

ARTICLES



Contrôle des émissions polluantes du parc automobile roulant à Paris

Control of air polluting emissions rejected in Paris by the automobile cruising fleet

René ALARY*, Samuel BOUYAIN*, Michel MATRAT**

RÉSUMÉ

Cet article met en évidence l'état du parc automobile circulant à Paris concernant les émissions polluantes à partir des contrôles effectués par les services de police. Au cours d'une étude de quatre mois, une base de données constituée de véhicules à essence et diesel aléatoirement choisis a été constituée, incluant aussi bien les véhicules catalysés que ceux non catalysés. L'échantillon ainsi recueilli donne une image fidèle du parc automobile roulant.

Les véhicules diesel ne représentent que 29 % du parc roulant total et parcourent des distances plus importantes que les véhicules à essence. Les émissions de monoxyde de carbone des véhicules particuliers à essence et les rejets de fumées des véhicules particuliers diesel qui ont été relevées sont présentées et discutées. L'influence de l'âge du véhicule sur les émissions polluantes a été examinée et démontre le bon vieillissement des voitures à essence. Enfin, l'état particulièrement inquiétant des véhicules diesel âgés à fort kilométrage est mis en évidence.

Si les caractéristiques d'émissions réglementaires des véhicules neufs sont connues, il existe peu d'informations sur les émissions du parc automobile roulant. L'étude menée par le Laboratoire Central de la Préfecture de Police avec le concours de l'Unité de Contrôles Techniques de la Direction de la Logistique de la Préfecture de Police a permis de donner une image de l'état du parc automobile roulant à Paris concernant certaines émissions polluantes (monoxyde de carbone pour les véhicules à essence et opacité des fumées pour les véhi-

* Laboratoire Central de la Préfecture de Police, 39 bis, rue de Dantzig - 75015 Paris.

** Unité de Contrôles Techniques de la Direction de la Logistique de la Préfecture de Police, 2, impasse du marché aux chevaux - 75005 Paris.

ABSTRACT

This paper brings to light the condition of the passenger car fleet in Paris regarding air polluting emissions from controls conducted by French national police. During a four months study, a database of randomly chosen gasoline-fueled and diesel-powered passenger cars circulating in Paris has been constituted, including vehicles with and without catalytic systems. Hence, the collected sample provides a clear picture of the cruising automobile fleet.

Diesel-powered passenger cars account for 29 % of the total cruising automobile fleet while they cover much more kilometres than gasoline-fueled passenger cars do. Data on carbon monoxide emissions show that 24 % of gasoline-fueled passenger cars without catalytic systems violate French technical emission standards (3,5 % vol). However the good behaviour towards ageing of catalysed gasoline-fueled passenger cars is demonstrated. This paper also emphasizes on the bad condition of the diesel-powered automobile fleet and especially on the abnormal increase of smoke emissions with mileage. Finally the efficiency of the catalytic system to reduce particle emissions has not been demonstrated.

cules diesel) à partir d'une base de données constituée de 555 véhicules particuliers et utilitaires légers.

Mode opératoire

Échantillonnage

Afin de disposer d'un échantillon le plus représentatif du parc automobile roulant, la sélection des véhicules circulants (utilitaires légers et véhicules particuliers entrant et sortant de Paris) a été effectuée par tirage aléatoire à partir du dernier chiffre du numéro d'ordre de la plaque d'immatriculation (par exemple : 2 pour 3572 QV 75). L'étude a été effectuée du 1^{er} décembre 1997 au 31 mars 1998. Les points de prélèvements étaient disposés à certaines portes de Paris, sur

le boulevard des Maréchaux, et au rond-point des Champs-Élysées.

Les calculs statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel STATGRAPHICS.

Il y a lieu de noter qu'une étude finlandaise [1] a montré que par temps froid les émissions de monoxyde de carbone étaient moins importantes que par temps chaud.

Les modes opératoires appliqués permettent de dire que l'étude donne une image représentative du parc automobile roulant à Paris pour une période donnée (hiver 97-98).

Nature des contrôles, limitations, seuils réglementaires

Pour les véhicules à essence, les contrôles visent les rejets de monoxyde de carbone (CO) mesurés au ralenti et exprimés en pourcentage du volume de gaz à l'échappement. Pour les véhicules diesel [2] l'opacité des fumées émises exprimée en .m^{-1} est mesurée après préparation du véhicule, pendant une série de cycles d'accélération.

Ces paramètres sont réglementés au niveau du contrôle technique des véhicules et par des dispositions particulières du Code de la route. Le tableau 1 précise le matériel utilisé et les valeurs seuils à ne pas dépasser, qui diffèrent selon le type de contrôle effectué.

Il y a lieu de préciser que les mesures d'opacité ne doivent être effectuées qu'à moteur

« chaud ». Certains véhicules diesel manifestement en très mauvais état et mal entretenus ont été écartés du contrôle en raison du risque d'endommagement provoqué par les accélérations franches imposées par la Norme d'essai [3]. Ces contraintes ont conduit à éliminer environ un tiers des véhicules du contrôle ; il en est toutefois tenu compte pour l'évaluation de la structure du parc automobile. Dans ces conditions le nombre de véhicules hors norme peut être considéré comme estimé par défaut.

Autres informations

En plus de la mesure du CO et de l'opacité des fumées, la marque, le type, le kilométrage, la date de première mise en circulation et la puissance fiscale de chaque véhicule contrôlé ont été relevés, ainsi que des renseignements complémentaires concernant son entretien et son utilisation.

Expression des résultats

Les résultats sont représentés sous forme d'histogrammes et de boîtes à moustaches (*box and whisker plot*) (Figure 1, p. 51).

Cette dernière possibilité permet de visualiser de manière très compacte la dispersion des données. Les quartiles (Q1, Q2, Q3) partagent en quatre effectifs égaux la série des valeurs observées classées par ordre croissant. La boîte centrale est construite à partir des quartiles infé-

Tableau 1.
Polluants contrôlés, analyseurs, seuils réglementaires.
Pollutants, analysers, standards.

Monoxyde de carbone (véhicules à essence)	
Analyseur	SAGEM SOURIAU Optima 4040
Seuil contrôle technique (CT) <i>Arrêté du 5 juillet 1994</i>	4,5 % vol pour les véhicules non catalysés sortis avant le 1-10-86 3,5 % vol pour les véhicules non catalysés sortis après le 1-10-86 0,5 % vol pour les véhicules catalysés (mesure au ralenti) 0,3 % vol pour les véhicules catalysés (mesure au ralenti accéléré)
Seuil Code de la route (Article R69) <i>Arrêté du 16 janvier 1975 modifié par arrêté du 5 octobre 1977</i>	4,5 % vol pour tous les véhicules
Opacité des fumées (véhicules diesel)	
Opacimètre	OMITEC OM1030
Seuil contrôle technique (CT) <i>Directive 92/55/CEE du 22 juin 1992</i>	2,5 .m^{-1} pour un véhicule diesel
Seuil Code de la route (Article R69) <i>Arrêté du 12 novembre 1963 modifié par arrêté du 13 mai 1998</i>	3 .m^{-1} pour un véhicule turbodiesel

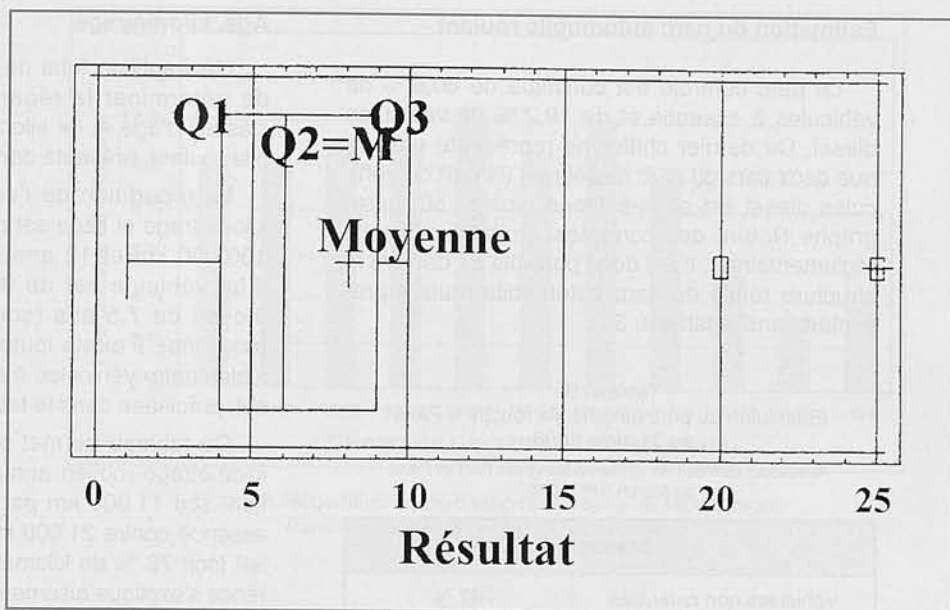


Figure 1. Exemple de boîtes à moustaches.
Example of a box and whisker plot.

rieur Q1 et supérieur Q3, et partagée par le deuxième quartile Q2 qui correspond à la médiane M. Les moustaches vont du premier quartile au minimum et du dernier quartile au maximum, toutefois leur longueur ne doit pas dépasser une fois et demi la distance interquartiles [4]. Les données qui sont au-delà des moustaches mais à moins de trois fois l'écart interquartiles (« points suspects ») apparaissent sous la forme d'un carré. Les points situés à plus de trois fois la distance interquartiles (« points aberrants ») apparaissent sous la forme d'un carré avec le symbole + à l'intérieur. Dans la boîte, une ligne

verticale figure la médiane tandis que le symbole + donne la moyenne.

Structure du parc automobile roulant à Paris

Structure du parc automobile contrôlé

Au total 555 véhicules ont été choisis lors de la campagne de mesure, mais une journée doit être écartée car les conditions climatiques empêchaient tout contrôle de véhicules diesel ; 542 véhicules soumis aux contrôles ont donc été retenus pour l'évaluation de la structure du parc précisée dans le tableau 2.

Tableau 2.
 Structure du parc automobile contrôlé.
Controlled structure of the automobile fleet.

Essence		
Type	Nombre	Pourcentage de l'échantillon
Véhicules non catalysés	290	53,5 %
Véhicules catalysés	148	27,3 %
Total	438	80,8 %
Diesel		
Type	Nombre (dont turbodiesel)	Pourcentage de l'échantillon
Véhicules non catalysés	93 (25)	17,1 %
Véhicules catalysés	11 (1)	2,1 %
Total	104 (26)	19,2 %

Estimation du parc automobile roulant

Le parc contrôlé est constitué de 80,8 % de véhicules à essence et de 19,2 % de véhicules diesel. Ce dernier chiffre ne représente environ que deux tiers du parc diesel réel (la part de véhicules diesel est sous-estimée, voir p. 50, paragraphe Nature des contrôles, limitations, seuils réglementaires), il est donc possible de déduire la structure réelle du parc automobile roulant présentée dans le tableau 3.

Tableau 3.
Estimation du parc automobile roulant à Paris
au 31 mars 1998.

*Assessed distribution of the cruising car fleet in Paris
on March 31st, 1998.*

Essence	
Véhicules non catalysés	47 %
Véhicules catalysés	24 %
Total	71 %
Diesel	
Véhicules non catalysés	26 %
Véhicules catalysés	3 %
Total	29 %

Les proportions de véhicules à essence et de véhicules diesel obtenues pour ce parc urbain sont en accord avec une étude du CITEPA [5] relative à la structure du parc automobile national. La validité de la procédure d'échantillonnage et la représentativité de l'échantillon s'en trouvent renforcées.

Age, kilométrage

L'échantillon total de 555 véhicules a permis de déterminer la répartition entre différentes classes d'âge et de kilométrage du parc automobile roulant, présenté dans les figures 2 et 3.

La répartition de l'échantillon total selon le kilométrage et l'âge est plutôt homogène (jusqu'à 160 000 km et 12 ans). Le kilométrage moyen d'un véhicule est de 96 000 km pour un âge moyen de 7,5 ans (soit 12 800 km par an en moyenne). Il existe toutefois des différences sensibles entre véhicules à essence et véhicules diesel, précisées dans le tableau 4.

Ce tableau permet pour Paris de calculer le kilométrage moyen annuel par type de motorisation, soit 11 800 km par an pour les véhicules à essence contre 21 000 km pour les véhicules diesel (soit 78 % de kilomètres en plus). Cette différence s'explique aisément par la différence du coût d'usage largement favorable des véhicules diesel.

Émissions polluantes du parc automobile roulant

L'influence des rejets gazeux et particulaires des automobiles sur les niveaux de pollution observés à Paris n'est plus à démontrer [6]. Il a été observé durant ces 10 dernières années une baisse des niveaux de monoxyde de carbone. Cependant, la figure 4 montre une augmentation sensible de l'indice de fumées noires depuis 1994.

L'échantillon total de 555 véhicules a été réparti en quatre classes selon le type de motorisation : véhicules à essence non catalysés, véhicules à essence catalysés, véhicules diesel non catalysés et véhicules diesel catalysés. Le com-

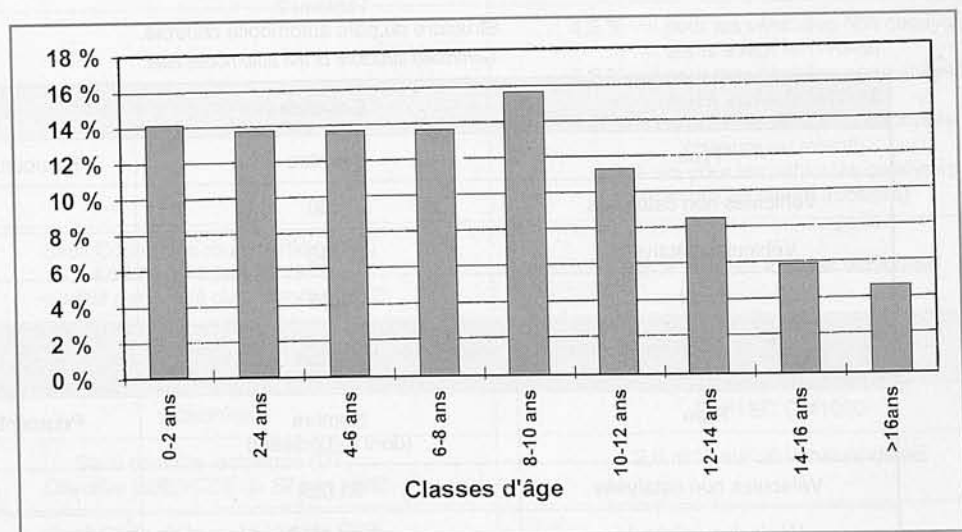


Figure 2. Répartition du parc des véhicules selon l'âge.
Distribution of the car fleet according to age.

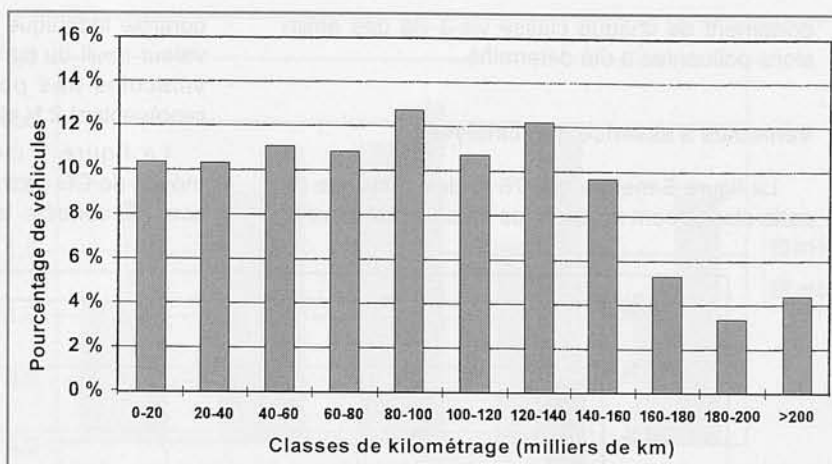


Figure 3. Répartition du parc automobile selon le kilométrage.
Distribution of the car fleet according to mileage.

Tableau 4.
Age et kilométrage moyens par type de motorisation.
Mean age and mileage according to motorization types.

Type	Age moyen (années)	Kilométrage moyen
Essence		
Véhicules non catalysés	10	116 000
Véhicules catalysés	3	49 000
Total essence	8	94 000
Diesel		
Véhicules non catalysés	6	116 000
Véhicules catalysés	1	19 000
Total diesel	5	105 000
Total	7,5	96 000

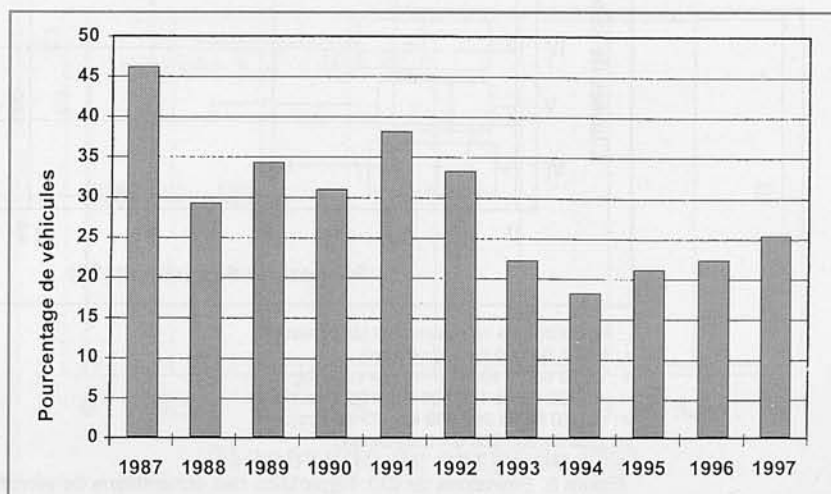


Figure 4. Évolution de la pollution particulaire à Paris depuis 1987.
Evolution of total suspended black particles levels in Paris since 1987.

portement de chaque classe vis-à-vis des émissions polluantes a été déterminé.

Véhicules à essence non catalysés

La figure 5 montre que 76 % des véhicules de cette classe sont au-dessous du seuil fixé pour le

contrôle technique (3,5 %), 15 % au-dessus de la valeur seuil du contrôle routier (4,5 %). Enfin les véhicules très polluants (au-dessus de 9 %) représentent 2 % de l'échantillon considéré.

La figure 7 montre un maximum de taux moyen de CO (environ 2,5 %) inférieur à la valeur seuil du contrôle technique pour la classe IV (de

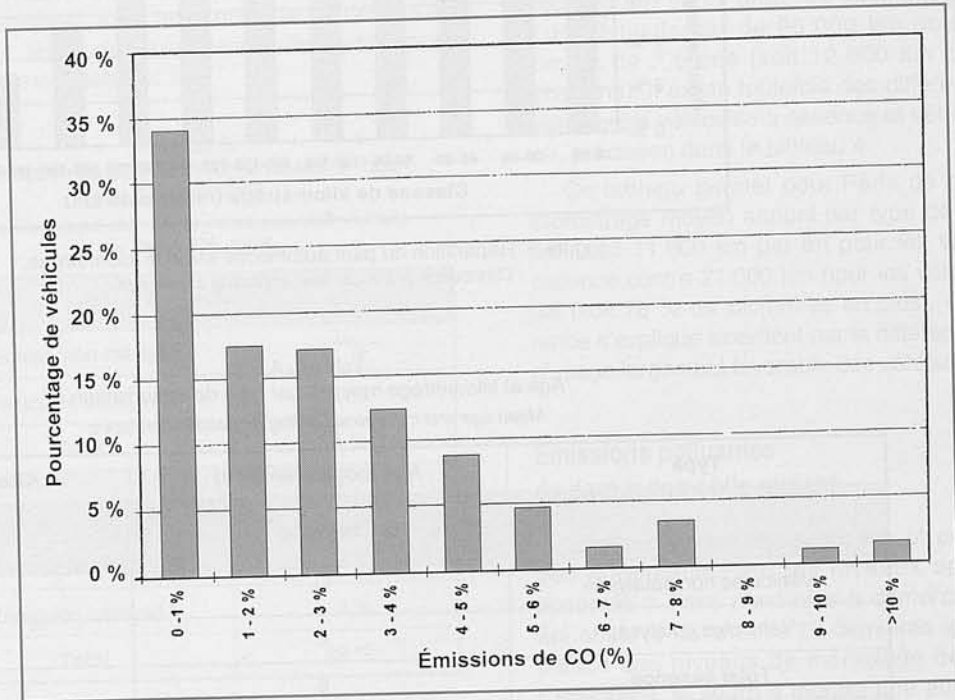
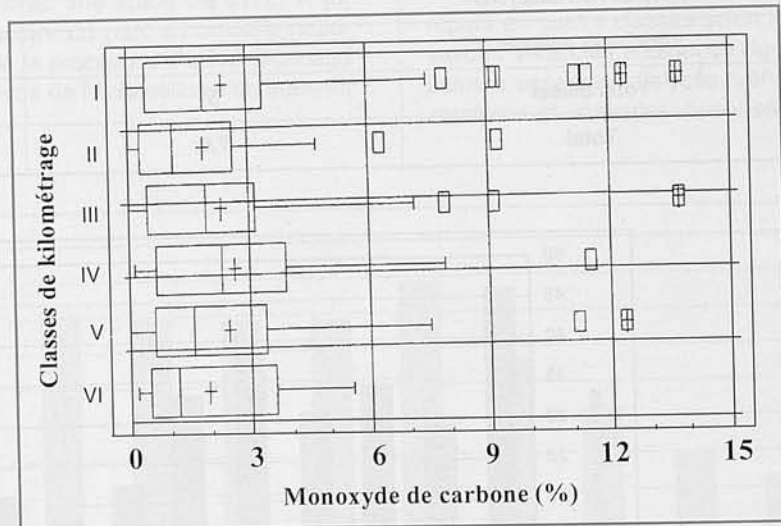


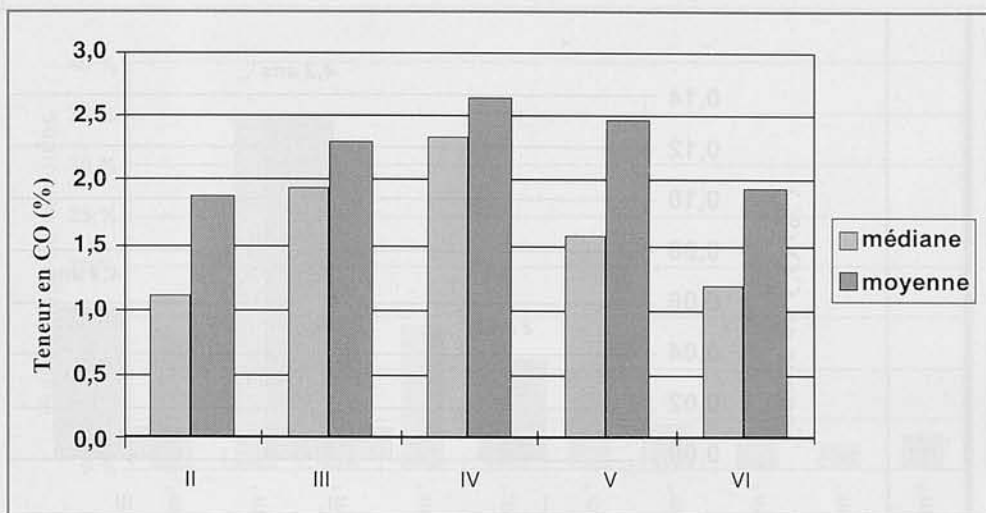
Figure 5. Répartition des véhicules à essence non catalysés en fonction du taux de CO (%).
Distribution of the gasoline-fueled passenger cars without catalytic systems according to CO emission (%).



- I : échantillon de véhicules total (302 valeurs).
- II : de 0 à 50 000 km (27 valeurs).
- III : de 50 000 à 100 000 km (94 valeurs).
- IV : de 100 000 à 150 000 km (105 valeurs).
- V : de 150 000 à 200 000 km (63 valeurs).
- VI : plus de 200 000 km (13 valeurs).

Figure 6. Émissions de CO. Répartition des échantillons de véhicules à essence non catalysés en fonction du kilométrage.

CO Emission. Distribution of samples of gasoline-fueled passenger cars without catalytic systems according to mileage.



ii : échantillon de véhicules de kilométrage compris entre 0 et 50 000 km (27 valeurs).
 iii : entre 50 000 et 100 000 km (94 valeurs).
 iv : entre 100 000 et 150 000 km (105 valeurs).
 v : entre 150 000 et 200 000 km (63 valeurs).
 vi : supérieur à 200 000 km (13 valeurs).

Figure 7. Émissions de CO. Valeurs des moyennes et des médianes des différents échantillons de véhicules à essence non catalysés.

CO Emission. Means and medians for different samples of gasoline-fueled passenger cars without catalytic systems.

100 000 à 150 000 km) et, au-delà, une baisse des émissions qui atteignent un niveau très proche de celui des véhicules à faible kilométrage. Cela montre une relative homogénéité du parc quel que soit son âge, avec en particulier un bon vieillissement.

Véhicules à essence catalysés

La figure 8 permet d'apprécier l'efficacité du pot catalytique en comparaison avec la classe I de la figure 6.

En effet, pour la très grande majorité des véhicules les émissions de monoxyde de carbone sont très faibles, ce qui est normal vu ce type de motorisation. Seuls 4 véhicules sur 149 (2,7 %) dépassaient la valeur seuil du contrôle technique (0,5 % au ralenti). Un au moins de ces véhicules avait un pot catalytique hors d'usage (mesure à 3,9 %) et pour les trois autres la température optimale assurant une conversion totale du monoxyde de carbone n'était vraisemblablement pas atteinte.

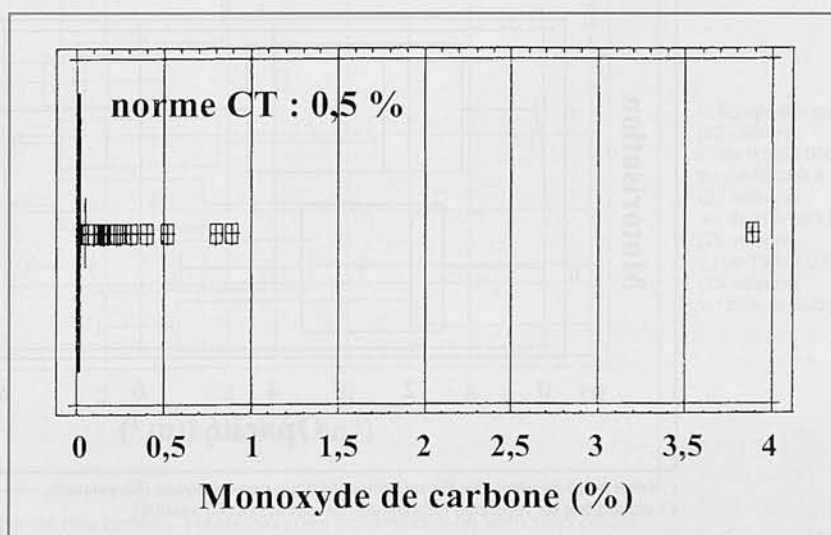
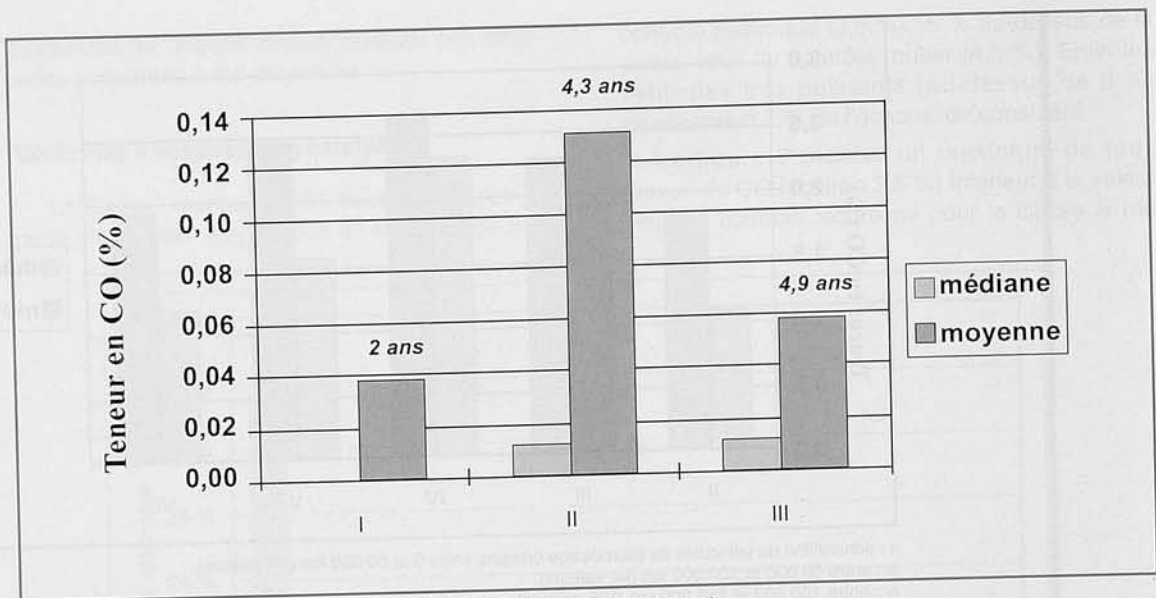


Figure 8. Émissions de CO des véhicules à essence catalysés.
CO emission for gasoline-fueled passenger cars with catalytic systems.



I : échantillon de véhicules de kilométrage compris entre 0 et 50 000 km (88 valeurs).
 II : entre 50 000 et 100 000 km (42 valeurs).
 III : supérieur à 100 000 km (19 valeurs).

Figure 9. Émissions de CO. Valeurs des moyennes et médianes des différents échantillons de véhicules à essence catalysés.

CO emission. Means and medians for different samples of gasoline-fueled passenger cars.

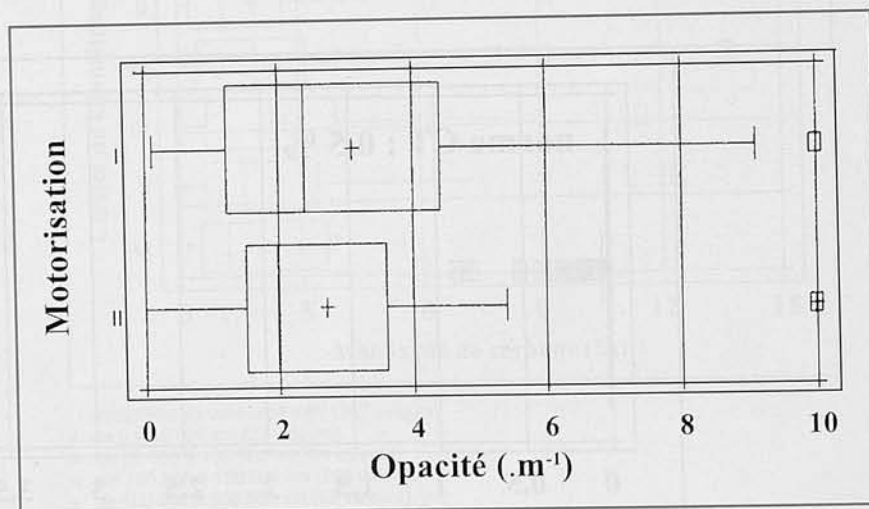
La figure 9 montre le bon vieillissement du pot catalytique. Le maximum observé pour la classe II (de 50 000 à 100 000 km) reste en deçà du seuil fixé pour le contrôle technique (0,5 %).

L'ensemble des résultats montre l'effet bénéfique du pot catalytique sur les émissions de monoxyde de carbone des véhicules et conforte les résultats d'une étude précédente [5] qui précisait qu'en situation de proximité, « la teneur en monoxyde de carbone diminue d'environ

0,1 mg/m³ chaque fois que le parc de véhicules à essence catalysés augmente de 100 000 unités ».

Véhicules diesel et turbodiesel non catalysés

La figure 10 semble montrer que les niveaux d'opacité des fumées relevés pour les véhicules munis de turbo sont plus faibles que ceux observés pour les véhicules diesel atmosphérique (moteurs à aspiration naturelle par opposition aux moteurs diesel turbocompressés).



I : échantillon de véhicules diesel atmosphérique non catalysés (68 valeurs).
 II : échantillon de véhicules turbodiesel non catalysés (25 valeurs).

Figure 10. Opacité des fumées émises par les véhicules diesel atmosphérique et turbodiesel non catalysés.

Smoke density for diesel and turbodiesel powered passenger cars without catalytic systems.

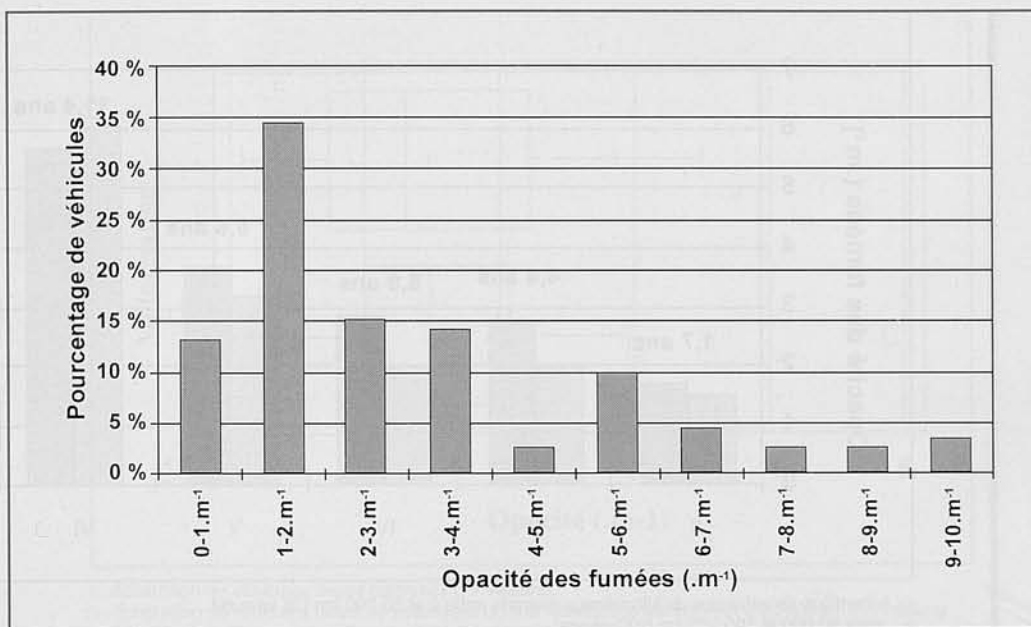


Figure 11. Répartition des véhicules diesel non catalysés en fonction de l'opacité des fumées.
Distribution of diesel-powered passenger cars without catalytic systems according to smoke density.

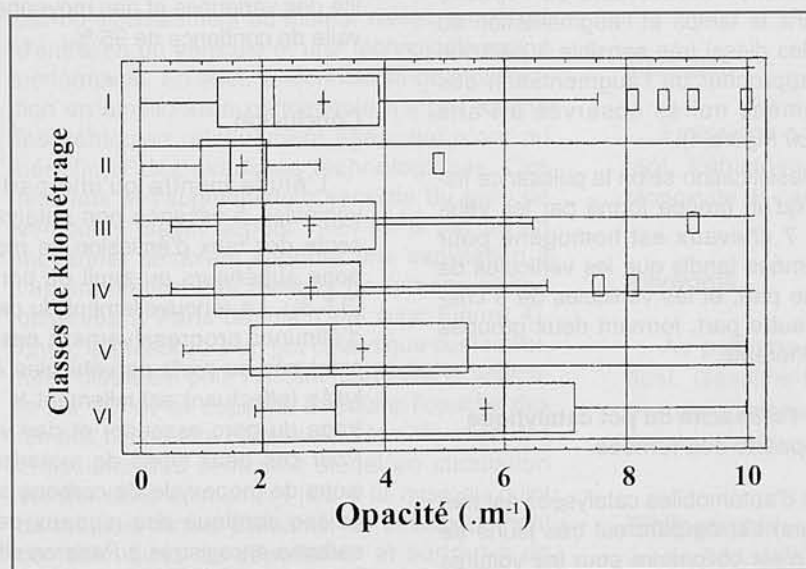
Néanmoins, les deux échantillons ont été soumis à un test d'égalité des variances puis à un test d'égalité des moyennes de Student. Ces tests ont montré que les variances et les moyennes des deux échantillons étaient égales avec un intervalle de confiance de 95 % de sorte que pour la suite de l'étude, les échantillons diesel et turbodiesel ont été regroupés. Le résultat global est présenté dans la figure 11.

La distribution du parc diesel non catalysé présentée dans la figure 11 est très hétérogène

et presque bimodale ; 45 % des véhicules diesel non catalysés se situent au-dessus du seuil de $2,5.m^{-1}$ et sont donc « polluants » ; 20 % des véhicules de cette classe présentent une opacité des fumées supérieure à $5.m^{-1}$.

Les figures 12 et 13 montrent une croissance de l'opacité des fumées en fonction du kilométrage.

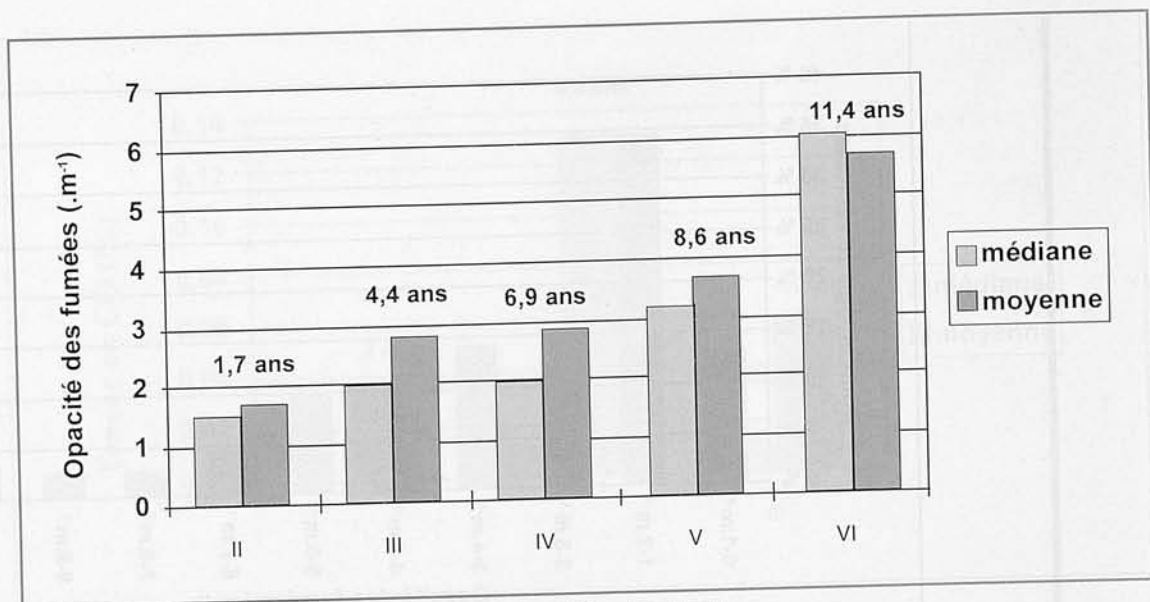
Le résultat est inverse de celui observé pour les émissions de monoxyde de carbone des véhicules à essence non catalysés et un calcul de régression montre que l'opacité des fumées aug-



- i : échantillon de véhicules total (93 valeurs).
- ii : de 0 à 50 000 km (16 valeurs).
- iii : de 50 000 à 100 000 km (27 valeurs).
- iv : de 100 000 à 150 000 km (26 valeurs).
- v : de 150 000 à 200 000 km (15 valeurs).
- vi : plus de 200 000 km (9 valeurs).

Figure 12. Opacité des fumées. Répartition des échantillons de véhicules diesel non catalysés en fonction du kilométrage.

Smoke density. Distribution of different samples of diesel-powered passenger cars without catalytic systems according to mileage.



II : échantillon de véhicules de kilométrage compris entre 0 et 50 000 km (16 valeurs).
 III : entre 50 000 et 100 000 km (27 valeurs).
 IV : entre 100 000 et 150 000 km (26 valeurs).
 V : entre 150 000 et 200 000 km (15 valeurs).
 VI : supérieur à 200 000 km (9 valeurs).

Figure 13. Opacité des fumées. Valeurs des moyennes et médianes des différents échantillons de véhicules diesel non catalysés.

Smoke density. Means and medians for different samples of diesel-powered passenger cars without catalytic systems.

mente de $0,63 \cdot \text{m}^{-1}$ lorsque le véhicule « vieillit de 50 000 km » (seuil de détermination $R^2 = 88 \%$). Après 150 000 km, les émissions de fumées se situent nettement au-delà des seuils de d'émissions admis. Cette croissance peut être liée à un mauvais vieillissement du moteur diesel et/ou à un défaut d'entretien de la part du propriétaire et/ou aux technologies de motorisation moins performantes mises en œuvre pour les véhicules âgés. Cette évolution défavorable de l'opacité des fumées dans le temps et l'augmentation du parc de véhicules diesel très sensible à partir de 1994 sont à rapprocher de l'augmentation des niveaux de fumées noires observés à Paris depuis 1994 (voir Figure 4).

Enfin, une classification selon la puissance fiscale démontre qu'un groupe formé par les véhicules de 5, 6, 7 chevaux est homogène pour l'opacité des fumées tandis que les véhicules de 4 chevaux d'une part, et les véhicules de 8 chevaux et plus d'autre part, forment deux groupes sensiblement différents.

Vérification de l'efficacité du pot catalytique vis-à-vis de l'opacité des fumées

L'échantillon d'automobiles catalysées est très faible (11 valeurs) car ce parc est très jeune (le pot catalytique n'est obligatoire pour les voitures diesel françaises que depuis le 1^{er} janvier 1997). Sur l'échantillon obtenu, la médiane et la moyenne se situent en deçà du seuil de $2,5 \cdot \text{m}^{-1}$ et 1 véhicule sur 11 (9 %) dépasse cette valeur. La

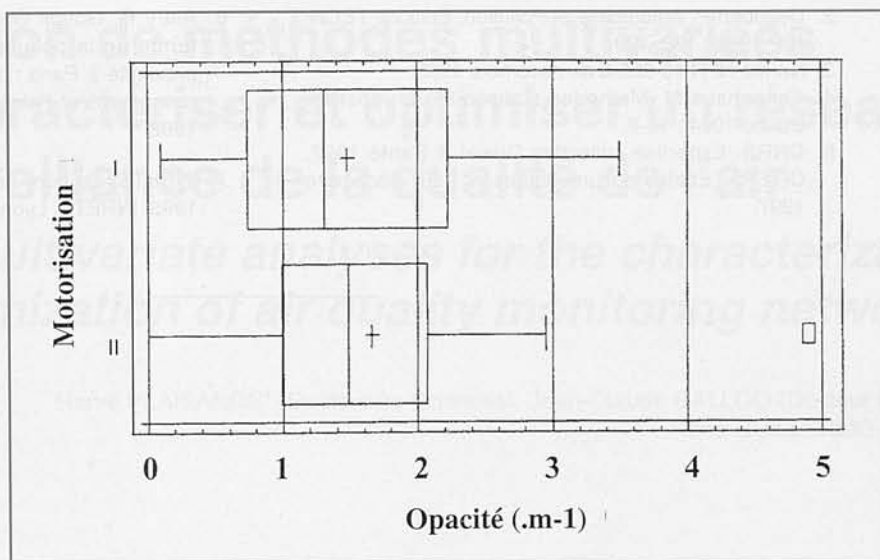
comparaison avec l'échantillon de véhicules diesel non catalysés de kilométrage inférieur à 50 000 km (kilométrage moyen 32 000 km) présentée dans la figure 14 ne montre pas de baisse sensible de l'émission de particules par la présence du pot catalytique.

Les deux échantillons ont été soumis à un test d'égalité des variances, puis à un test d'égalité des moyennes de Student, qui ont montré l'égalité des variances et des moyennes avec un intervalle de confiance de 95 %.

Conclusion

L'étude montre qu'une part importante de véhicules à essence non catalysés (24 %) présente des taux d'émission de monoxyde de carbone supérieurs au seuil de contrôle technique (3,5 %). Le renouvellement du parc va permettre d'éliminer progressivement ces véhicules non catalysés (effectuant actuellement le tiers du kilométrage du parc essence) et des véhicules diesel. Pour ces deux types de motorisation, les émissions de monoxyde de carbone sont faibles et la baisse continue des niveaux de monoxyde de carbone enregistrés à Paris en situation de proximité devrait donc se poursuivre.

Les émissions de particules du parc actuel diesel sont plus préoccupantes. En effet, 44 % des véhicules présentent une opacité des fumées



I : échantillon de véhicules diesel catalysés (11 valeurs).

II : échantillon de véhicules diesel non catalysés dont le kilométrage est inférieur à 50 000 km (16 valeurs).

Figure 14. Opacité des fumées émises par les véhicules diesel catalysés et non catalysés de moins de 50 000 km.

Smoke density for diesel-powered passenger cars with catalytic systems and without catalytic systems of less than 50 000 km.

supérieure à $2,5 \cdot m^{-1}$. Même si, à Paris, les voitures particulières diesel sont moins nombreuses que les voitures particulières à essence, elles parcourent 78 % de kilomètres en plus en moyenne par an [7] et constituent la principale source de particules en milieu urbain (un véhicule diesel émet de 30 à 100 fois plus de particules qu'un véhicule à essence [4]). De plus pour les véhicules diesel âgés, au-delà de 150 000 km environ, l'opacité des fumées augmente anormalement, ce qui s'explique très vraisemblablement par un vieillissement du moteur diesel, un défaut d'entretien du véhicule et une technologie moins performante. En effet, la technologie de motorisation en amélioration permanente n'a pas touché les véhicules relativement âgés, qui n'ont pu bénéficier des avancées technologiques. Ces résultats et l'augmentation sensible du parc de véhicules diesel depuis 1994 (3 % par an en moyenne) semblent apporter une explication à l'augmentation des niveaux de fumées noires observés à Paris depuis 1994 (voir Figure 4). Enfin, la présence d'un pot catalytique sur les voitures diesel est pour l'instant marginale (1 véhicule sur 10) et sa capacité à réduire l'opacité des fumées n'a pu être démontrée. L'amélioration des émissions des véhicules diesel en circulation semble donc intimement liée à la mise au point de moteurs moins polluants, au développement de techniques de dépollution et surtout à un meilleur entretien du véhicule.

Il y a lieu de noter que le taux de rejet au contrôle technique est plus faible que le taux de véhicules polluants mis en évidence lors des

contrôles routiers. Cette différence s'explique très vraisemblablement par une préparation du véhicule avant le contrôle technique.

Cette étude confirme donc l'intérêt du contrôle technique et des contrôles routiers. Ces derniers permettent d'appréhender l'image à un instant donné du parc automobile roulant, actuellement en pleine évolution, en regard des émissions polluantes et constituent un moyen d'évaluer l'efficacité du contrôle technique.

Mots clés

Émissions polluantes. Parc automobile roulant. Véhicules à essence. Véhicules diesel. Monoxyde de carbone. Opacité des fumées.

Keywords

Air polluting emissions. Cruising automobile fleet. Gasoline-fueled passenger cars. Diesel-powered passenger cars. Carbon monoxide. Smoke density.

Bibliographie

- 1 Laurikko J. In-use emissions control in Finland : Introduction and practical experience – 3^e Colloque intern. « Transports et pollution de l'air », Avignon, 6-10 juin 1994, INRETS, 327-34.

2. Degobert P. Automobile et Pollution. Éditions TECHNIP 1992 ; 128, 129.
3. Norme NFR 10-025-3 de novembre 1995.
4. Tenenhaus M. Méthodes statistiques en gestion. Dunod 1994 ; 15-8.
5. CNRS. Expertise collective Diesel & Santé 1997. CITEPA. Études documentaires n° 126, Décembre 1997.

6. Alary R, Goupil G, Renaudot C. Évolution à long terme de la pollution automobile en situation de proximité à Paris ; 11^e Congrès mondial sur l'environnement et l'air pur, Durban, 13-18 septembre 1998.
7. INRETS, Le parc automobile des ménages. Étude 1995, INRETS, Lyon Bron 1996 : 66-111.

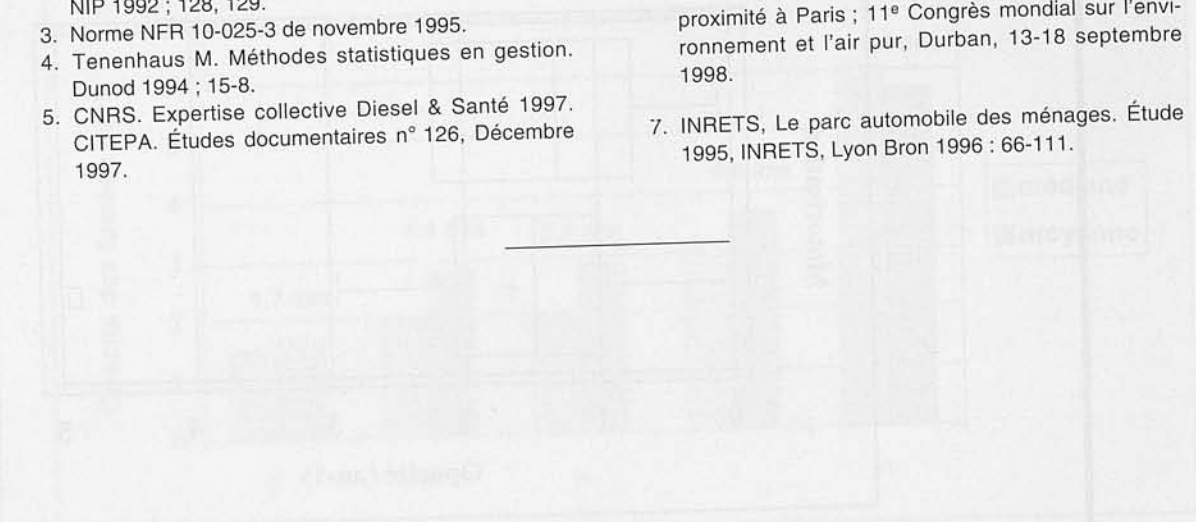


Figure 1. Localisation des sites de mesure de la pollution automobile en situation de proximité à Paris. (Source : Alary R, Goupil G, Renaudot C. 1998)

Le trafic automobile est la source principale de pollution atmosphérique en situation de proximité à Paris. Les émissions de polluants sont élevées en raison de la densité du trafic et de la configuration des rues. Les sites de mesure sont choisis pour évaluer l'exposition des populations à la pollution automobile. Les sites sont répartis dans les zones urbaines denses, les zones de trafic intense et les zones de trafic résidentiel. Les sites de mesure sont répartis dans les zones urbaines denses, les zones de trafic intense et les zones de trafic résidentiel. Les sites de mesure sont répartis dans les zones urbaines denses, les zones de trafic intense et les zones de trafic résidentiel.