ou actuellement en France ces questions sont généralement abordées avec des arrières pensées idéologiques voire politiques. Dans ce contexte, il est difficile de s'affranchir et d'échapper totalement à ce contexte général, mais nous avons fait un effort particulier pour apporter les réponses les plus argumentées et recoupées par des informations de diverses provenances et sources.

Il ressort de ce travail que le contexte général décrit plus haut n'est absolument pas propice à une information claire et facilement accessible en provenance des instances et agences dont c'est pourtant l'une des missions.

2. Les polluants marqueurs de l'automobile.

Sur cette première question, il est nécessaire de bien s'entendre sur ces polluants marqueurs de l'automobile.

La définition la plus générale d'un polluant peut être la suivante (loi sur l'air)

« Constitue une pollution atmosphérique, l'introduction par l'homme ,directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels à provoquer des nuisances olfactives excessives. »

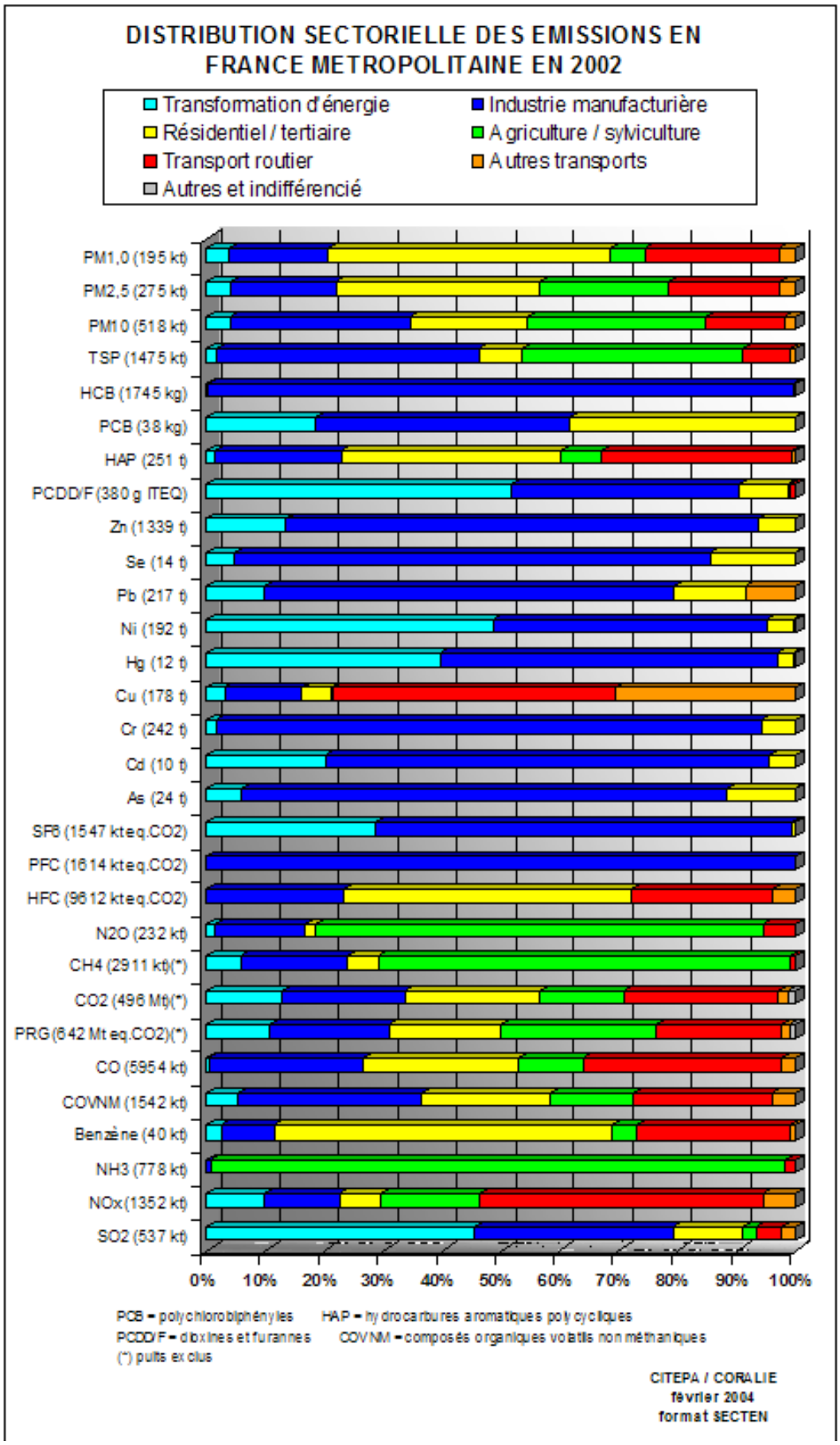
Ces substances seront des gaz, des particules solides ou liquides, et différents mélanges de ces formes. Il est possible de regrouper en grande famille la multitude de substances que recouvre cette large définition.

- Les composés carbonés,
- Les composés azotés,
- Les composés organiques volatils,
- Les hydrocarbures,
- Les composés soufrés,
- Les composés métalliques,
- Les particules

Il faut apporter une précision concernant les COV et les hydrocarbures dont les définitions peuvent se recouper entraînant souvent confusion. Les hydrocarbures sont constitués d'atomes d'hydrogène et de carbone les COV sont des substances qui contiennent au moins un atome de carbone et qui passent facilement à l'état de gaz. Ces deux définitions se recoupent, par exemple, le benzène est un hydrocarbure et est également un composé organique volatil. Généralement, sont classées sous le terme COV les substances ayant une activité particulière dans les réactions photochimiques propres à l'atmosphère.

La France fournit, aux instances internationales, au titre de la convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière et de la directive relative aux plafonds d'émissions nationaux des inventaires d'émissions détaillés et actualisés.

Ces inventaires sont réalisés par le CITEPA (centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique www.citepa.org) On retrouve dans ces inventaires les grandes familles de polluants décrites plus haut mais surtout ces quantités de polluants émises sont ventilés par secteurs d'activité. Cette information de très grande qualité constitue certainement le meilleur moyen d'identifier le plus objectivement les polluants dont l'émission provient majoritairement du transport routier. Le tableau suivant (année 2002) rassemble la synthèse des information nécessaires pour répondre à cette première question.


DISTRIBUTION SECTORIELLE DES EMISSIONS EN FRANCE METROPOLITAINE EN 2002
Transformation d'énergie
Industrie manufacturière
Résidentiel / tertiaire
Agriculture / sylviculture
Transport routier
Autres transports
Autres et indifférencié
PM1,0 (195 kt)
PM2,5 (275 kt)
PM10 (518 kt)
TSP (1475 kt)
HCB (1745 kg)
PCB (38 kg)
HAP (251 t)
PCDD/F (380 g ITEQ)
Zn (1339 t)
Se (14 t)
Pb (217 t)
Ni (192 t)
Hg (12 t)
Cu (178 t)
Cr (242 t)
Cd (10 t)
As (24 t)
SF6 (1547 kteq.CO2)
PFC (1614 kteq.CO2)
HFC (9612 kteq.CO2)
N2O (232 kt)
CH4 (2911 kt)(*)
CO2 (496 Mt)(*)
PRG (642 Mt eq.CO2)(*)
CO (5954 kt)
COVNM (1542 kt)
Benzène (40 kt)
NH3 (778 kt)
NOx (1352 kt)
SO2 (537 kt)
0%
10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
100%
PCB = polychlorobiphényles
HAP = hydrocarbures aromatiques polycycliques
PCDD/F = dioxines et furannes
COVNM = composés organiques volatils non méthaniques
(*) puits exclus
CITEPA / CORALIE
février 2004
format SECTEN

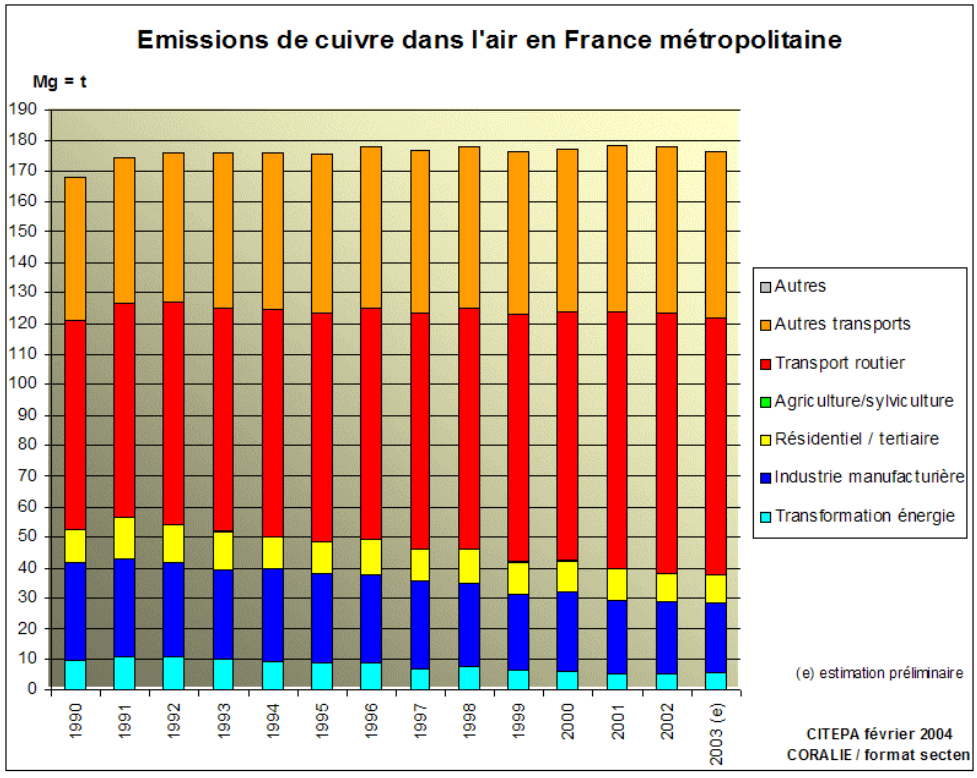
Ce tableau présente une situation qui, sur le plan de la contribution des transports, peut se résumer de la manière suivante :

Quatre types de polluants proviennent de manière majoritaire des transports routiers (plus de 30%), ce sont,
▪ Le cuivre, 48%, ▪ Les oxydes d'azote, 48% ▪ Le monoxyde de carbone 33% ▪ Les hydrocarbures aromatiques policycliques, 33%
Cinq autres polluants proviennent de manière importante des transports routiers, (plus de 20%)
▪ Les particules très fines (Pm1), 25% ▪ Le benzène, 25% ▪ Le gaz carbonique, 26% ▪ Les hydrofluorocarbures 23% ▪ Les composés organiques volatils non méthanique, 22%
enfin deux autres polluants proviennent de manière significative des transports routiers.(plus de 10%)
▪ Les particules de taille inférieure à 2,5µm, 18% ▪ Les particules de taille inférieure à 10 µm, 13%.

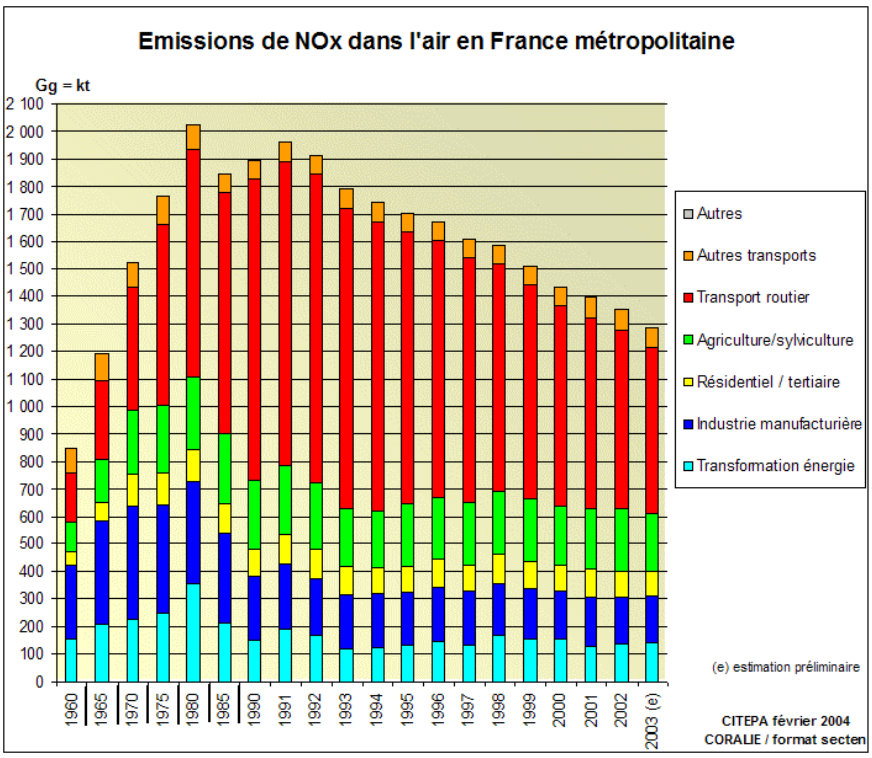
2.1 Identification des tendances d'évolution de ces polluants et commentaires

Le cuivre émis par le trafic routier provient exclusivement de l'usure des plaquettes de frein. A titre d'information, les émissions « autres transports » sont également le résultat d'usure, par exemple usure des caténaires pour le ferroviaire.

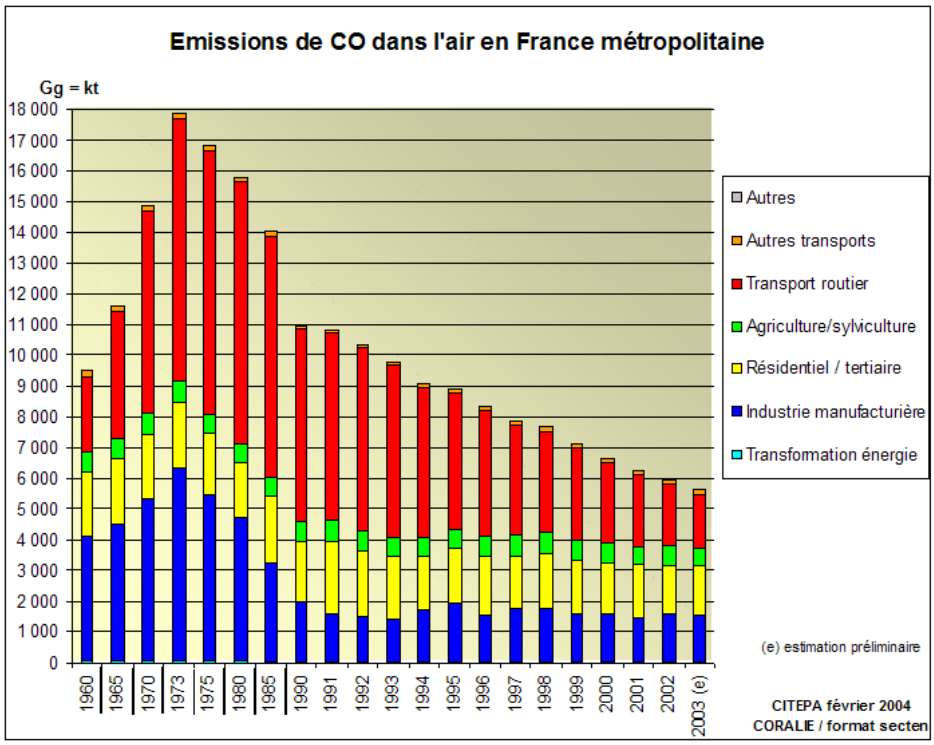
la situation n'évolue pas positivement depuis 1990, les quantités globales restent identiques et la part des transports routiers progresse probablement selon les mêmes modalités que les kilomètres parcourus en France.



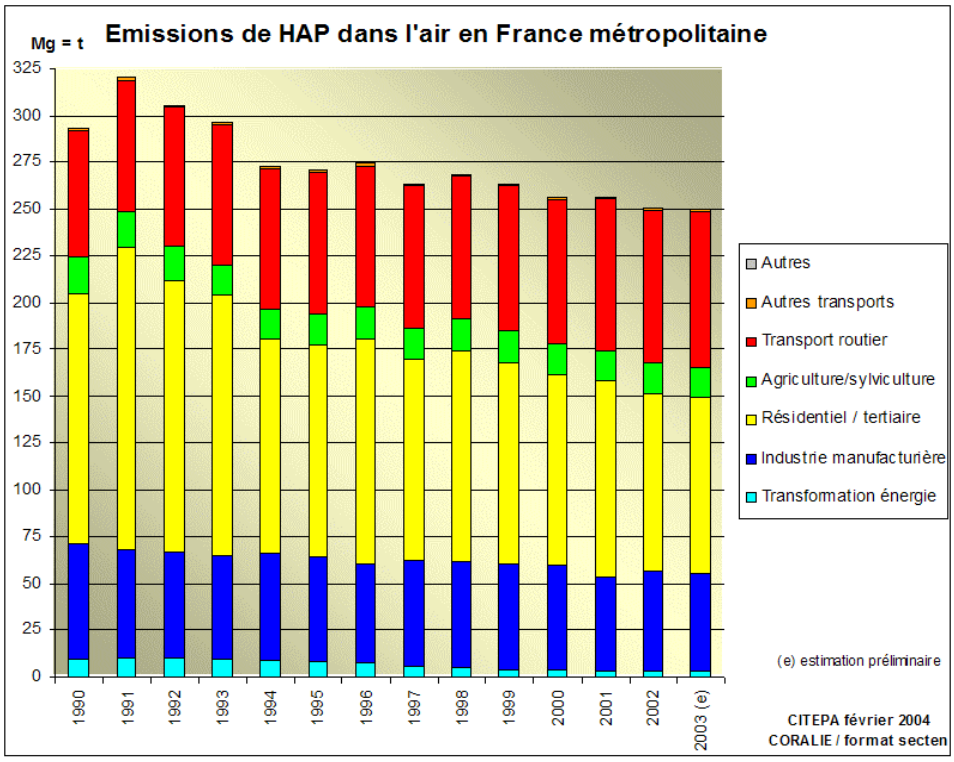
Les oxydes d'azote sont issus de combustions à hautes températures dans l'air ambiant. Après avoir atteint un maximum dans les années 80 90, de 1900 à 2000 Kt, la tendance est à une baisse régulière depuis maintenant 13 ans. Cette baisse est due en quasi totalité aux améliorations technologiques des moteurs (pot catalytique). Les normes euro III et euro IV contribueront à poursuivre cette tendance, mais sera t il possible d'atteindre l'objectif fixé par la directive plafond nationaux qui prévoit une baisse de 40% d'ici 2010 ?



Le monoxyde de carbone provient des combustions. Depuis 1973, les émissions diminuent régulièrement surtout dans le secteur des transports routiers pour les mêmes raisons que les oxydes d'azote (pot catalytique). Cette tendance à la baisse se poursuivra encore jusqu'à la pénétration complète de la norme euro IV dans le parc roulant (au moins 2020). Le rythme de cette baisse va bien évidement diminuer pour tendre vers une valeur plancher.

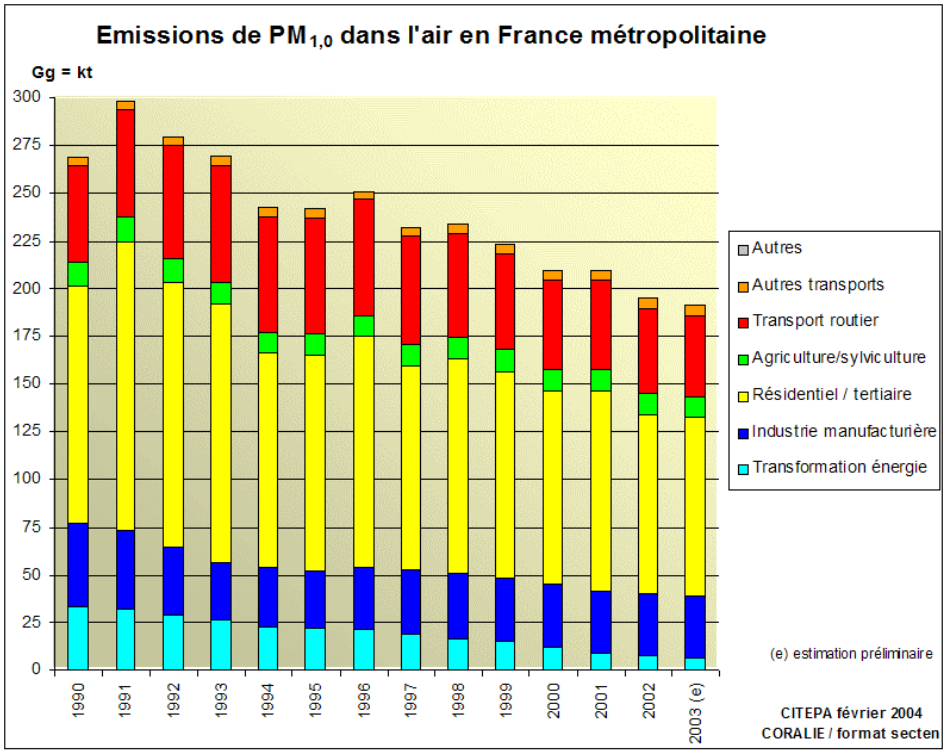


Les émissions de HAP imputables aux transports routiers sont principalement le fait des moteurs diesel. Depuis 1991, on constate une baisse régulière des émissions qui n'est pas due aux progrès des transports routiers qui par contre voient ses émissions progresser régulièrement.

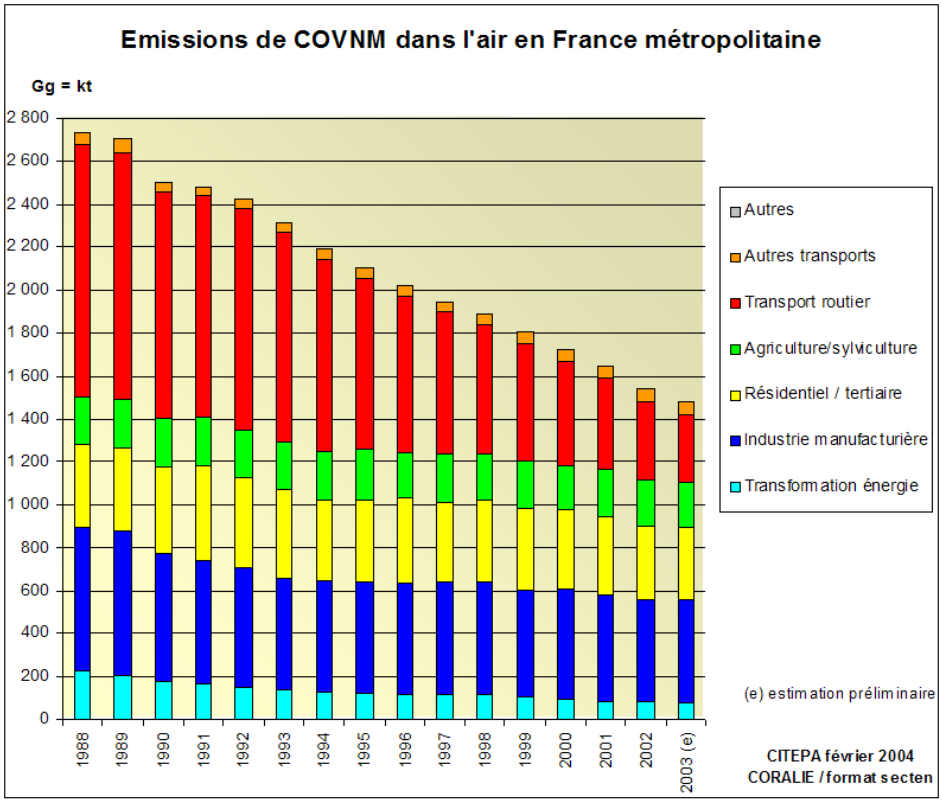


Les particules les plus fines , inférieurs au µm sont produites par la combustion du charbon, du fioul, du gazole, du bois. Dans le secteur des transports routiers, les émissions proviennent essentiellement des véhicules diesel. Depuis 1991, la tendance est

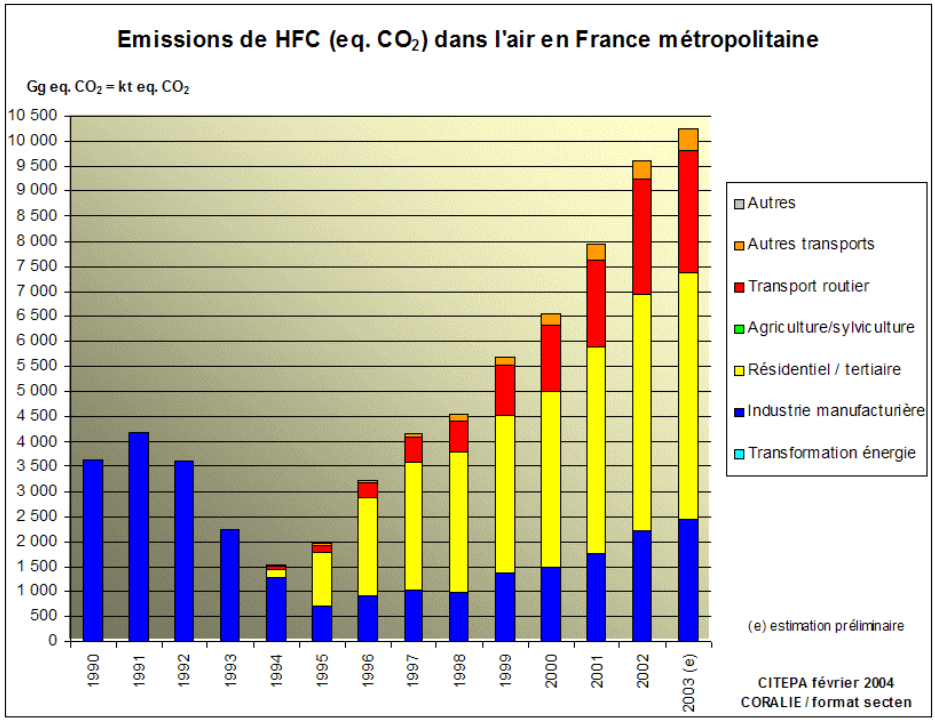
orientée à la baisse. Pour le secteur des transports routiers,.jusqu'en 1996, les émissions progressaient, et depuis, elles diminuent régulièrement (moins 39% sur 7 ans).



Les COV, dont fait partie le benzène, sont issus du processus de combustion mais aussi de l'évaporation. La tendance depuis au moins 1988 (données les plus anciennes) est à la décroissance régulière des émissions principalement dans le secteur des transports routiers. Les progrès constatés proviennent des améliorations des conditions de stockage et de distribution des carburants mais aussi des avancés technologiques.



L'évolution très atypique des émissions de HFC (hydrofluorocarbures) est le résultat de l'engagement français de substituer à partir de 1994 les CFCs par les HFCs. Cette décision a été prise dans le but de stopper le processus de réduction de la couche d'ozone stratosphérique. Ces gaz sont principalement utilisés dans les systèmes de réfrigération et de climatisation. Les HFCs n'ont pas de conséquences sur la santé, ils ont une action très faible sur la destruction de l'ozone mais participent à l'augmentation de l'effet de serre.



3. Ces tendances générales se retrouvent elles dans les concentrations mesurées ?.

Il est nécessaire de bien distinguer émissions et concentrations qui traduisent deux pans distincts de la même question.

3.1 Que mesure t on, depuis quand, et où ?

C'est la loi sur l'air de décembre 1996 qui a rendu obligatoire la surveillance de l'air en France selon l'échéancier suivant :

« Un dispositif de surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement sera mis en place au plus tard : pour le 1er janvier 1997 dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants, pour le 1er janvier 1998 dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants, et pour le 1er janvier 2000 pour l'ensemble du territoire national. »

Aujourd'hui, l'ensemble du dispositif français est en place, même si une réflexion, est engagée pour l'améliorer et surtout l'optimiser.

Si cette obligation ne date que de 1997, certaines agglomérations avaient mis en place quelques points de surveillance plus anciens voire même très ancien, à Paris et Lyon par exemple. Les préoccupations, qui ont présidé à ces premières observations, étaient liées aux grands émetteurs industriels, par exemple le couloir de la chimie en région Lyonnaise, Fos sur mer, Rouen, la région parisienne, le nord etc.. Les polluants surveillés étaient donc, le dioxyde de soufre, les particules, l'acidité forte, plus spécifiques de l'industrie.

Aujourd'hui, cette surveillance s'est beaucoup développée et surtout s'est rationalisée. Elle est assurée, pour le compte de l'Etat, par 40 associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) regroupées dans la Fédération ATMO. L'ADEME supervise la coordination technique du dispositif qui représente actuellement environ 2000 analyseurs sur 750 sites. La densité de ce dispositif est très importante voire supérieure à celle de nos voisins européens. Le financement de ces associations est assuré en premier lieu par l'Etat, puis par les collectivités locales et par les industriels.

On constate après ces premières années de mise en place des réseaux de surveillance que l'implantation des sites répond de plus en plus à une classification qui progressivement s'est imposée. Les efforts ont d'abord porté sur les secteurs les plus denses, les secteurs les plus industrialisés et à proximité des voies urbaines les plus importantes, puis ensuite, il est apparu avec le temps, intéressant de surveiller les secteurs périurbains des grandes agglomérations, en particulier pour suivre l'évolution des polluants photochimiques comme l'ozone, et également des secteurs ruraux pour qualifier les niveaux de fond et leurs évolutions. Tous les polluants ne sont évidemment pas mesurés dans tous les sites, le choix, est avant tout lié aux exigences réglementaires.

Les polluants actuellement mesurés dans toutes les agglomérations de plus de 100000 habitants sont :

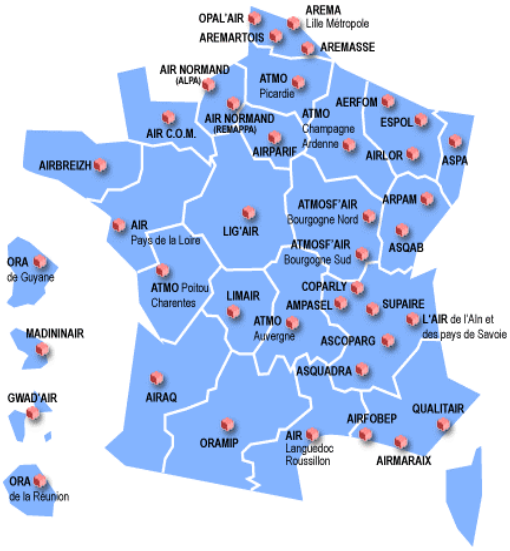
- Le dioxyde de soufre
- Les particules fines (PM10 et PM2.5)
- Les oxydes d'azote(NO et NO2)
- L'ozone,
- Le monoxyde de carbone,
- Les composés organiques volatils(COV ou VOC)
- Le benzène,
- Les HAP,
- Certains métaux.

La situation française présente donc des traits particuliers :

- Un historique important pour les polluants « industriels »
- Un historique relativement court pour les pollutions « urbaines »

Des informations assez dispersées dans chaque AASQA qui rendent relativement difficile une vision globale. Le ministère de l'écologie et du développement durable après avoir édité avec l'ADEME un rapport de synthèse de l'ensemble des mesures française très documenté à la fin des années 90, a modifié l'esprit de ce rapport en ne retenant que l'analyse de l'indice ATMO.

Les cartes ci dessous indiquent la répartition des sites de mesure en France ainsi que les AASQA



les associations agréées **les stations de mesure**

Les résultats détaillés de toutes ces mesures sont disponibles dans chaque AASQA et d'autre part, le ministère de l'écologie et du développement durable fournit des bases de données sur généralement 10 années consécutives.

Deux approches correspondant à deux échelles spatiales d'analyse sont proposées. Dans un premier temps, les résultats de ces mesures seront vus globalement pour dégager les tendances lourdes de la pollution atmosphérique. Puis dans un second temps, les résultats seront examinés plus localement à partir de situations caractéristiques.

3.2 Quelles tendances se dégagent ?

Pour mener l'approche macroscopique, trois analyses sont disponibles.

- données fournies par le MEDD et publiées dans le numéro spécial de la revue pollution atmosphérique de novembre 2003.
- Le rapport "evaluation and monitoring of the long range transmission of air pollutants in Europe" issu de la convention de Genève sur la pollution transfrontalière.
- Le rapport de l'ADEME la qualité de l'air dans les agglomérations Françaises

3.2.1 Examinons en premier lieu la synthèse publiée dans la revue pollution atmosphérique.

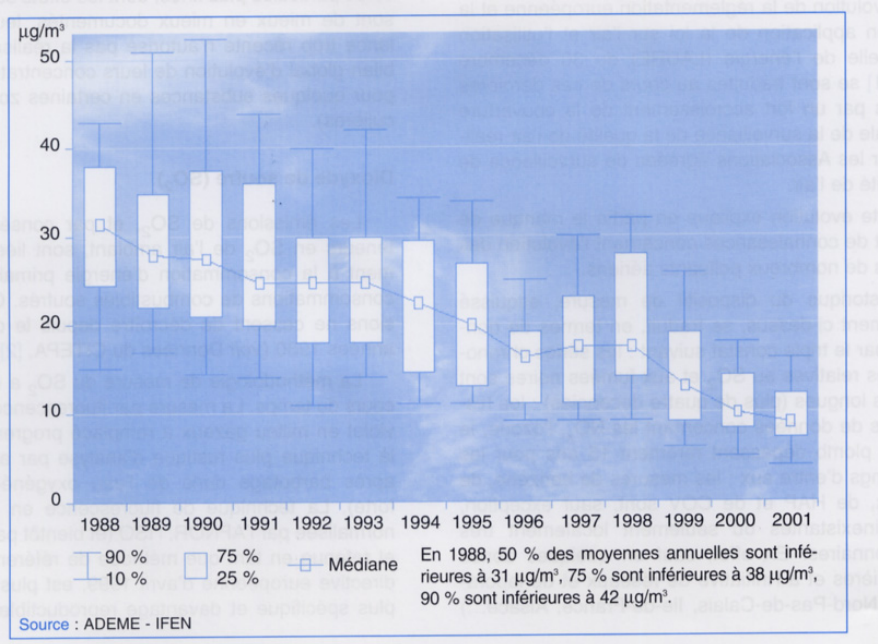


Figure 1.
Évolution des distributions des moyennes arithmétiques annuelles de SO_2 sur 150 stations du territoire (µg/m³).

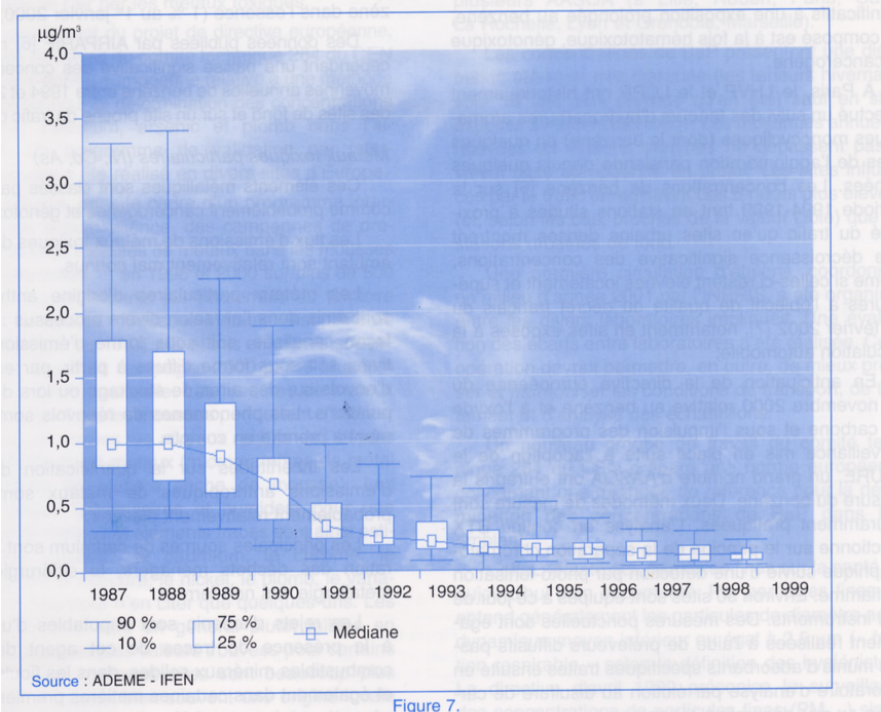


Figure 7.
Évolution des distributions des moyennes arithmétiques annuelles de plomb particulaire atmosphérique mesurées en 20 sites urbains du territoire (en µg/m³).

Pour ces deux premiers polluants, le plomb particulaire et le dioxyde de soufre, les mesures sont suffisamment anciennes pour dégager une tendance claire et indiscutable à la baisse des concentrations conformément à la baisse des émissions. Cette évolution positive est le fruit de dispositions réglementaires et technologiques. La baisse des teneurs en plomb dans l'essence puis sa disparition totale en 2000, la baisse de teneurs en soufre dans les carburants automobiles et dans les combustibles industriels résultat des efforts

fournis dans l'objectif de satisfaire à la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de 1979 et en application depuis 1983. et des protocoles précisant les réductions visées par polluant.

http://www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1979.CLRTAP.f.pdf

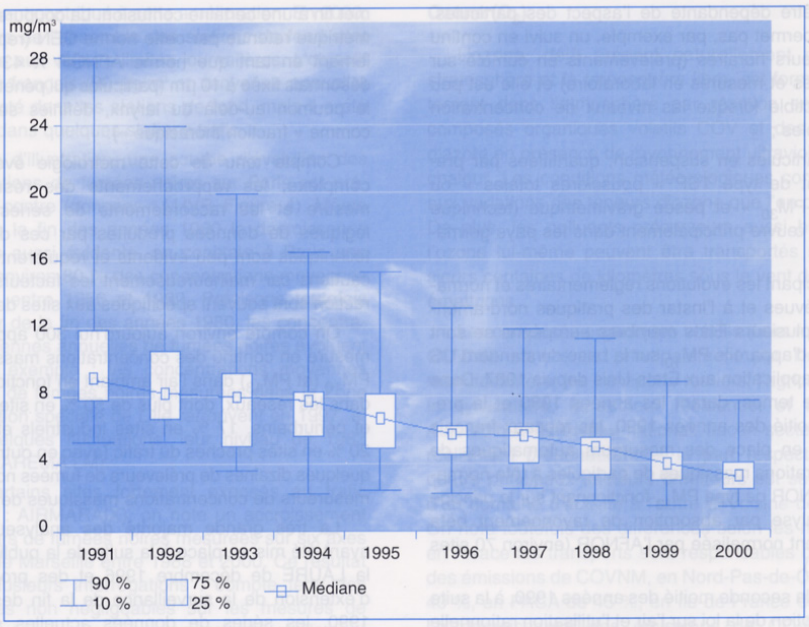


Figure 3.
Évolution des distributions des percentiles 98 annuels des moyennes horaires des concentrations de monoxyde de carbone (en mg/m³).
Données issues de 20 sites trafic et urbains du territoire.
(Percentile 98 : valeur telle que 98 % des moyennes horaires de l'année lui sont inférieures)

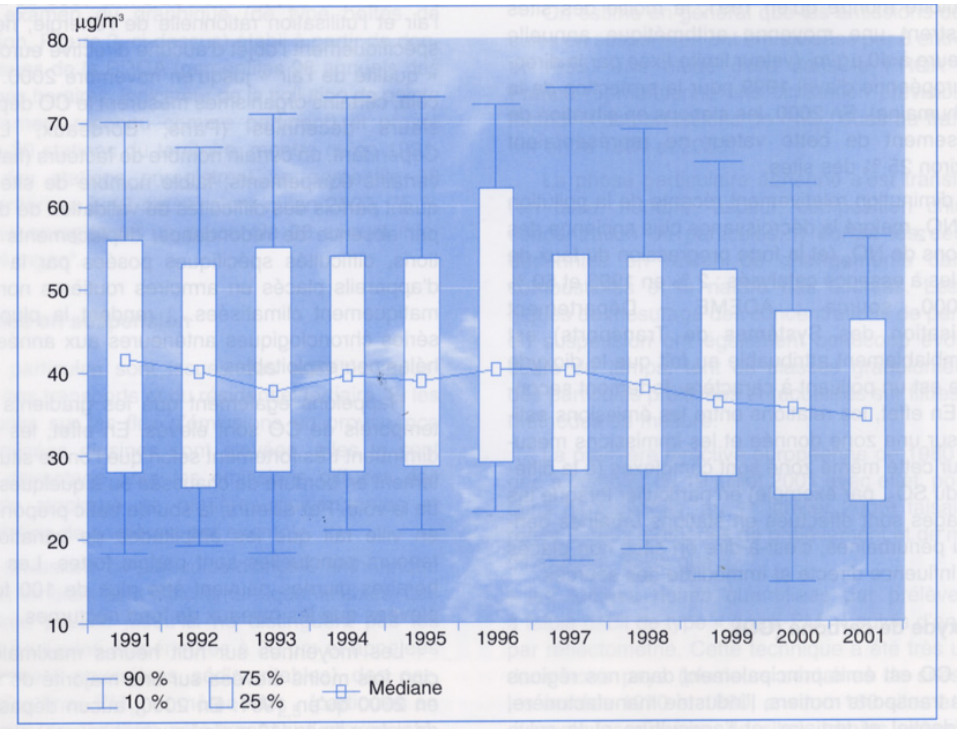


Figure 2.
Évolution des distributions des moyennes arithmétiques annuelles de NO_2 sur 89 stations du territoire (en µg/m³).

Pour le dioxyde d'azote et pour le monoxyde de carbone, les séries statistiques sont plus courtes mettant ainsi en évidence la relative « jeunesse » d'une observation systématique, toutefois, la baisse continue des concentrations moyennes du monoxyde de

carbone et le resserrement de la dispersion des valeurs sont deux indicateurs suffisants pour affirmer que la situation s'améliore, en dix ans, les teneurs ont été divisées par un coefficient 3.

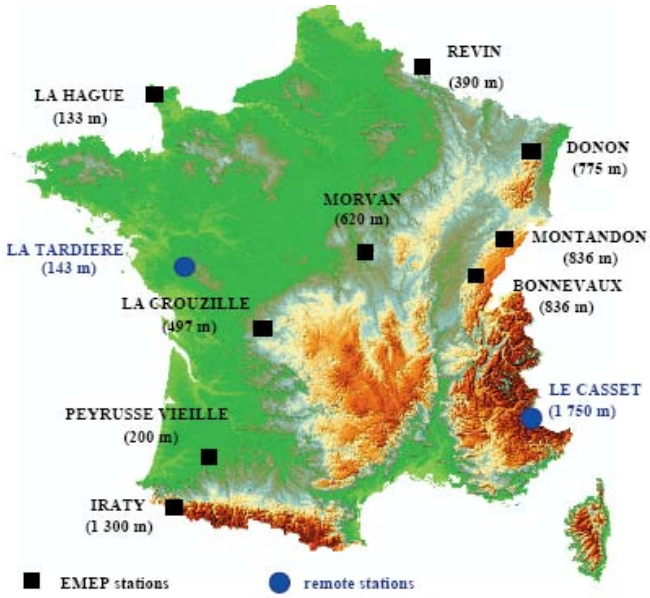
L'évolution du dioxyde d'azote est moins nette, de 1991 à 1996, stagnation, et depuis 1997 baisse régulière mais légère.

Dans les trois premier cas, le lien est pratiquement mécanique entre baisse des émissions et baisse des concentrations, le dioxyde d'azote, par contre est un polluant en grande partie secondaire qui provient d'une oxydation du monoxyde d'azote produit par une combustion à haute température dans l'oxygène et l'azote de l'air. Il n'est donc pas possible comme pour les autres polluants d'agir sur les composants des carburants pour obtenir une baisse spectaculaire. Les moyens d'action passent pas la technologie des moteurs et des pots catalytiques. De plus s'agissant d'une réaction secondaire, les gains obtenus sur le monoxyde ne se retrouvent pas intégralement sur le dioxyde. Il est nécessaire d'agir sur les polluants précurseurs mais la chimie de l'atmosphère étant non linéaire, les efforts faits ne se retrouveront pas totalement dans les concentrations.

3.2.2 L'approche européenne

Part ailleurs, la France contribue au programme international EMEP (evaluation and monitoring of the long range transmission of air pollutants in Europe) en fournissant les résultats de mesures de 8 stations éloignées le plus possible des émetteurs anthropiques, afin de suivre l'évolution des niveaux de fond. Ce réseau est connu sous l'acronyme MERA (mesures des retombées atmosphériques). La carte ci contre indique la position en plan et en altitude des 8 stations retenues, La station de Bonnevaux a été arrêtée en 1998 et les stations de La Tardière et Le Casset ont été écartées des résultats.

Les informations fournies dans ce paragraphe proviennent du rapport « EMEP assessement report ISBN 82-7144-032-2 oslo, october 2004 www.emep.int/assessment/final.html car tout simplement, les données collectées par ce réseau ne font pas l'objet d'une publication française et pour l'instant, personne n'a été capable de nous informer sur la disponibilité et l'organisation des données brutes. Mais très probablement après recherche plus poussée, il sera possible de faire émerger ces informations.



Station	precipitation (1)	SO_2	S (part)	O_3	VOC	carbonyls	meteorology (2)
EMEP stations							
Bonnevaux (3)	01/1990	01/1990	01/1990	01/1995			
Donon	01/1990	01/1990	01/1990	09/1988	09/1992	06/1993	09/1988
Iraty	01/1990	01/1990	01/1990	03/1998			01/2000
La Crouzille	01/1978	01/1978	01/1978				
La Hague	01/1978	01/1978	01/1978				
Montandon	03/1998	03/1998	03/1998	04/1998			09/1998
Morvan	01/1990	01/1990	01/1990	01/1998			11/1998
Peyrusse-Vieille	01/1995	01/1995	01/1995	01/1995	07/1999	04/2000	02/1999
Revin	01/1990	01/1990	01/1990	01/1990			03/1999
Remote national stations							
Le Casset	01/1990	01/1990	01/1990	01/1997			09/1998
La Tardière	07/2001	07/2001	07/2001	07/2001	07/2001	06/2002	07/2001

(1) pH, conductivity, Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, Na^+, Ca^{2+}, K^+, NH_4^+, Mg^{2+}
(2) pressure, temperature, Humidity, precipitation amount, wind, solar radiation
(3) Stopped in 1998

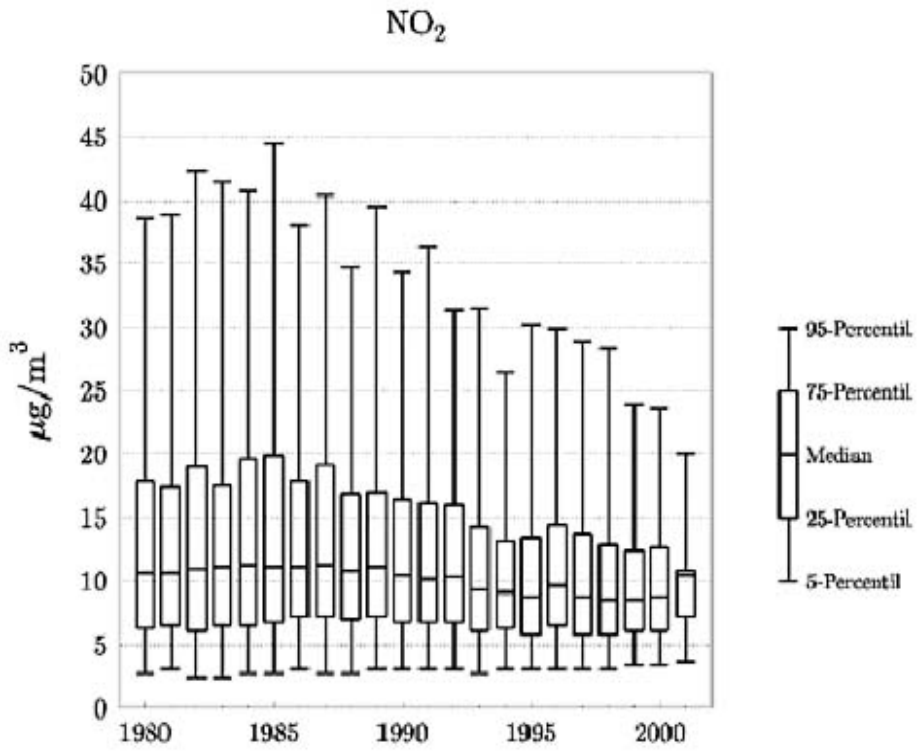
Le tableau ci-dessus résume les polluants mesurés et l'ancienneté des mesures. On constate, sauf pour La Hague et La Crouzille, que les séries statistiques ont au mieux une dizaine d'années, et que les polluants mesurés, assez peu nombreux, ne recoupent que très partiellement les polluants caractéristiques de la circulation routière on remarquera tout particulièrement l'absence de mesure des oxydes d'azote sur l'ensemble de ce réseau en France.

Les composés organiques volatils (VOC) sont mesurés en trois lieux depuis 92, 99 ou 2001, certes les séries sont courtes et ne permettent pas d'identifier une tendance, mais le rapport EMPE assessement report, fournit les conclusions suivantes en ce qui concerne le VOC :

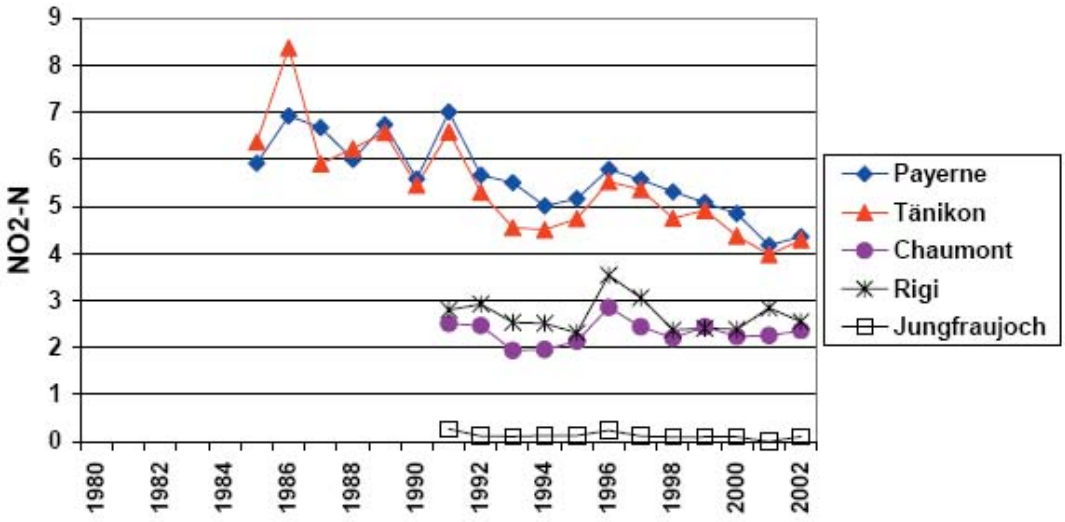
Volatile organic and carbonyl compounds

"VOCs started to be sampled in 1992 and the carbonyls in 1993 at Donon. The analyses were under the responsibility of NILU until 1996. Since 1997, the laboratory of the Ecole des Mines De Douai has carried out the analyses. A new station in the southern part of France was started in 1997 and a third in 2001 in the western part of the country. The concentrations were higher in the Mediterranean site by one order of magnitude varying from tenths of ppb up to several ppb. Among the VOCs measured the average volumetric composition is the following: alkanes 55%, alkenes 12%, aromatics 13%, alkynes 5%, isoprene 12%. Monthly mean of concentrations were higher in winter for all components except isoprene (see below), for which the maximum of concentrations are observed in summer. The average concentration, based on monthly median, was about 18 ppbC (13 ppbC in summer and 22 ppbC in winter). The average volumetric composition of carbonyl compounds was the following: acetone 40%"

Cette absence d'observation des variations des concentrations de fond du NO2, polluant très lié à la circulation routière, est préjudiciable à une vision objective et argumentée des évolutions en cours. Toutefois pour cerner les grandes tendances au niveau européen, le rapport cité ci dessus fournit les évolutions mesurées en niveau de fond en Allemagne, et en Suisse, les deux graphiques ci-dessous visualisent ces tendances.



Nitrogen dioxide concentration in Germany. Combined results from 8 sites.



Annual means of NO_2-N at Swiss monitoring sites 1985-2002 (in µgN/m^3).

On constate en Europe, sur la base des mesures Suisses et Allemandes, que les niveaux de concentration de fond du dioxyde d'azote dont les émissions sont liées principalement à la circulation automobile, que la tendance depuis les années 80 est à une réduction lente mais continue jusqu'à la fin des années 90 puis à une stagnation des concentrations. Il est difficile de dire pour l'instant si les niveaux ont atteint un seuil minimum autour duquel les concentrations fluctueront ou si au contraire, il y a risque de voir de nouveau augmenter les valeurs en relation avec l'augmentation des circulations routières en Europe.

3.2.3 Le rapport ADEME « la qualité de l'air dans les agglomérations Françaises » bilan 2003 de l'indice ATMO.

Ce rapport n'est pas bâti sur la base directe des mesures faites par les AASQA mais sur la base d'un indicateur qui évalue indirectement la qualité de l'air, cet indicateur est l'indice ATMO. Son objectif premier est de fournir au public une information simple et synthétisée. Il est calculé à partir des moyennes journalières sur quatre polluants, le SO2, le NO2, l'ozone et les particules fines (PM10). Chaque jour, l'ensemble des AASQA calcule un indice atmo sur un secteur donné.

Comment est calculé l'indice ATMO ? Sur les quatre polluants décrits ci- dessus, un sous indice de qualité de l'air (variable de 1 à 10) est calculé. L'indice ATMO final est égal au sous indice le plus élevé des quatre. Enfin un adjectif qualifie la qualité de l'air selon l'indice.

Indices	Échelle PM_{10} (moyenne des moyennes journalières)	Échelle SO_2	Échelle NO_2 (moyenne des maxima horaires)	Échelle O_3
1	0 à 9 µg/m³	0 à 39 µg/m³	0 à 29 µg/m³	0 à 29 µg/m³
2	10 - 19	40 - 79	30 - 54	30 - 54
3	20 - 29	80 - 119	55 - 84	55 - 79
4	30 - 39	120 - 159	85 - 109	80 - 104
5	40 - 49	160 - 199	110 - 134	105 - 129
6	50 - 64	200 - 249	135 - 164	130 - 149
7	65 - 79	250 - 299	165 - 199	150 - 179
8	80 - 99	300 - 399	200 - 274	180 - 249
9	100 - 124	400 - 599	275 - 399	250 - 359
10	≥ 125	≥ 600	≥ 400	≥ 360

Tableau 1 : échelle[1] des sous-indices utilisés pour l'indice ATMO en 2003 (arrêté du 10 janvier 2000). Les échelles sont calées sur des niveaux de référence, qui découlent de seuils réglementaires et de données toxicologiques.

la nouvelle directive ozone de septembre 2004 à ramené la valeur de 360 à 240 µg/m3

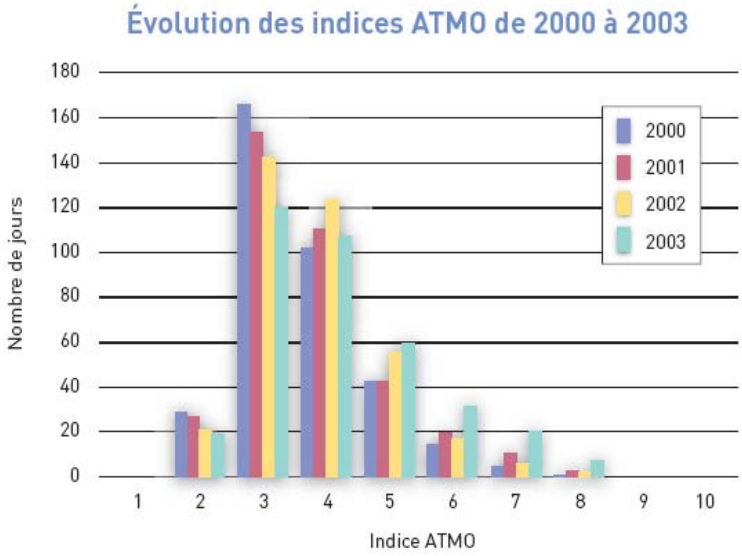
Classe	Qualificatif
1	Très bon
2	Très bon
3	Bon
4	Bon
5	Moyen
6	Médiocre
7	Médiocre
8	Mauvais
9	Mauvais
10	Très mauvais

Tableau 2 : les 10 classes de l'indice ATMO et leur qualificatif.

On le voit, cet indice est très global, il recherche une simplification extrême d'un phénomène complexe. Agrégeant des polluants dont les provenances les variations les localisations et les comportements sont très différents, il peut masquer des améliorations par le fait qu'un de ces sous indice pour une raison particulière augmente.

Cet indice ATMO n'a qu' un objectif de communication, il est repris par la presse, les radios et la télévision il « fait l'opinion » en matière de qualité de l'air.

L'analyse de l'évolution de l'indice atmo de ces quatre dernières années (graphique issu du rapport de l'ADEME) laisse supposer que la qualité de l'air se dégrade depuis quatre ans, en effet on assiste à un glissement vers la droite (plus mauvais) des indices. Cette constatation que chacun peut faire et entendre semble contradictoire avec d'autres analyses, pour quelle raison ?

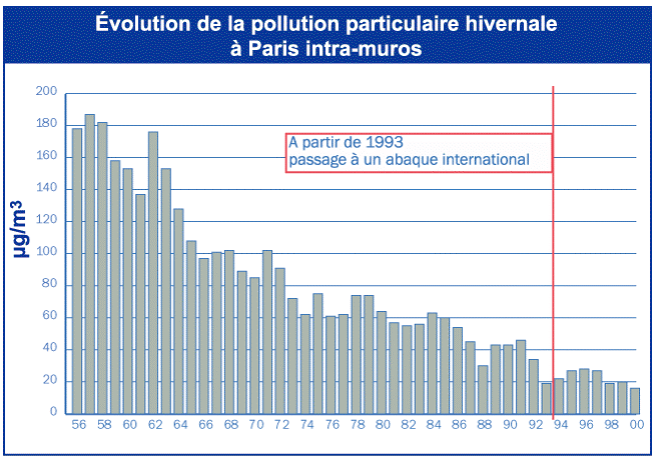


Des quatre sous-indices constituant l'indice, le SO2 n'intervient pratiquement pas dans le résultat, le NO2 intervient de moins en moins chaque année par contre et en particulier l'été, l'indice n'est constitué que du sous indice ozone et il se trouve que depuis quatre ans, les conditions climatiques estivales (chaleur et ensoleillement) sont propices à la production d'ozone. L'indice mesure en fait le réchauffement, il suffirait que l'année 2004 soit moins chaude pour que l'indice s'améliore .Bien qu'il y ait un lien entre les deux phénomènes, le message ainsi diffusé est ambigu.

Il est tout de même étrange que cette analyse globale provenant tout de même de l'ADEME soit basée sur un indice d'élaboration alambiquée à objectif de communication et non sur les valeurs réelles mesurées.

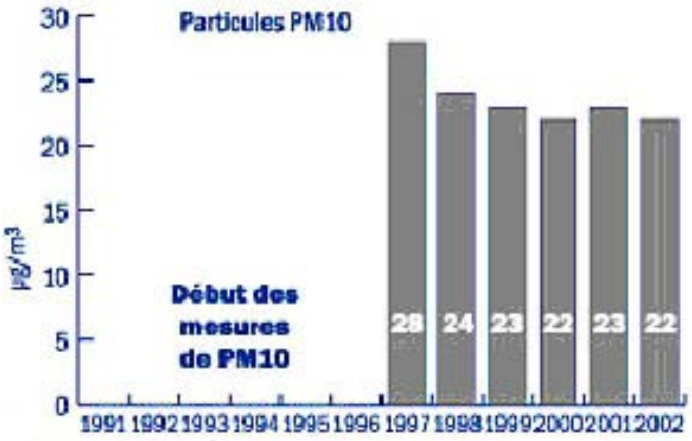
3.3 Analyse de l'évolution de situations locales caractéristiques.

Nous l'avons vu, les séries statistiques disponibles sont assez courtes, seul, le site d'airparif (http://www.airparif.asso.fr) l'association de mesure de la qualité de l'air en île de France fournit des informations sur une dizaine d'années.

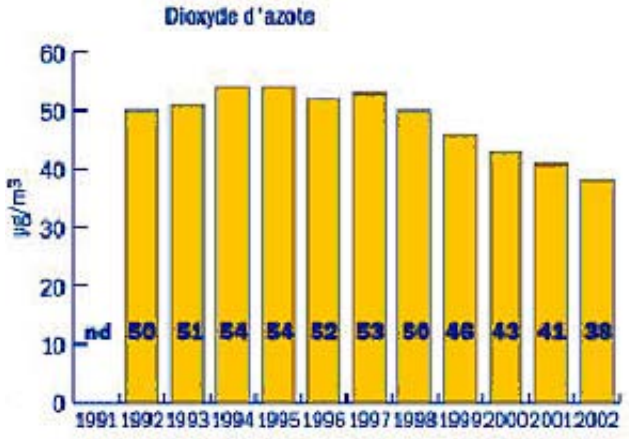


Ce graphique très spectaculaire montre la baisse régulière des particules dans l'agglomération parisienne. La mesure est exprimée en masse (µg/m3) et donc, la part des particules les plus grosses y est prépondérante, les progrès se sont d'abord exprimés sur ces particules les plus grosses (provenance industrielle), actuellement, les progrès sont plus lents et se font sur les particules les plus fines (moteurs diesel), les gains sont évidemment de plus en plus difficiles lorsque l'on tend vers des teneurs faibles.

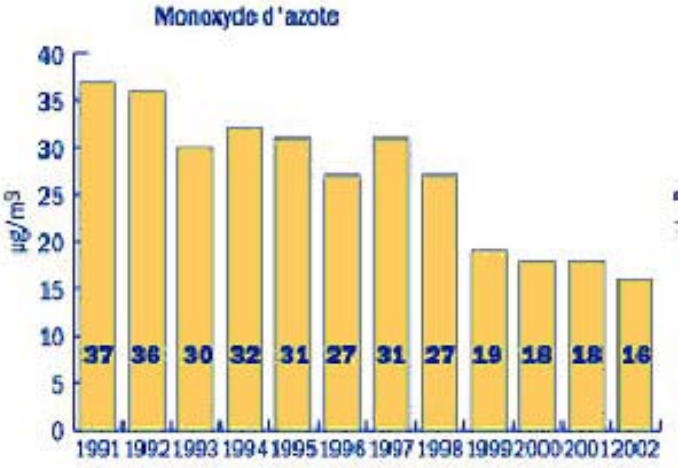
Suite du graphique ci dessous



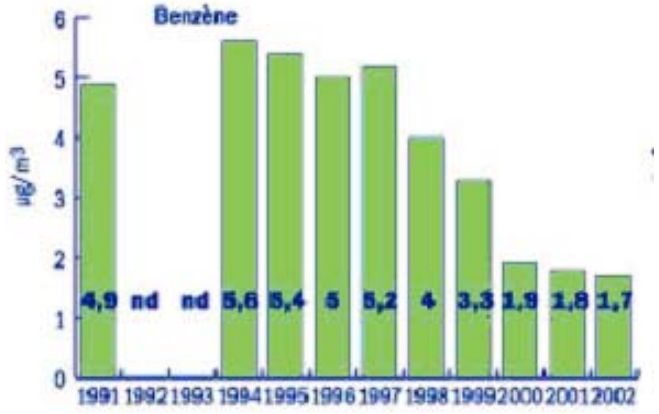
Depuis 1997, la mesure des particules ne se fait que sur la fraction inférieure à 10µm, le graphique ci contre indique que la tendance à la baisse se poursuit mais de manière très lente, seul une amélioration technologique permettrait un saut qualitatif, cette amélioration existe, c'est le filtre à particules. Déjà quelques modèles en sont dotés, il est certain que très rapidement la plupart des véhicules diesel seront équipés (voir la polémique engagée à Munich et dans d'autres villes allemandes sur ce sujet qui accélèrera le processus)



La série présentée n'est pas très longue, mais depuis 1997, les concentrations baissent lentement et régulièrement.



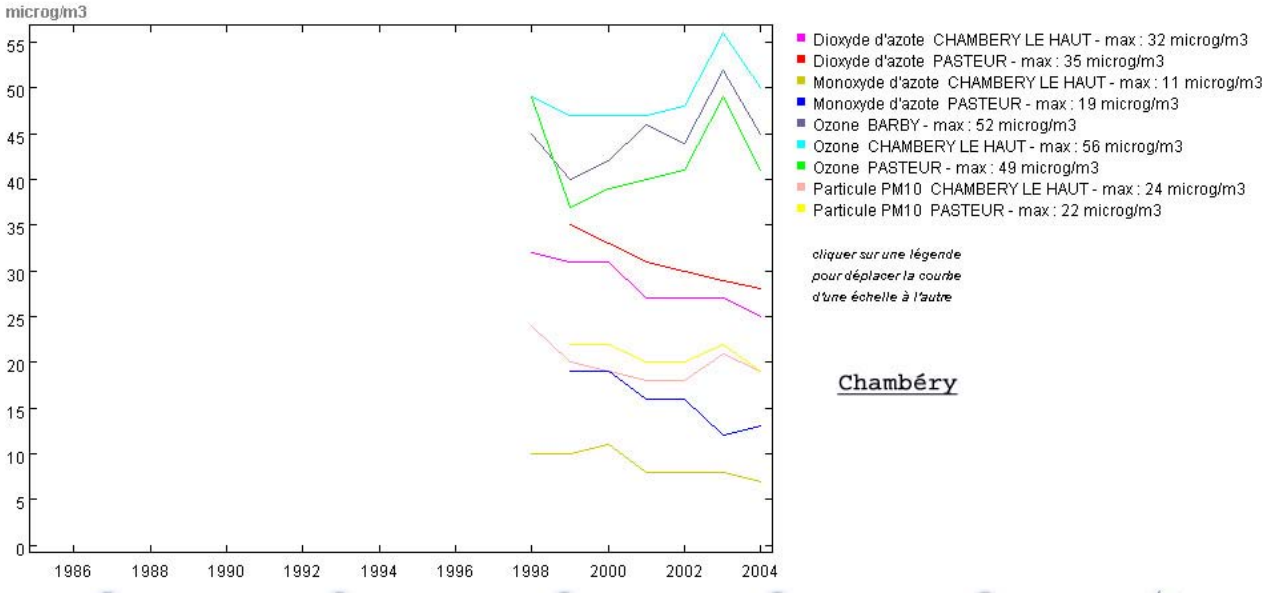
Les concentrations de monoxyde d'azote ont été divisées par deux depuis 1991, cette tendance devrait durer encore quelques années. Cette baisse est due à l' effet de la catalyse des gaz d'échappement, qui n'a pas encore atteint sa pleine efficacité du fait de sa pénétration dans le parc encore incomplète. Raisonnablement, la baisse devrait continuer lentement jusqu'en 2015 2020 en milieu urbain.



La baisse des concentrations de benzène est très marquée depuis 1994, elle provient de la diésélisation du parc automobile, de la baisse des teneurs dans l'essence et de la

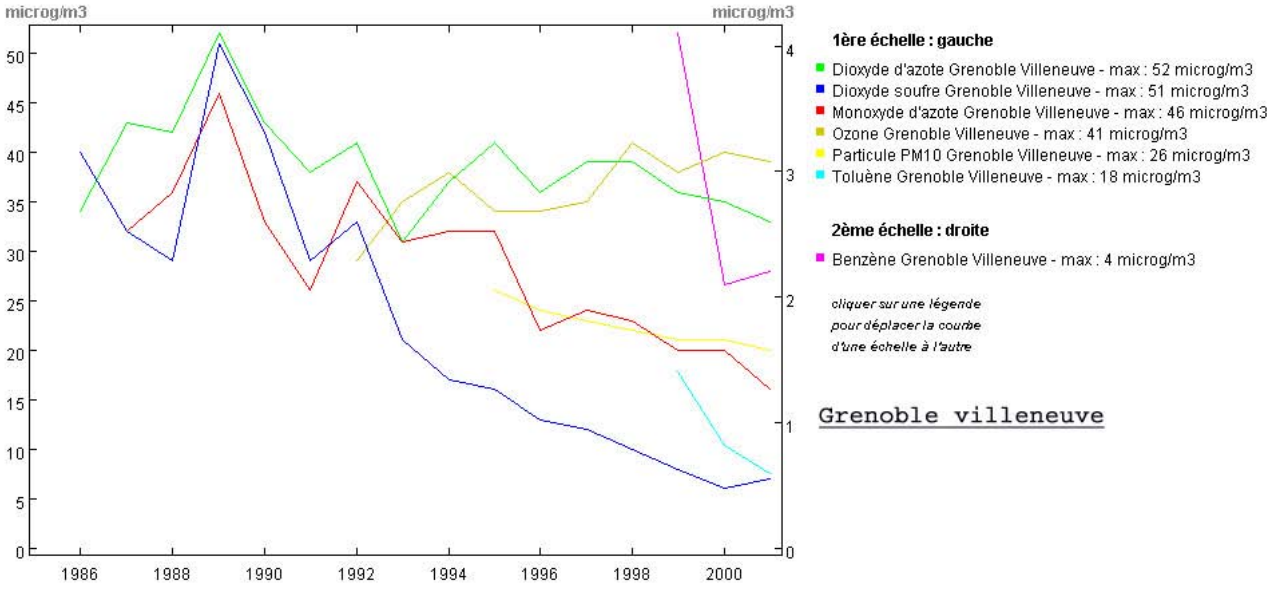
généralisation du pot catalytique là également la baisse se poursuivra encore une quinzaine d'années mais plus lentement dans la mesure ou les valeurs sont maintenant assez faibles et qu'elles ne tendront pas vers zéro, mais vers un niveau de fond compris entre 0.5 et 1µg/m3 correspondant aux autres émissions qui diminueront également, mais par exemple la combustion du bois émet du benzène et on peut imaginer qu'elle se poursuivra voir s'amplifiera compte tenu de l'enchérissement du prix du pétrole et des incitations fiscales à installer des modes de chauffage utilisant la biomasse. .

En région Rhône Alpes, les associations fournissent également des informations intéressantes sur l'évolution des concentrations par type de site. (l'ensemble des graphiques ci dessous provient du site http://www.atmo-rhonealpes.org)

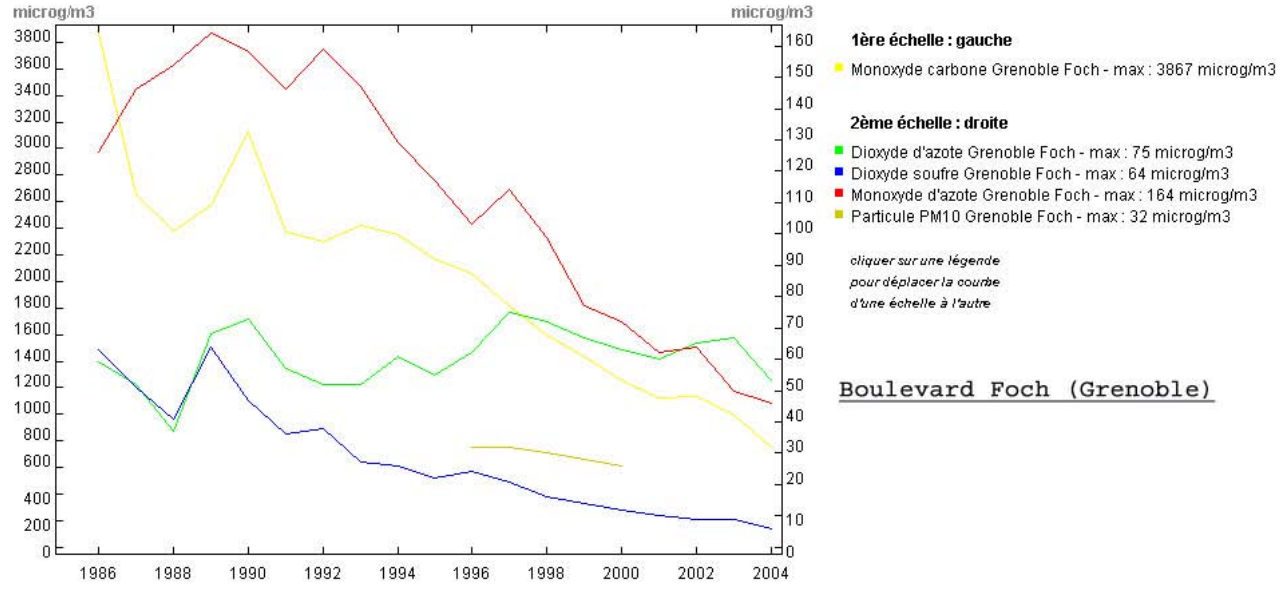


Dans l'agglomération Chambérienne, les mesures fixes et continues sont très récentes, 1998 pour les plus anciennes. Malgré ceci, quelques tendances se dessinent assez bien. Le groupe de trois courbes situé en haut du graphique représente les concentrations en ozone, on ne discerne pas de tendance mais seulement un parallélisme des courbes lié aux conditions climatiques de l'année, nous reviendrons plus loin sur le cas particulier de l'ozone.

Pour les autres polluants, particules, monoxyde et dioxyde d'azote, la tendance générale est baissière un peu moins marquée pour les particules



La station Grenoble Villeneuve est située au sud de l'agglomération dans un contexte périurbain assez dense mais pas à proximité immédiate des voies de circulation. La série est assez longue pour confirmer les évolutions. Deux tendances se dessinent, une baisse importante et régulière pour le monoxyde d'azote, le dioxyde de soufre et les particules fines, tous trois polluants primaires influencés directement par les mesures réglementaires qui s'imposent aux carburants et motorisations. D'autre part, une stagnation depuis une dizaine d'années du dioxyde d'azote et de l'ozone tous deux polluants secondaires et influencés indirectement par les mesures réglementaires.

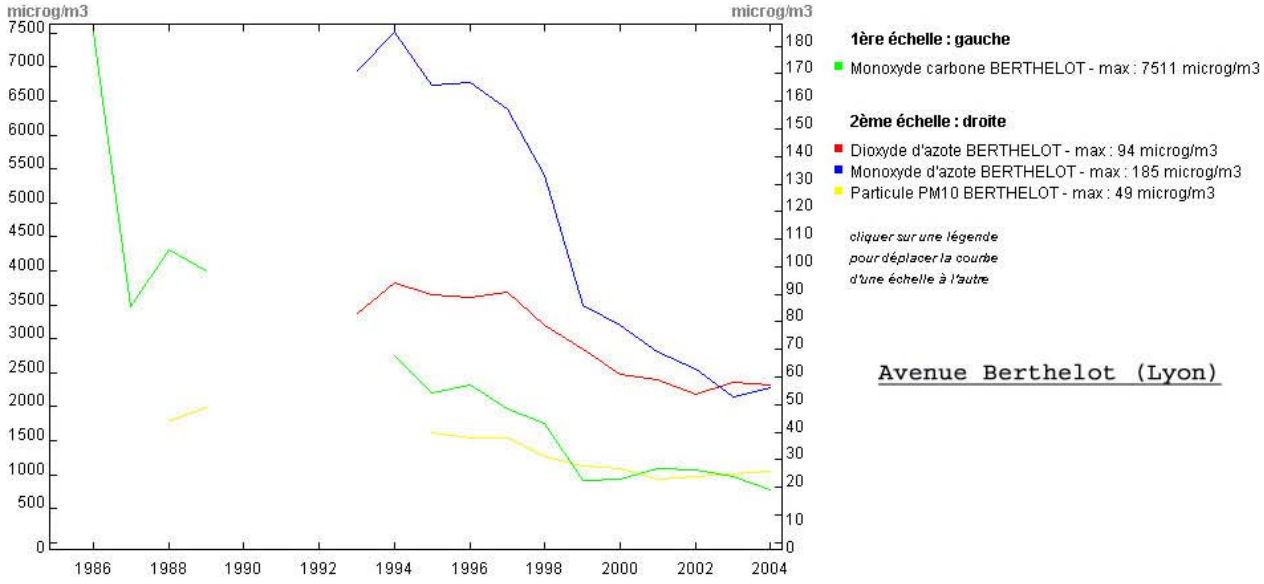


Le boulevard Foch est un axe urbain, fortement circulé (50000 véh/j) et très encadré par des immeubles hauts. La surveillance de la qualité de l'air y est assez ancienne, nous pouvons le retenir comme représentatif des boulevards structurants des villes moyennes et grandes.

En ce sens, son observation est riche d'enseignements. Très clairement, comme le site présenté précédemment de Villeneuve, trois polluants primaires suivent des tendances à la baisse très comparables, par contre le dioxyde d'azote stagne pratiquement depuis une dizaine d'années avec des évolutions étonnantes d'une année sur l'autre. Actuellement, ce

boulevard supporte le très important chantier de la troisième ligne de tramway, après ce chantier, le profil de la voie sera totalement modifié avec pour conséquence principale une baisse de la capacité automobile accompagnée probablement d'une régulation et une baisse des vitesses. Cette situation pourrait être mise à profit pour suivre les effets du tram sur la qualité de l'air de proximité.

Aspect du boulevard Foch avant les travaux du tramway



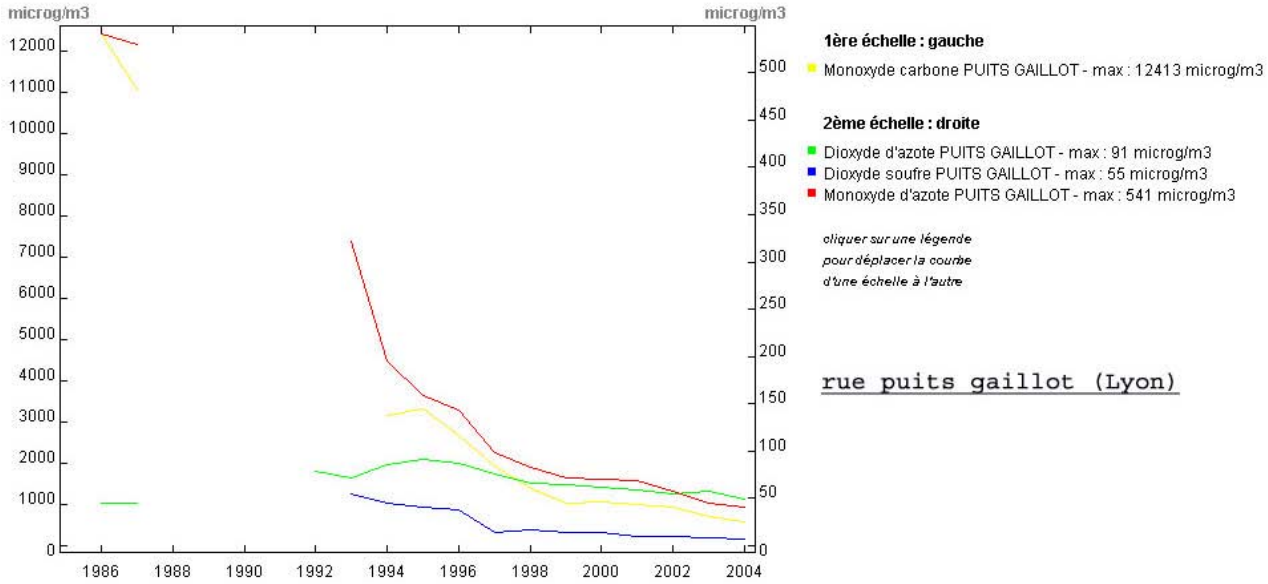
L'avenue Berthelot à Lyon, remplissait une fonction d'axe structurant assez semblable au boulevard Foch sur Grenoble.

Sur cet axe, début 2001, la ligne 2 du tramway a été mise en service après deux années de travaux, (99 et 2000).

Sur les courbes présentées ci dessus, l'effet tramway se traduit différemment selon les polluants. Le monoxyde d'azote qui décroissait déjà nettement depuis 1994 à encore fortement baissé en 99 puis à repris son rythme de décroissance. Le monoxyde de carbone à suivi la même tendance jusqu'en 2000, et depuis, les concentrations ne varient plus beaucoup. Le dioxyde d'azote, qui par ailleurs, sur les autres sites examinés, baissent difficilement, présente ici une baisse significative depuis 1997 (de 90µg/m3 à 55). Sur les particules fines, la décroissance est lente et l'effet du tram ne semble pas sensible.

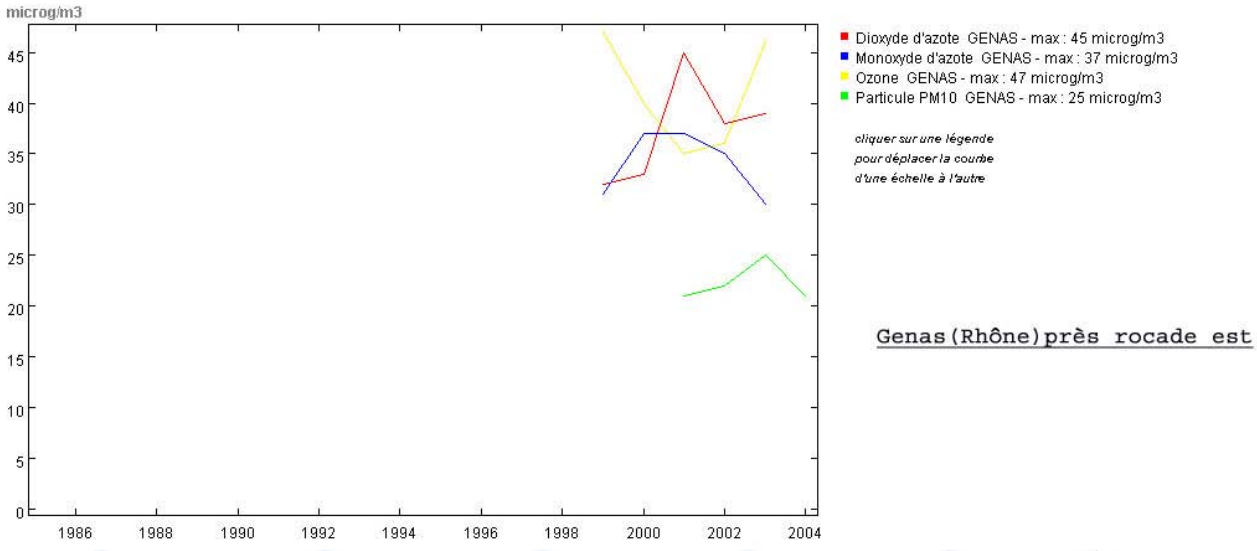
l'avenue Berthelot actuellement

l'avenue Berthelot en 1997



Au contraire des exemples présentés précédemment, la rue puits Gaillot se situe dans l'hyper centre de Lyon, elle est étroite et bordée d'immeubles hauts. Les mesures de gestion du trafic et d'amélioration du cadre de vie ont conduit à une baisse de l'intensité du trafic non seulement de la rue mais du quartier depuis 1986, et les courbes de ce graphique traduisent les deux phénomènes suivants,

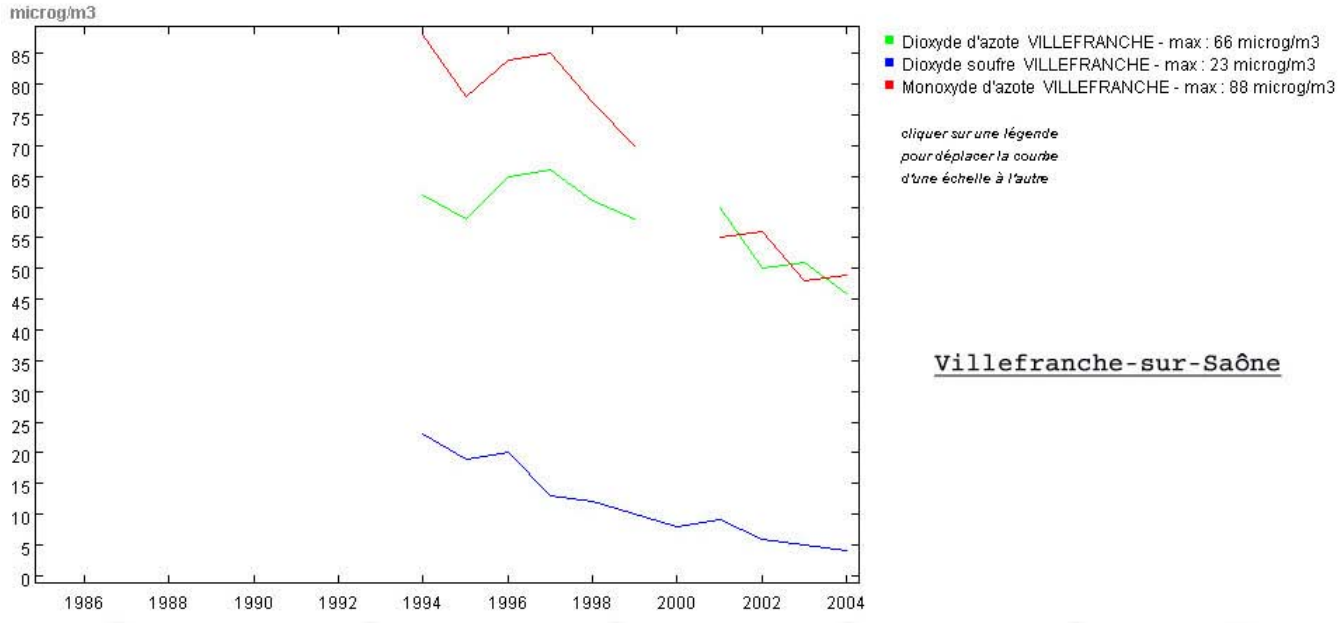
- baisse du trafic et amélioration du parc même si la dilatation de l'échelle imposée par les valeurs de 1986 écrase les améliorations depuis 1997. d'autre part, on confirme toujours la même constatation de la différence de comportement entre polluants primaires et polluants secondaires.



La rocade est de Lyon suivi depuis 1999 est un site intéressant à plusieurs titres. C'est un axe majeur de l'agglomération qui écoulait en 2003 plus de 83000 véh/j et surtout supportait plus de 15000 poids lourds/jour, ensuite, la station de mesure est proche du bord de voie (PC CORALY). Hors région parisienne, ce site peut représenter les concentrations maximales rencontrées à proximité d'un axe de transit interurbain.

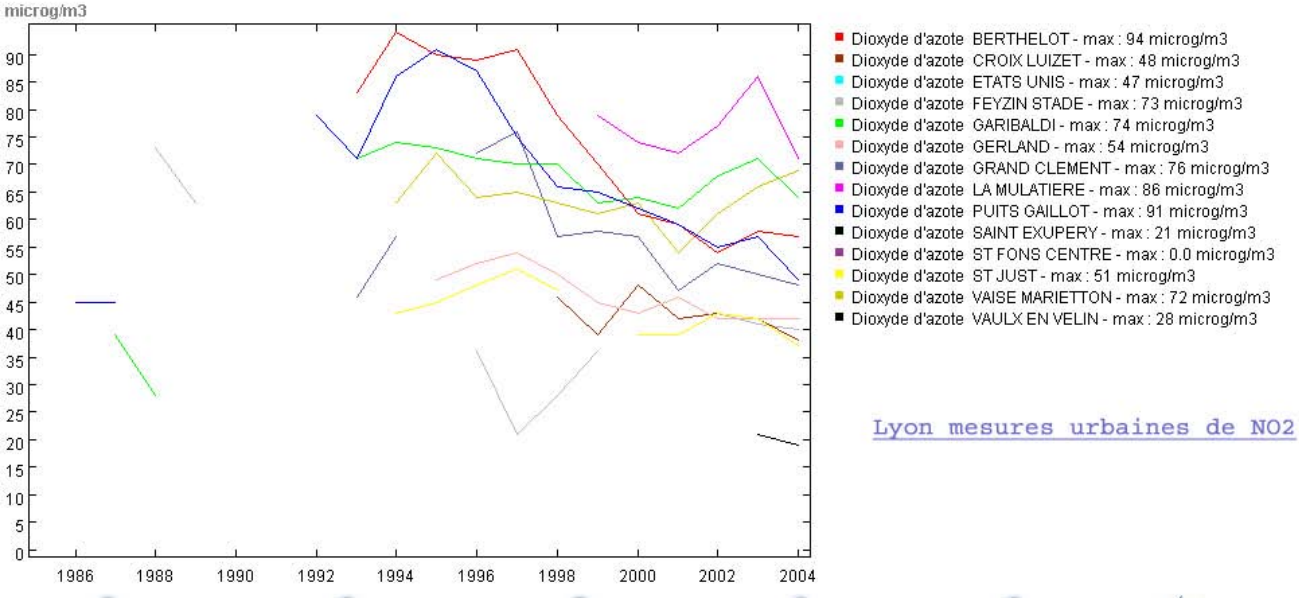
La série de mesures est courte, mais pour l'instant elle indique tout de même, comme déjà remarqué sur d'autres sites, que les polluants primaires monoxyde d'azote et particules sont plutôt en baisse et ceci malgré l'augmentation importante du trafic, (+

2000 véhicules par an depuis 10 ans), et que les polluants secondaires ozone et dioxydes d'azote varient selon d'autres règles (conditions atmosphériques).



Ce dernier exemple pour illustrer une situation centrale dans une petite ville de province où l'on constate toujours cette tendance à la baisse.

Après cette revue de situations particulières mais représentatives de lieuxcaractéristiques, sur lesquels des commentaires ont dégagés des évolutions, nous avons retenu un regroupement important de mesures sur le NO2, polluant pour lequel, les exemples particuliers retenus indiquaient des tendance à la baisse moins marquées.

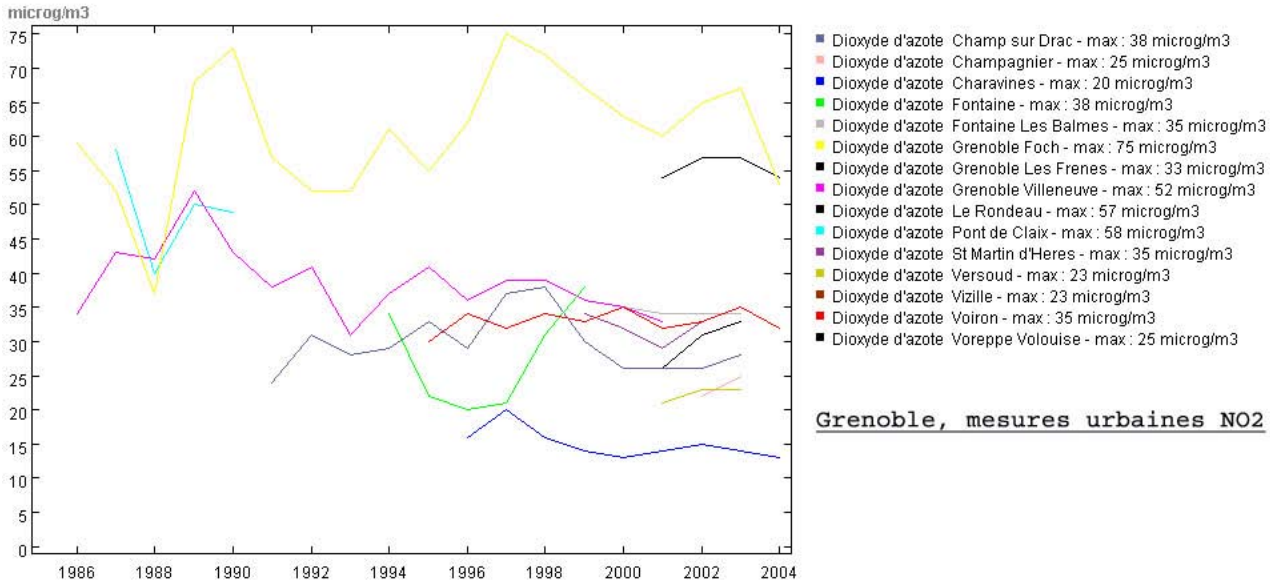


on peut retenir de cet ensemble de courbes quatre enseignements :

- les évolutions d'une année sur l'autre semblent à première vue « erratiques »
- mais s'inscrivent dans une tendance générale plutôt à la baisse.

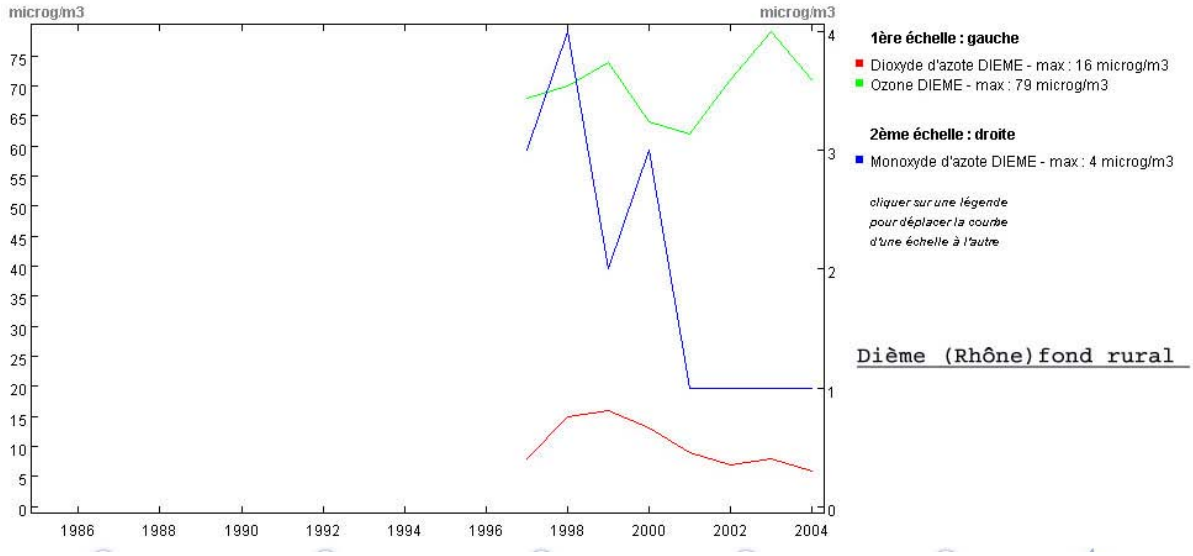
- Le « parallélisme » des courbes indique qu'elles sont en partie pilotées par un même phénomène autre que l'émission de polluant, ce phénomène est probablement d'ordre climatique.
- Les deux rues qui présentent les baisses de concentration les plus fortes sont précisément celles qui ont fait l'objet d'aménagement permettant de réduire l'intensité du trafic, Avenue Berthelot et rue Puits Gaillot. .

Le même examen fait sur l'agglomération de Grenoble présente les mêmes caractéristiques sauf sur le boulevard Foch qui nécessiterait une analyse très approfondie pour expliquer ces variations surprenantes et sur le site de Fontaine qui par ailleurs ne fait plus l'objet de mesure depuis 1999.



Pour terminer ce panorama, nous présentons ci dessous les concentrations depuis 1997 d'un site totalement rural situé dans les monts du Lyonnais à environ 25 kilomètres de l'agglomération Lyonnaise.

Cette série de mesures peut être considérée comme représentative d'un niveau de fond rural. Le monoxyde d'azote y est évidemment très faible, (très peu de circulation), le dioxyde d'azote est faible mais pas totalement inexistant, environ 5µg/m3 en 2004., il s'agit probablement de transport de polluants à plus longue distance, et enfin, la concentration moyenne d'ozone est assez élevée (la plus élevée de l'ensemble du dispositif lyonnais) confirmant bien que la formation d'ozone est un phénomène complexe agissant à grande échelle en présence d'un fort ensoleillement et dont les effets ne sont pas constatés dans les zones urbaines denses.


microg/m3
microg/m3
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
4
3
2
1
0
1986
1988
1990
1992
1994
1996
1998
2000
2002
2004
1ère échelle : gauche
Dioxyde d'azote DIEME - max : 16 microg/m3
Ozone DIEME - max : 79 microg/m3
2ème échelle : droite
Monoxyde d'azote DIEME - max : 4 microg/m3
cliquer sur une légende
pour déplacer la courbe
d'une échelle à l'autre
Dième (Rhône) fond rural

4. En conclusion de cette première partie,

L'ensemble des informations disponibles aujourd'hui indiquent très clairement que les émissions de gaz polluants liés à la circulation automobile diminuent très nettement malgré une augmentation continue des kilomètres parcourues en France et ceci depuis une quinzaine d'années. Cette baisse des émissions de polluants primaires (émis directement par les véhicules) se traduit conformément et logiquement par une baisse des concentrations mesurées dans l'air ambiant.

Pour les polluants secondaires, (issus d'une réaction chimique dans l'air) l'évolution est moins simple. Le dioxyde d'azote par exemple, baisse de manière visible mais dans des proportions inférieures à la baisse des polluants primaires, pour l'ozone, la tendance semble être à la hausse mais nous analyserons par la suite plus en détail ce point particulier.

Les mesures réglementaires mises en place depuis le début des années 80 en particulier la réglementation européenne sur les émissions des véhicules qui devient réellement significative avec la norme euro I au début 90 porte ses fruits petit à petit dans le temps compte tenu du rythme de renouvellement du parc automobile. La dernière norme en vigueur du premier janvier 2005 mettra environ 15 ans (voir graphique ci dessous) pour concerner la quasi totalité du parc français. Aujourd'hui, le parc est composé de 15% de véhicules d'avant 1990 les plus polluants, de 20% de véhicules fabriqués entre 90 et 95, de 23% de véhicules fabriqués entre 95 et 2000 et d'un peu plus de 40% de véhicules fabriqués après 2000. Dans les années à venir, deux phénomènes vont donc se combiner, l'apparition dans le parc de nouveaux véhicules moins polluants et la disparition des véhicules les plus polluants. La conjugaison des deux évolutions permettra de poursuivre cette amélioration constatée par le passé au moins jusqu'en 2020, ensuite, soit on en restera là ce qui est peu probable, soit des normes plus restrictives seront édictées imposant alors des modifications technologiques plus profondes comme par exemple les moteurs hybrides plus sûrement ou la pile à combustible plus hypothétique .

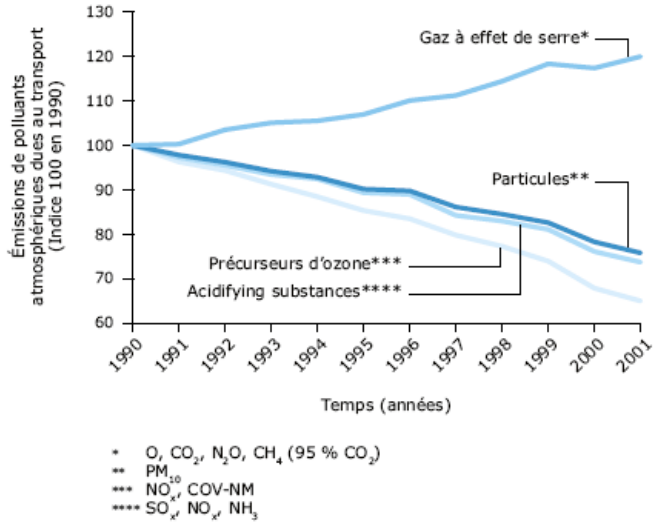
→ **Circulation routière par types de véhicules** (milliards de véhicules x kilomètres)

	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
VP immatriculées en France	238	265	318	350	355	361	371	383	383	398	401	404
dont essence				*214*	*208*	*209*	*207*	*207*	*201*	*198*	*191*	*183*
dont diesel				*137*	*147*	*152*	*164*	*176*	*182*	*201*	*210*	*221*
VUL immatriculés en France	*38*	*48*	*66*	*72*	*73*	*74*	*77*	*79*	*80*	*83*	*86*	*88*
dont essence				*14*	*13*	*13*	*12*	*12*	*11*	*10*	*10*	*9*
dont diesel				*58*	*60*	*62*	*65*	*67*	*69*	*73*	*76*	*79*
VI immatriculés en France	17	15	19	25	24	25	25	26	27	27	27	26
Bus et cars immatriculés France	1,8	2,0	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,3	2,4	2,4
VP et VUL étrangers	13	14	18	17	17	18	20	19	20	20	21	21
VI et cars étrangers	1,6	2,2	3,3	5,2	5,5	5,9	6,2	6,5	6,9	7,1	7,4	7,5
Deux-roues et soldes divers	10	8	8	6	6	6	6	7	7	7	8	8
Total général	319	354	435	476	482	492	507	523	526	545	553	557

Source : DAEI-SES (CCTN) (nouvelle série à partir de 1994)

5. Le cas particulier de l'ozone

Nous l'avons vu, l'ozone est un polluant secondaire qui n'est produit qu'en présence d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils de soleil et de chaleur. Les polluants primaires étant en baisse,(voir graphique ci-dessous) il est paradoxal de constater une augmentation de l'ozone.



source agence européenne de l'environnement

Quatre explications peuvent être avancées

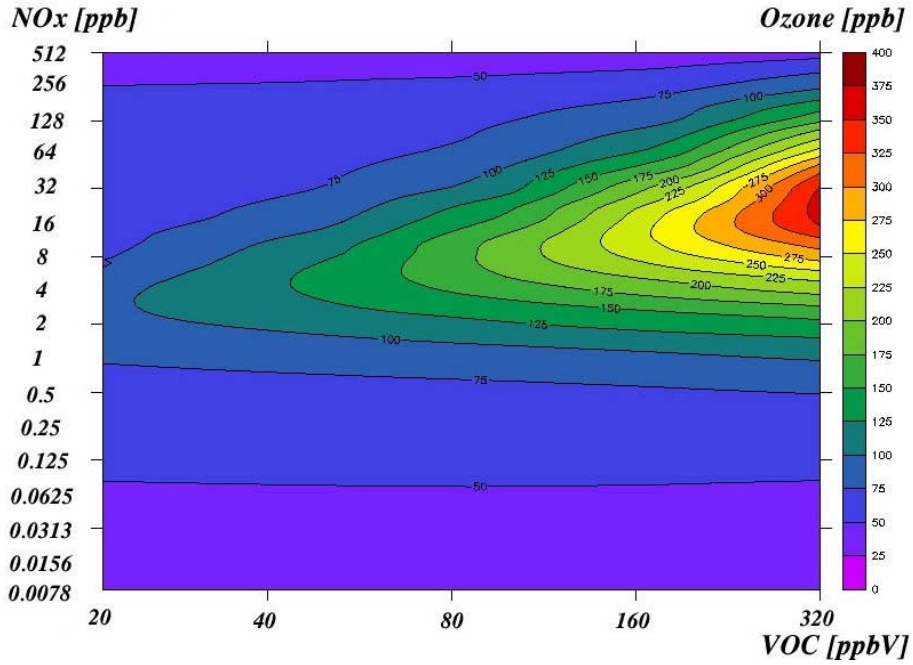
Une excellente thèse rédigée par Olivier COUACH permet de mieux comprendre les phénomènes régissant la production d'ozone, elle est disponible à l'adresse suivante : http://www.atmo-rhonealpes.org/site/documentation/documentation.php?r=These_2002_Modelisation_pollution_photochimique_Grenoble_O_Couach_EPF&c=publications/ASCOPARG_(Sud-Isere)/Etudes/Modelisation_qualite_de_l_air/

s'y reporter pour plus de précision.

D'autre part, un document intéressant intitulé « le smog estival » de juin 2004 édité par la commission fédérale de l'hygiène en suisse a été consulté, il est disponible à l'adresse suivante :

http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/luft/fachgebiet/f/grundlagen/sommersmog_2004_ekl.pdf

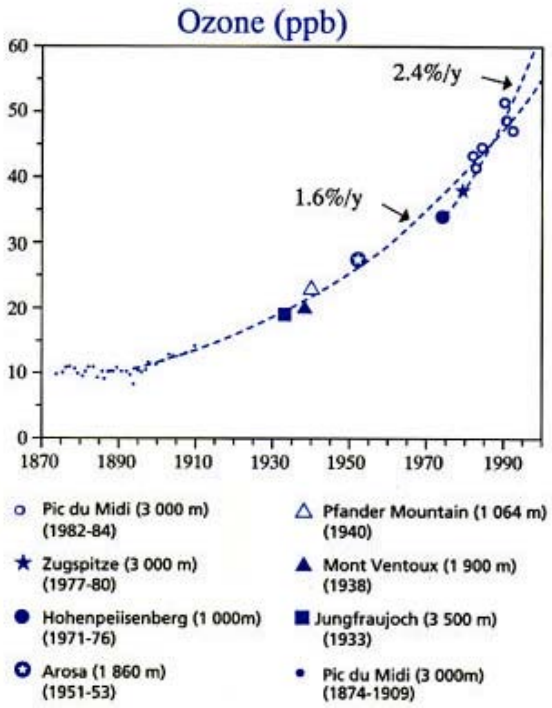
5.1 La production d'ozone est fortement non linéaire deux régimes distincts apparaissent, l'un contrôlé par les Nox et l'autre par les COV



La figure ci dessus issue de la thèse d'olivier Couach montre parfaitement la non linéarité du processus chimique. Par exemple pour une concentration donnée de VOC (composés organiques volatils), prenons 80 ppb, la concentration d'ozone augmente lorsque la concentration de Nox augmente jusqu'à une certaine limite située à 16 ppb puis au delà, malgré l'augmentation des concentrations d'oxydes d'azote, la concentration d'ozone diminue. Par ailleurs, pour une concentration donnée d'oxydes d'azote, l'augmentation des concentrations de VOC ne conduit pas automatiquement à une augmentation de l'ozone, prenons 4 ppb, de Nox, le passage de 160 à 320ppb de voc ne changera pas les concentrations d'ozone. Lutter efficacement contre l'ozone consiste donc à bien identifier dans chaque situation par quel polluant est pilotée la réaction chimique puis prendre des mesures qui rompent cette situation pour voir baisser les teneurs en ozone.

5.2 Le niveau de fond des concentrations d'ozone progressent dans l'hémisphère nord.

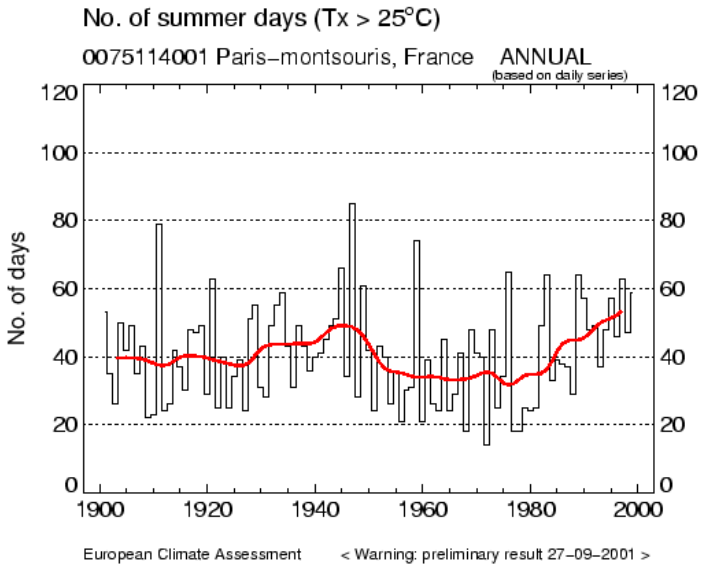
Les mesures réalisées dans les stations d'altitudes mettent en évidence une augmentation régulière du fond depuis le milieu du IXX ème siècle et ceci particulièrement dans l'hémisphère nord. La concentration moyenne d'ozone est passée de 10 ppb en 1875 à 50ppb en 2000.



source, académie des sciences

5.3 L'augmentation des températures et de l'ensoleillement ces dix dernières années est avérée en France.

La réaction entre les NOX et les VOC conduisant à la production d'ozone est dite photochimique, en d'autres termes, elle nécessite l'apport de rayonnement solaire (en particulier ultra violet) et de chaleur pour se produire. Par conséquent l'évolution des températures en France ces dix dernières années peut être un facteur explicatif de l'augmentation des concentrations d'ozone.

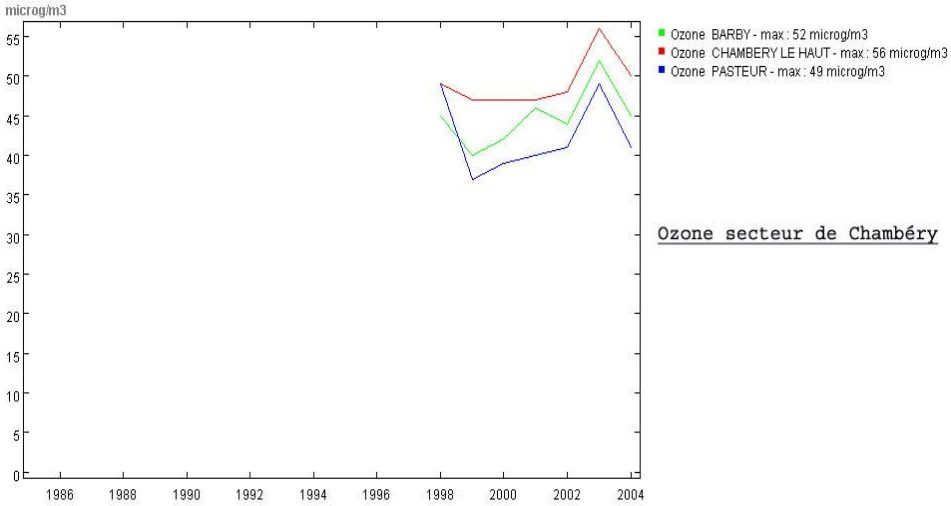


Nombre de jours d'été ayant une t° > à 25°C

Les statistiques ci contre provenant de la station météo France de Montsouris illustrent parfaitement cette tendance marquée à l'augmentation des températures maximales. De

plus, le graphique ne présente de valeurs que jusqu'en 2000, et on a encore le souvenir de l'année 2003.

Sur ce graphique, la canicule de l'été 2003 est parfaitement visible même sur la moyenne annuelle.



5.4 La meilleure connaissance des phénomènes permet de localiser plus judicieusement les capteurs de mesure d'ozone.

Aujourd'hui, le dispositif de recueil des données est stabilisé géographiquement, mais il s'est constitué progressivement au cours des dix dernières années. Les implantations pour la mesure de l'ozone se sont petit à petit éloignées de villes rendant ainsi mieux compte de la réalité.

Pour illustrer ces différents aspects, nous proposons l'examen des graphiques suivants :

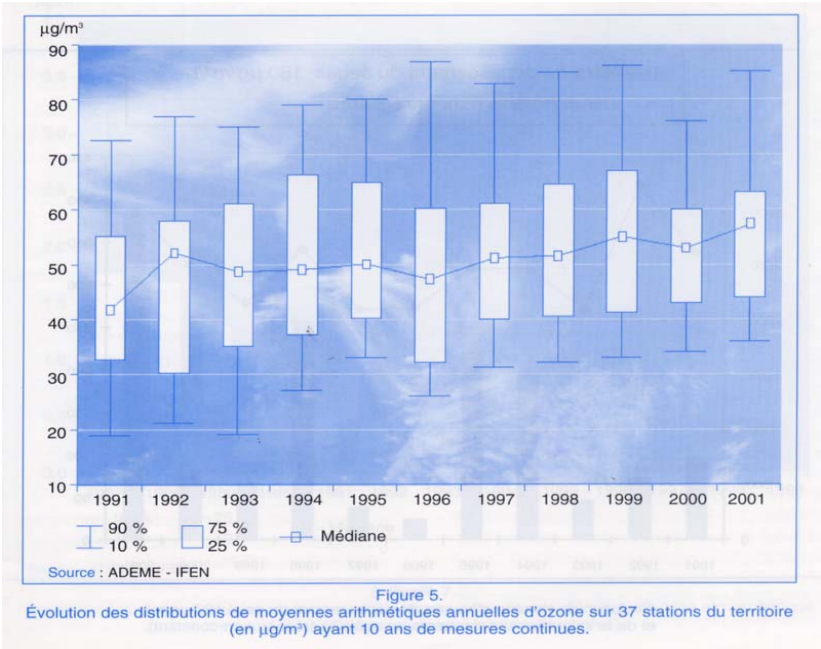
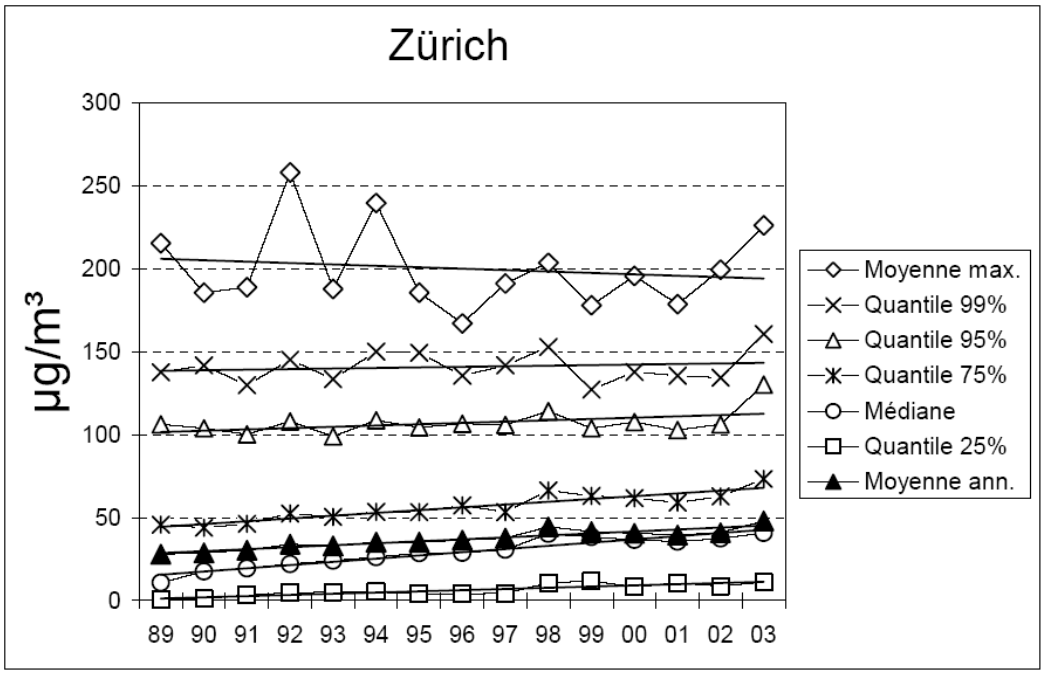


Figure 5.
Évolution des distributions de moyennes arithmétiques annuelles d'ozone sur 37 stations du territoire (en µg/m³) ayant 10 ans de mesures continues.

d'une part une progression tendancielle des valeurs moyennes annuelles depuis 1991 qui prennent en compte de manière importante l'augmentation du bruit de fond.



Le graphique ci dessus issu d'une station de mesure de Zurich illustre parfaitement que la valeur moyenne progresse alors que les valeurs élevées soit baissent soit stagnent. La valeur moyenne très influencée par les niveaux de fond illustre de manière principale l'augmentation du bruit de fond.

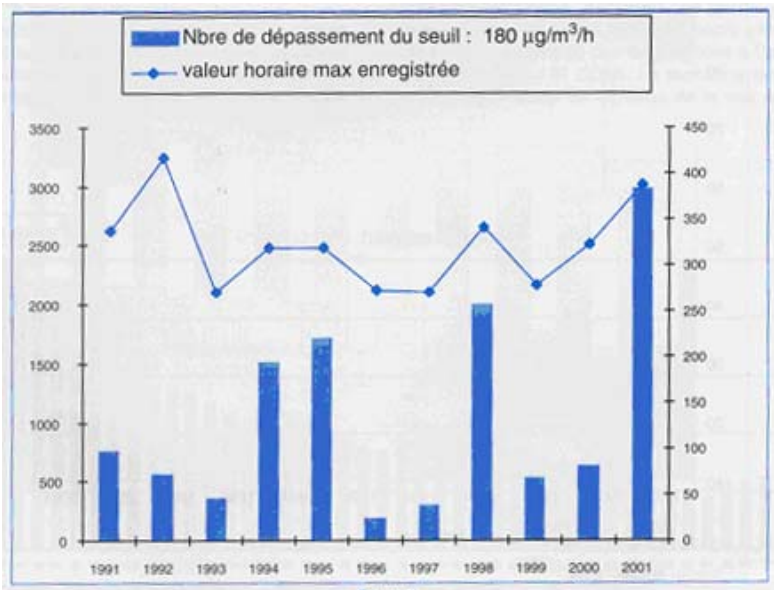


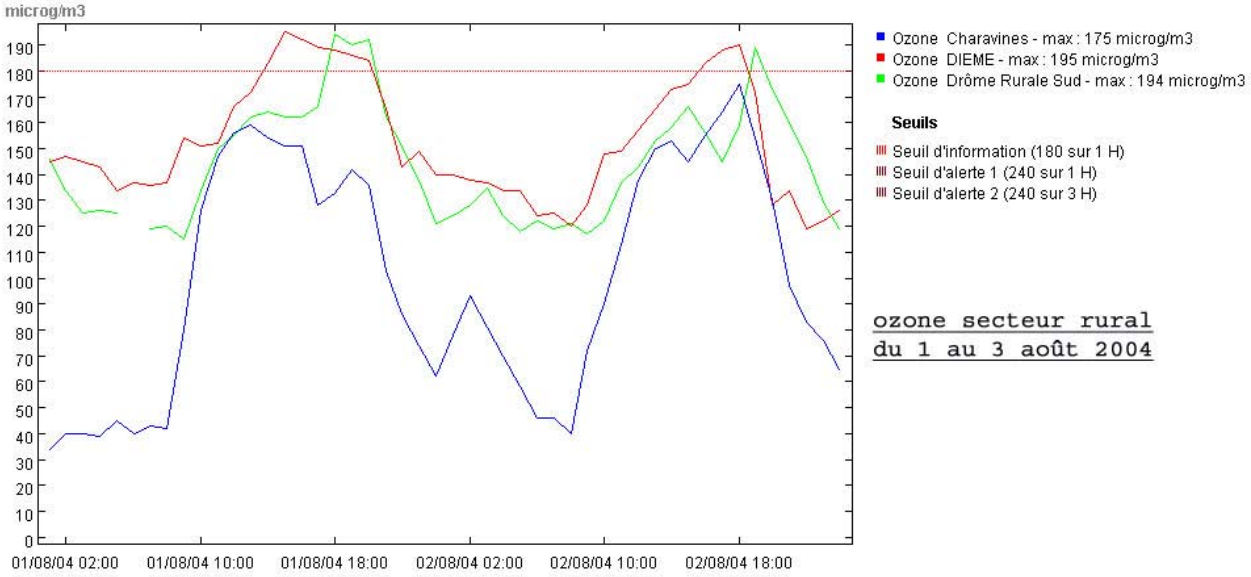
Figure 6.
Évolution du nombre d'heures de dépassement du seuil 180 µg/m³ et de la valeur horaire maximale enregistrée (réseau non constant).

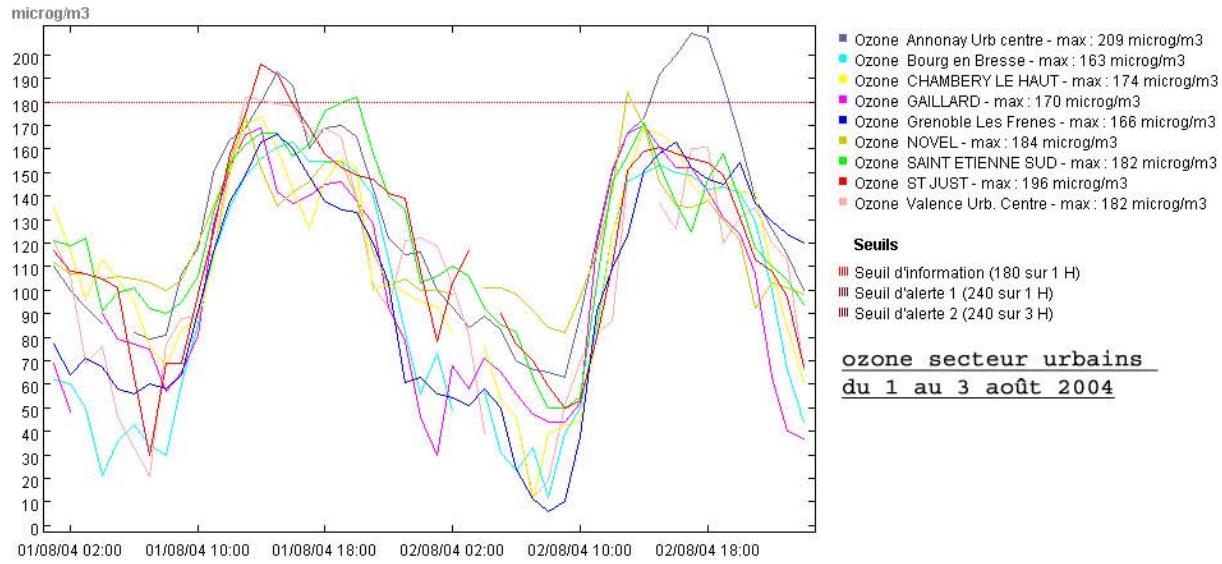
l'incidence majeure des conditions climatiques sur les nombres de pic, aucune logique ne se dessine d'année en année, la météo décide des pics.

Les deux graphiques suivants, issus de mesures en régions Rhône Alpes ont été regroupés selon le critère de milieu périurbain et rural, remarquons que les mesures d'ozone n'ont

pas d'intérêt en milieu urbain central et dense, (voir explication sur la non linéarité). La même période a été choisie, du 1er au 3 août 2004 journées chaudes et ensoleillées propices à la production d'ozone. D'ailleurs au cours de ces journées, le seuil d'information de 180 µg/m3 a été dépassé sur deux des trois sites ruraux pendant plusieurs heures consécutives et il a été également dépassé sur 3 des 9 sites urbains.

On constate très clairement sur les deux familles de courbes que les concentrations d'ozone sont intimement liées au cycle jour/nuit pour des raisons d'ensoleillement déjà indiquées. En milieu urbain ce lien au cycle jour nuit est plus fort qu'en situation rurale tout simplement parce que d'autres polluants comme les oxydes d'azote « détruisent » la nuit l'ozone produite pendant la journée ce qui est beaucoup moins le cas à la campagne.





6. Conclusions sur l'ozone,

L'augmentation tendancielle des concentrations d'ozone l'été est effectivement constatée. Cette augmentation a plusieurs causes indépendantes entres elles et non liées au trafic automobile, même si en quantité les précurseurs proviennent majoritairement de la circulation automobile. Dans ces conditions, les stratégies à développer pour réduire les concentrations ne sont certainement pas simples ni immédiates et doivent faire l'objet d'un effort méthodologique.

7. Compte tenu de ces baisses de concentration constatées, existe t-il des expositions de population dépassant les limites fixées par la réglementation ?

Cette question doit s'envisager sous deux aspects, d'une part, les pics de pollution et d'autre part la pollution chronique. La réglementation Française, conforme aux directives Européennes prend en compte ces deux aspects ;

examinons la réglementation Française. Les textes principaux sont,

- Le décret 98-360 du 6 ami 1998
- Le décret 2002-213 du 15 février 02
- Le décret 2003-1085 du 12 novembre 2003

Au total, 8 polluants sont actuellement réglementés, le dioxyde d'azote,NO2, les oxydes d'azote totaux, NOX, le dioxyde de soufre SO2, le plomb, Pb, les particules fines, PM10 le monoxyde de carbone, CO, le benzène, C6H6, et l'ozone, O3.

Quatre notions importantes sont à retenir :

Valeurs limites : au dessus de ces valeurs, les effets sur la santé sont jugés inacceptables. A terme, valeurs limites et objectifs de qualité doivent se rejoindre.

Objectifs de qualité : valeur vers laquelle il faut tendre à plus ou moins court terme

Seuil de recommandation et d'information : Mise en alerte des autorités information des média.

Seuil d'alerte : seuil à partir duquel il est nécessaire de prendre des mesures vis à vis des transports et vis à vis des industries.

Vis à vis des pointes de pollution, la situation est relativement simple, les seuils de recommandation ne sont pratiquement jamais atteints pour le NO2 et le SO2, par contre pour l'ozone, ils sont atteints souvent en été. Par exemple au cours de l'été 2003, le plus chaud du siècle, le seuil de recommandation de 180µg/m3 a été atteint 19 jours dans le nord Isère et la vallée du Rhône, 16 jours en région lyonnaise, 24 jours à Grenoble, 54 jours en région PACA avec un maximum relevé à 417µg/m3. Tous les été n'ont pas ce profil, mais chaque été des dépassements sont constatés. Le seuil d'alerte de 240µg/m3 durant 3heures consécutives n'a pas été atteint en 2004, mais il le sera très certainement au cours d'un épisode particulièrement chaud d'un prochain été.

Vis à vis de la pollution chroniques le polluant qui actuellement est le moins bien maîtrisé est le dioxyde d'azote. Son objectif de qualité est fixé à 40µg/m3 et la valeur limite pour la protection de la santé humaine exprimée en moyenne annuelle est fixée en 2004 à 52µg/m3, 50 en 2005, 48 en 2006, 46 en 2007, 44 en 2008, 42 en 2009, pour finir à 40 en 2010.

Des moyennes annuelles supérieures à 52µg/m3 en 2004 sont encore assez nombreuses, le graphe de la page 29 montre très bien que la moitié des mesures sur Lyon dépassent ce seuil. De plus comme nous avons vu que la baisse du NO2 n'est pas proportionnelle à la baisse des polluants primaires, il est certain que l'objectif de 40µg/m3 en 2010 sera difficile à atteindre dans les grandes agglomérations et en particulier à proximité des axes de circulation urbains majeurs.

Une étude réalisée par AIRPARIF sur cette question (rapport de septembre 2000) montre toute la difficulté de réduire ce polluant nous reproduisons ci-dessous une des conclusions de ce rapport.

La plupart des sites de fond et la totalité des sites de proximité automobile situés dans l'agglomération parisienne dépassent à l'heure actuelle les valeurs de référence pour le

NO2, notamment l'objectif 2010 (Moy NO2 < 40 µg/m3). Les résultats obtenus ont montré que les efforts de réduction des concentrations de NOx à mener, par rapport aux niveaux observés en 1997-99, en vue du respect des valeurs de référence sont très importants. Ainsi, pour certains sites de fond situés dans Paris intramuros (ex : Paris 7ème ou Paris 18ème) en ou très proche banlieue parisienne (ex : Neuilly-sur-Seine, Ivry-sur-Seine), les efforts nécessaires pour le respect des objectifs 2010, 2005 et actuel atteignent respectivement les 50-60 %, 30-35 % et 20-30 %. Quant aux sites de proximité, les efforts de réduction estimés sont colossaux et ce quel que soit le site : 70-80 % de réduction nécessaire pour l'objectif 2010, 50-70 % pour l'objectif 2005 et encore 40-70 % pour l'objectif actuel.

(En ce qui concerne les autres polluants, il n'est évidemment pas raisonnable d'affirmer qu'il n'existe pas de dépassements, il est certainement possible de trouver des points particuliers qui de temps à autre dépassent les valeurs, mais l'analyse précédente tend à démontrer qu'au niveau général, la situation actuelle s'est bien améliorée et qu'elle s'améliorera encore)

8. En conclusions générales

Les polluants caractéristiques de la circulation automobile sont bien identifiés, en premier lieu on trouve, le cuivre, les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone et les hydrocarbures aromatiques qui représente entre 48 et 33% des émissions totales. Ensuite, un second groupe, Les particules fines (Pm10), Le benzène, Le gaz carbonique, Les hydrofluorocarbures, Les composés organiques volatils non méthanique, qui représentent chacun environ le quart des émissions totales, et enfin les particules très fines qui se situent à 15% des émissions totales françaises.

Les émissions de ces polluants sont toutes globalement à la baisse depuis une quinzaine d'années sauf pour le cuivre et les HFC. Les baisses se situent entre 20 et 70% des valeurs de 1990, Tous les secteurs d'activité ont amélioré leurs performances de ce point de vue, le secteur des transports les ayant améliorées dans de plus fortes proportions. Pour le cuivre la tendance générale est à la stagnation alors que la part propre du transport routier progresse légèrement. Pour les HFC, la progression est très importante dans tous les domaines et correspond à l'engagement Français de substituer dès 1994 les CFC par des HFC.

Le système de surveillance français de la qualité de l'air est maintenant proche de sa configuration définitive, il est performant mais compte tenu de sa jeunesse, les séries statistiques disponibles sont souvent courtes. D'autre part, à l'usage il s'avère assez difficile d'avoir un regard général sur la situation française. Chaque AASQA propose des résultats sur un site internet mais nous l'avons vu, elles sont plus de 40 et d'autre part, l'accès à l'information historique est généralement très difficile. L'ADEME qui supervise ces associations produit actuellement un document de synthèse qui ne permet pas de comprendre les tendances d'évolution réelles alors que la synthèse produite à la fin des années 90 était beaucoup plus utile. Il a donc été nécessaire de consulter en détail les résultats de quelques associations Rhône alpines pour bien identifier les évolutions. Même si on peut penser que ce qui se passe dans les agglomérations de Rhône Alpes n'est pas très différent de l'ensemble de la France, on ne peut pas affirmer formellement que ce soit le cas.

Cette analyse permet de dire que les concentrations de polluants primaires diminuent en milieu urbain conformément aux baisses d'émissions et quelles devraient encore baisser pendant une quinzaine d'années compte tenu du renouvellement du parc automobile. La tendance est différente, en ce qui concerne deux polluants secondaires, le dioxyde d'azote et l'ozone. Le dioxyde d'azote diminue mais moins fortement que les baisses d'émission des oxydes d'azote totaux, cette tendance devrait être durable rendant le respect de l'objectif de qualité en 2010 parfois difficile tout particulièrement à proximité du trafic et en milieu urbain dense. Pour l'ozone la tendance constatée est à l'augmentation malgré la baisse des précurseurs. Cette situation est due essentiellement à la non linéarité des réactions photochimiques, à l'augmentation des températures et de l'ensoleillement depuis environ 15 ans et enfin à l'augmentation du niveau de fond de l'hémisphère nord qui correspond à une augmentation des précurseurs à ce niveau géographique d'analyse.

Enfin, les situations d'exposition des populations au delà des objectifs de qualité existent en milieu urbains denses. Pour les polluants primaires, elles sont de moins en moins fréquentes et la situations doit s'améliorer encore de telle sorte qu'on peut parler de pollution du « passé ». Pour les polluants secondaires, les améliorations espérées sur le dioxyde d'azote permettront de passer en dessous de 40µg/m3 dans la plupart des situations, il subsistera toutefois des situations critiques vis à vis de ce seuil de qualité dans les grandes villes et en milieu urbain dense. Pour l'ozone, il est tout à fait possible que les teneurs continuent à augmenter si les températures, d'été en particulier, suivent cette hausse que l'on constate, dans ce cas, il faudra agir avec pertinence compte tenu de la complexité du phénomène. Mais en tout état de cause, les facteurs agissants sur la production d'ozone étant pour la plupart non modifiables (météo, niveau de fond), le seul levier accessible restera la circulation automobile même si les mesures proposées n'ont pas démontrées leur efficacité.

Ce document n'a pas abordé les questions d'émissions de CO2, ce n'était pas son objectif, mais il est certain qu'actuellement, la progression continue des concentrations de CO2 est une préoccupation importante et qu'il faudra dans l'avenir apporter une attention toute particulière sur cette question en lien avec la circulation automobile. Probablement même, que cette question supplantera la pollution au sens sanitaire du terme et qu'une action vigoureuse sera nécessaire dans un horizon assez proche.

	Valeurs limites et le SO	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuil d'alerte
NO_2	En moyenne annuelle : 2001 :2 58 µg/m^3, décroissant linéairement au cours du temps. 2010 40 µg/m^3. En moyenne horaire :2001 : 290 µg/m^3 (décroissant linéairement au cours du temps) à ne pas dépasser plus de 0,2 % du temps. Jusqu'en 2010 : 200 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 2 % du temps. 2010 : 200 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 0,2 % du temps.	En moyenne annuelle : 40 µg/m^3.	200 µg/m^3 en moyenne horaire.	400 µg/m^3 en moyenne horaire. 200 µg/m^3 en moyenne horaire si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.
NOx	En moyenne annuelle (équivalent NO2) : 30 µg/m^3 (protection de la végétation).			
SO_2	En moyenne annuelle (pour les écosystèmes) : 20 µg/m^3. En moyenne journalière : 125 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 0,8 % du temps. En moyenne horaire : 2001 : 470 µg/m^3 (décroissant linéairement au cours du temps) à ne pas dépasser plus de 0,3 % du temps. 2005 : 350 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 0,3 % du temps. En moyenne hivernale (pour les écosystèmes) : 20 µg/m^3.	En moyenne annuelle : 50 µg/m^3.	300 µg/m^3 en moyenne horaire.	500 µg/m^3 en moyenne horaire sur 3 heures consécutives.
Plomb	En moyenne annuelle 2001 : 0,8 µg/m^3. 2002 : 0,5 µg/m^3.	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m^3.		
PM10 (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres)	En moyenne annuelle : 2001 : 46 µg/m^3, décroissant linéairement au cours du temps. 2005 : 40 µg/m^3. En moyenne journalière : 2001 : 70 µg/m^3 (décroissant linéairement au cours du temps) à ne pas dépasser plus de 9,6 % du temps. 2005 : 50 µg/m^3 à ne pas dépasser plus de 9,6 % du temps.	En moyenne annuelle : 30 µg/m^3.		
CO	En moyenne sur 8 heures : 10 000 µg/m^3.			
Benzène	En moyenne annuelle 2001-2005 : 10 µg/m^3, décroissant linéairement de 2005 à 2010 2010 : 5 µg/m^3.	En moyenne annuelle : 2 µg/m^3.		
O_3		Seuil de protection de la santé : En moyenne sur 8 heures : 110 µg/m^3. Seuil de protection de la végétation : En moyenne sur 24 heures : 65 µg/m^3. En moyenne horaire : 200 µg/m^3 .	180 µg/m^3 en moyenne horaire, conformément à la directive européenne 92/72/CEE.	En moyenne horaire : 240 µg/m^3.3h consécutives niveau 1 Ou 300µg/m3 niveau 2 Ou 360µg/m3 niveau 3

© ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer
centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Certu est illicite (loi du 11 mars 1957).
Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

Reprographie : Cete de Lyon ✆ (+33) (0) 4 72 14 30 30 (octobre 2005)
Dépôt légal : 4e trimestre 2005
ISSN : 1263-2570
ISRN : Certu/RE -- 05-24 -- FR

Certu
9, rue Juliette-Récamier
69456 Lyon cedex 06
✆ (+33) (0) 4 72 74 59 59
Internet http://www.certu.fr