



Effets de la pollution atmosphérique d'origine automobile sur la santé des policiers affectés à la circulation à Paris

Effects of air pollution from cars on police health in Paris

Christine Bugajny, Claudine Delaunay, Henri Viellard*,
Françoise Petit-Coviaux, Cécile Coiron, Fabien Squinazi**,
Dominique Lecomte***

RÉSUMÉ

L'étude a pour objet d'évaluer les effets de la pollution automobile sur la santé des gardiens de la paix de la préfecture de police de Paris, notamment ceux qui au cours de leur service, sont exposés sur la voie publique ; une population témoin de personnels non exposés a été également étudiée à titre de référence.

Cette étude a comporté d'une part la mesure de l'exposition individuelle des agents aux principaux indicateurs de ce type de pollution atmosphérique, d'autre part le suivi de certains paramètres biologiques permettant d'évaluer l'action de ces polluants sur la santé.

Des mesures biologiques comprenant des dosages sanguins de plomb et de carboxyhémoglobine ont été réalisées sur 204 fonctionnaires. Parmi eux, 38 ont été choisis pour déterminer leur exposition individuelle au monoxyde de carbone et au benzène à l'aide de capteurs individuels.

Les valeurs d'exposition au monoxyde de carbone et au benzène et les teneurs en carboxyhémoglobine permettent de distinguer trois classes d'exposition en fonction de l'activité des agents. Les plus exposés sont les motards, les gardiens affectés aux carrefours et les agents des compagnies de sécurité.

Les habitudes tabagiques ont une plus forte contribution à l'imprégnation sanguine au monoxyde de carbone que l'exposition aux polluants automobiles, même en cas de forte exposition.

Les niveaux d'exposition au monoxyde de carbone sont nettement inférieurs aux valeurs recommandées par l'OMS et a fortiori aux valeurs réglementaires du ministère du Travail (55 mg.m⁻³ sur 8 heures).

À défaut de valeur recommandée par l'OMS, les niveaux de benzène sont également nettement inférieurs à ceux admis en milieu professionnel (16 mg.m⁻³ sur 8 heures).

Les taux de plombémie sont faibles et toujours inférieurs à la valeur limite considérée comme le début d'une intoxication saturnine chronique.

Une étude similaire avait été effectuée par le Laboratoire Central en 1974 et en 1981. Les niveaux moyens d'imprégnation sanguine en CO sont voisins de ceux obtenus en 1981. Ils sont en nette diminution en ce qui concerne la plombémie.

* Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris.

** Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris.

*** Directeur du Groupe de Prévention des Risques Sanitaires de la Préfecture de Police de Paris.

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the effects of car pollution on police health in Paris, more particularly for policemen who are working near streets and crossroads. A population of non-exposed policemen has also been studied as a reference.

This work included individual exposure measurements to some urban pollution main indicators and biological determinations to estimate the effects of these pollutants on health. Biological measurements in blood, including determinations of carboxyhemoglobin and lead, were realized on 204 men and women employed by the Prefecture de Police. Carbon monoxide and benzene individual exposure had been measured on 38 men among these policemen, by the use of individual analyzers or pump samplings.

Three classes of exposure, which depends on police activities, could be characterized according to CO and benzene exposure levels and carboxyhemoglobin concentrations. The most exposed classe includes motorcycle police, police at crossroads, and policemen in security companies.

Carboxyhemoglobin mean values before traffic exposure are four to five times more important for smokers (4.5 % HbCO) than for no-smokers (1.0 % HbCO). After work, these mean values are respectively 5.3 % and 1.1 % HbCO.

We could conclude that no-smokers agents don't reach the WHO value (2.5 % HbCO), which should not been exceeded, while average HbCO percentage for smokers after work is twice more important than OMS value. So, smoking contributes to higher levels of CO in blood than car exhaust pollutants, even for high air pollutants concentrations.

CO exposure levels are lower than the WHO recommendations for all the durations, and therefore lower than limit values fixed in working places (55 mg.m⁻³ for 8 hours).

No level for airborne benzene is recommended by WHO, as this compound is carcinogenic to humans ; WHO indicated that for an air concentration of 1 µg.m⁻³, the estimated lifetime risk of leukaemia is 4.10⁻⁶. Individual benzene measurements are lower than limit concentrations for working place (16 mg.m⁻³ for 8 hours).

Lead blood levels, which average value is 45 µg/l, are clearly smaller than the WHO value (200 µg/l), considered for the beginning of a chronic lead poisoning.

Similar studies had been carried out in 1974 and 1981, for CO and lead, but only fixed measurements had been used for the estimation of police pollutants exposure. Carboxyhemoglobin average levels are practically unchanged since 1974 ; even if CO atmospheric concentrations in Paris, measured in car pollution influenced stations, are decreasing since 1991.

Average blood lead results are four times lower than in 1981. The use of unleaded gasoline and the increase of diesel cars percentage, had really contributed to lower atmospheric lead levels for a few years.

I. Objectifs de l'étude

La pollution atmosphérique d'origine automobile constitue à Paris un sujet de préoccupation qui mobilise l'opinion publique, en particulier lors de chaque épisode de forte pollution. L'une des questions importantes que se pose la population est l'impact de ce type de pollution sur la santé des Parisiens, notamment ceux qui paraissent le plus exposés [1].

Les gardiens de la paix, surtout ceux chargés de la circulation sur les artères et aux carrefours de Paris, constituent une population, au sens épidémiologique du mot, particulièrement exposée.

Cette étude avait pour objectif d'une part d'évaluer l'impact de la pollution d'origine automobile sur ces fonctionnaires de police, au cours de leurs activités quotidiennes, d'autre part de comparer les résultats à ceux obtenus lors des deux premières campagnes de mesure réalisées en 1974 et en 1981 par le Laboratoire central de la préfecture de police.

II. Matériel et méthodes

L'étude s'est fondée sur des mesures individuelles d'exposition au monoxyde de carbone et au benzène, et des dosages sanguins de carboxyhémoglobine et de plomb effectués sur les personnels participant à l'étude.

Populations étudiées

Deux populations de gardiens de la paix ont été sélectionnées :

- l'une dont l'activité entraîne directement une exposition à la circulation automobile, notamment les agents chargés de la circulation aux carrefours ou se déplaçant durant toute leur vacation à travers la ville (motards, cyclomotoristes, îlotiers, agents de Compagnie de sécurité) ;
- l'autre regroupant les personnes moins exposées en raison d'un travail plus diversifié ou sédentaire (gardiens du Service général, personnels affectés dans les bureaux).

Le tableau 1 récapitule les périodes d'étude, les différentes catégories de personnel, les sites étudiés, et les différentes mesures réalisées. L'activité des personnels était répartie sur huit sites différents.

Une comparaison des indices « atmo » de la qualité de l'air pour l'agglomération parisienne pendant la période d'étude avec ceux de l'année 1996 a permis de conclure à une représentativité correcte des jours de mesure.

Les fonctionnaires pris en compte pour l'étude se sont portés volontaires et ont rempli un formulaire individuel précisant leur âge, le nombre d'années effectuées dans le service concerné, ainsi que leurs habitudes tabagiques ; 204 personnes (dont 123 non-fumeurs et 81 fumeurs) ont subi des analyses biologiques comprenant des dosages sanguins de plomb (plombémie) et de

Tableau 1.
Récapitulatif du calendrier des opérations sur le terrain et répartition des effectifs
Number and calendar of measurements on sites and policemen distribution.

Date	Site d'exposition	Catégories de personnel (Nombre)	Nombre de mesures biologiques	Nombre de mesures d'exposition individuelle
Semaine du 09-12-96 au 13-12-96	Carrefour V. Basch (14 ^e)	Gardiens de la paix (20)	40	4
Semaine du 16-12-96 au 23-12-96	Carrefour Étoile (8 ^e)	Gardiens de la paix (20)	40	4
Semaine du 13-01-97 au 17-01-97	Itinéraire dans Paris	Motards (30)	60	4
Journée du 28-01-97	51, rue de Courcelles (8 ^e)	Comp. de sécurité (ACS) (18)	36	2
Journée du 29-01-97	34, rue de la Goutte d'Or (18 ^e)	Comp. de sécurité (ACS) (12)	24	1
Semaine du 24-02-97 au 7-3-97	1, avenue du Général Eisenhower (8 ^e)	Gardiens Service général (40)	80	5
Semaine du 10-03-97 au 21-03-97	80, avenue Daumesnil (12 ^e)	Cyclomotoristes (8)	16	6
		Îlotiers (29)	58	6
Semaine du 25-03-97 au 03-04-97	79, rue Clignancourt (18 ^e)	Sédentaires (27)	54	6

Tableau 2.
Caractéristiques de la population étudiée et de la population de référence pour les mesures biologiques.
Characteristics of sample and reference population for biological measurements.

Emplois	Effectifs dans l'échantillon					Age			Ancienneté (mois)		
	Total	Répartition /sexe		Répartition /tabagisme		Médiane	Centile 25	Centile 90	Médiane	Centile 25	Centile 90
		Masculin	Féminin	Non-Fumeur	Fumeur						
Emplois de circulation	137	118	19	85	52	32,7	29,3	44,6	49,2	23,1	162,7
Gardiens carrefours	40	31	9	18	22	27	26	40,2	24	12	76,8
Motards	30	29	1	22	8	37	32	49	84	43,5	264
Agents compagnie sécurité	30	30	0	24	6	33,5	28	51,1	48	25,5	242,4
Ilotiers	29	21	8	16	13	31	27,8	42,2	18	5	74,4
Cyclomotoristes	8	7	1	5	3	35	32,8	40,6	72	29,5	156
Emplois intérieurs	67	34	33	38	29	33	28	47,2	72	25,5	245,4
Gardiens Service général	40	22	18	21	19	29	26	45	60	24	241,2
Sédentaires	27	12	15	17	10	37	30	49,4	84	27	249,6
Total	204	152	52	123	81	32,9	28,7	45,9	60,6	24,3	204,1

monoxyde de carbone (carboxyhémoglobine). Le tableau 2 indique les caractéristiques de la population testée (effectif, âge et ancienneté). On peut considérer que l'échantillon du personnel ayant des emplois de circulation est relativement proche de l'échantillon de référence du point de vue de l'âge (médiane identique) et de l'ancienneté (différence de médiane de 22 mois). Parmi les 204 agents volontaires, 38 policiers (dont 27 non-fumeurs et 11 fumeurs) ont été dotés de capteurs individuels pour la mesure d'exposition au CO et au benzène pendant la durée de leur service. Les dosages sanguins ont été effectués sur deux prises de sang pour chaque fonctionnaire, la première était effectuée avant le service et la deuxième à la fin du temps de travail.

Mesures biologiques

Monoxyde de carbone dans le sang

Le monoxyde de carbone (CO) inhalé se fixe essentiellement sur l'hémoglobine du sang pour former un composé stable, la carboxyhémoglobine (HbCO), qui réduit la capacité d'oxygénation du sang. HbCO constitue donc le marqueur biologique d'une exposition au monoxyde de carbone.

La différence entre les mesures de HbCO avant et après le service est donc liée à la quantité inhalée de CO pendant le temps de service.

La méthode de dosage de carboxyhémoglobine consiste à détruire chimiquement l'échantillon de sang et à analyser les gaz libérés par spectro-

métrie d'absorption dans l'infrarouge [2]. Les résultats sont exprimés en pourcentage de carboxyhémoglobine (% HbCO) par rapport à l'hémoglobine totale.

Plomb dans le sang (plombémie)

La plombémie (plomb associé aux hématies) reflète l'exposition récente au plomb atmosphérique. L'élimination du plomb dans le sang est très longue ; une durée d'exposition au plomb inférieure ou égale à 8 heures ne peut entraîner une augmentation significative de ce composé dans le sang. La plombémie mesurée représente donc l'exposition des agents antérieure au jour de la prise de sang.

Les premières analyses de sang réalisées sur les gardiens de la paix aux carrefours n'ont montré aucune différence significative entre le début et la fin du service. Pour tous les agents de l'étude, il a donc été décidé de ne doser la plombémie qu'une seule fois, en l'occurrence avant le service.

Le dosage du plomb a été réalisé directement sur l'échantillon de sang soit par spectrométrie d'absorption atomique (Laboratoire Central de la Préfecture de Police), soit par polarographie inverse par redissolution anodique (Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris). Une intercalibration entre les deux méthodes a montré la cohérence des résultats.

Mesures d'exposition individuelle

Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone a été dosé en continu par un capteur électrochimique portable de faible encombrement, placé dans la zone respiratoire du sujet (revers ou poche haute de vêtement). Les valeurs moyennes sur 1 minute ont été enregistrées et mémorisées pendant toute la durée du service. Puis les données ont été traitées au laboratoire pour déduire les teneurs moyennes pour chaque pas de temps (15 minutes, 30 minutes, 1 heure, et temps de service).

Benzène

Le fonctionnaire a été doté d'une pompe de prélèvement sur laquelle était installé un tube de charbon actif de 100 mg de capacité. Les prélèvements ont été effectués par passage de l'air à travers un adsorbant solide (charbon actif) et analysés au laboratoire par chromatographie en phase gazeuse, conformément à la norme française NF X 43-251 [3].

On a obtenu ainsi une teneur moyenne pendant la totalité de la durée de service.

Comparaison à des stations de mesure

Les mesures d'exposition individuelles ont été réalisées à deux carrefours où la densité de véhicules est particulièrement importante : le carrefour de la place Victor Basch (14^e arrondissement) et le carrefour de l'Étoile (8^e arrondissement).

Au carrefour de la Place Victor Basch, les mesures d'exposition individuelle ont été rapprochées de celles de la station du réseau de surveillance de la qualité de l'air en région Ile-de-France (AIRPARIF), installée en permanence au centre de ce carrefour, à une hauteur de 1,50 m du sol.

Comme l'indique la figure 1, cette station enregistre les concentrations moyennes annuelles les plus fortes en CO et en benzène, en comparaison des autres sites AIRPARIF [4].

La place de l'Étoile est située à proximité de la station fixe des Champs-Élysées, pour laquelle les teneurs moyennes annuelles en CO sont également représentées sur la figure 1. Cependant aucune mesure de benzène en continu n'est effectuée sur ce site. Un camion laboratoire a donc été installé sur la place de l'Étoile, près de l'Arc de Triomphe, côté avenue de la Grande Armée.

La station fixe de la place Victor Basch et le camion laboratoire étaient équipés d'analyseurs en continu de monoxyde de carbone (absorption dans l'infrarouge non dispersif) et de dispositifs

de prélèvements journaliers de benzène (tubes de charbon actif de 100 mg).

III. Résultats

Mesures biologiques

Monoxyde de carbone dans le sang (carboxyhémoglobine) (Tableau 3)

La variation du pourcentage de HbCO dans le sang, a été calculée pour tous les fonctionnaires de police ayant subi deux prises de sang, entre la fin et le début du service.

Ces valeurs ont permis de définir trois classes de variation :

- la **classe 1** correspond à une variation du pourcentage de HbCO inférieure à - 0,5, ce qui signifie que l'imprégnation oxycarbonée a diminué pendant le service ;
- la **classe 2** correspond à une variation du pourcentage de carboxyhémoglobine comprise entre - 0,5 et + 0,5, qui représente un écart non significatif, d'après la technique de mesure du monoxyde de carbone dans le sang ;
- la **classe 3** correspond à une variation du pourcentage de carboxyhémoglobine supérieure à + 0,5, montrant ainsi une augmentation de l'imprégnation oxycarbonée pendant le service.

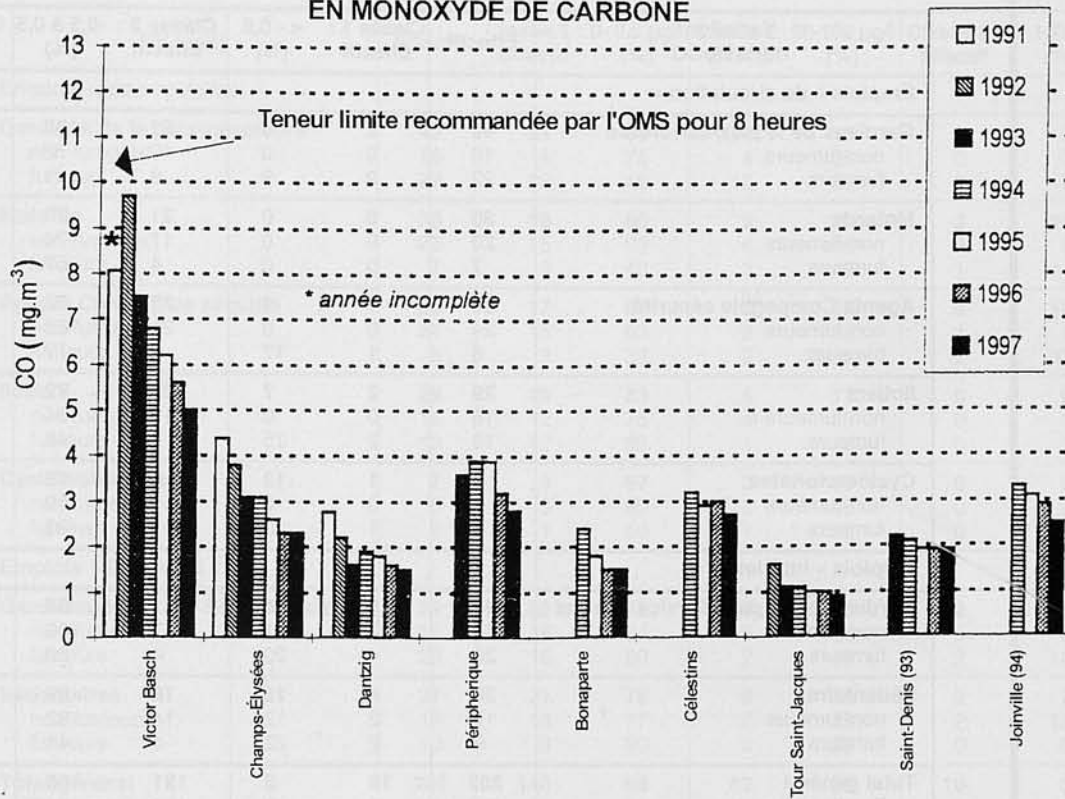
Le tableau 3 représente la répartition des effectifs en fonction des trois classes, ainsi que le pourcentage correspondant de chaque effectif, en différenciant à chaque fois le personnel fumeur du personnel non fumeur.

Plus de 72 % de l'effectif de l'étude sont répartis dans les classes 1 ou 2, et ne présentent pas de variation significative de carboxyhémoglobine ou voient même celle-ci baisser après le service ; cette proportion est de 88 % pour l'effectif des non-fumeurs.

Les valeurs moyennes de carboxyhémoglobine avant le service sont quatre à cinq fois plus importantes chez les fumeurs (4,5 % HbCO en moyenne) que chez les non-fumeurs (1,0 % HbCO en moyenne). Après le service, les teneurs moyennes de carboxyhémoglobine sont de 5,3 % HbCO pour les fumeurs et 1,1 % HbCO pour les non-fumeurs. La diminution de carboxyhémoglobine après le travail (classe 1) est principalement observée chez les agents fumeurs travaillant à l'extérieur.

L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) considère qu'une teneur de 2,5 % HbCO ne devrait pas être dépassée pour la population générale [5].

ÉVOLUTION DES MOYENNES ANNUELLES EN MONOXYDE DE CARBONE



ÉVOLUTION DES MOYENNES ANNUELLES EN BENZÈNE

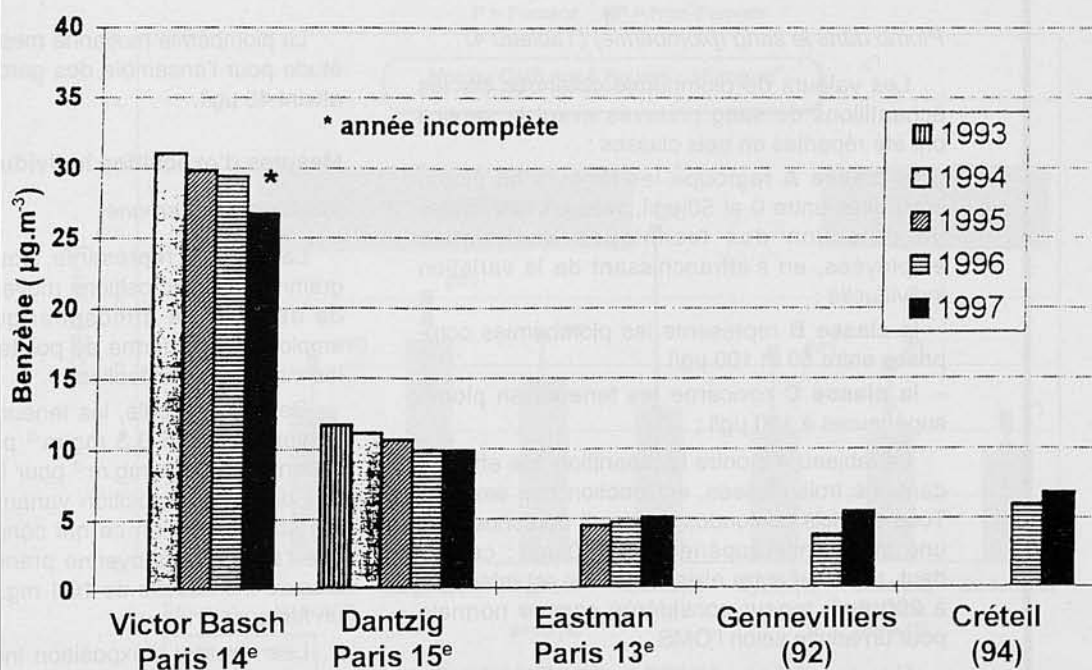


Figure 1.

Moyennes annuelles en monoxyde de carbone et benzène sur les stations du réseau AIRPARIF.
Carbon monoxide and benzene annual mean values for AIRPARIF stations.

Tableau 3.
Répartition en trois classes des résultats de carboxyhémoglobine.
Distribution in three ranges of carboxyhemoglobin data.

Variation du % HbCO	Effectif	Classe 1 : Effectif	< - 0,5 (%)	Classe 2 : -0,5 à 0,5 Effectif	(%)	Classe 3 : Effectif	> 0,5 (%)
Emplois « de circulation »							
Gardiens de la paix-carrefours	40	2	5	22	55	16	40
non-fumeurs	18	0	0	13	72	5	28
fumeurs	22	2	9	9	41	11	50
Motards	30	0	0	21	70	9	30
non-fumeurs	23	0	0	17	74	6	26
fumeurs	7	0	0	4	57	3	43
Agents Compagnie sécurité	30	1	3	22	73	7	23
non-fumeurs	24	0	0	21	88	3	13
fumeurs	6	1	17	1	17	4	67
Ilotiers	29	2	7	21	72	6	21
non-fumeurs	16	0	0	15	94	1	6
fumeurs	13	2	15	6	46	5	39
Cyclomotoristes	8	1	13	6	75	1	13
non-fumeurs	5	0	0	5	100	0	0
fumeurs	3	1	33	1	33	1	33
Emplois « intérieurs »							
Gardiens de la paix-Service général	40	6	15	21	53	12	30
non-fumeurs	19	2	11	17	90	0	0
fumeurs	20	4	20	4	20	12	60
Sédentaires	26	4	15	18	69	4	15
non-fumeurs	17	2	12	14	82	1	6
fumeurs	9	2	22	4	44	3	33
Total général	202	16	8	131	65	55	27
Total non-fumeurs	122	4	3	102	84	16	13
Total fumeurs	80	12	15	29	36	39	49

Plomb dans le sang (plombémie) (Tableau 4)

Les valeurs de plombémie obtenues sur les échantillons de sang prélevés avant le service ont été réparties en trois classes :

- la **classe A** regroupe les teneurs en plomb comprises entre 0 et 50 µg/l, voisines des limites de détection des techniques analytiques employées, en s'affranchissant de la variation individuelle ;
- la **classe B** représente les plombémies comprises entre 50 et 100 µg/l ;
- la **classe C** concerne les teneurs en plomb supérieures à 100 µg/l ;

Le tableau 4 montre la répartition des effectifs dans les trois classes, en fonction des emplois. Tous emplois confondus, seules 5 personnes ont une plombémie supérieure à 100 µg/l ; cependant, pour 4 d'entre elles, la valeur est inférieure à 200 µg/l, teneur considérée comme normale pour un adulte selon l'OMS.

Une plombémie de 440 µg/l a été détectée chez un gardien de la paix ; cette teneur a pu être attribuée à une cause tout à fait extérieure à la pollution d'origine automobile (pratique du tir sportif).

La plombémie moyenne mesurée lors de cette étude pour l'ensemble des gardiens de la paix a atteint 45 µg/l.

Mesures d'exposition individuelle

Monoxyde de carbone

La figure 2 représente, sous forme d'histogrammes, les expositions moyennes au monoxyde de carbone atmosphérique pour chaque emploi et, sous forme de points reliés entre eux, les mesures individuelles.

De façon globale, les teneurs moyennes sont comprises entre 3,3 mg.m⁻³ pour le personnel sédentaire et 6,8 mg.m⁻³ pour les motards, avec des durées d'exposition variant entre 4 h 45 et 6 h 40. Notons, en ce qui concerne les ilotiers, que l'exposition moyenne prend en compte une mesure individuelle de 10,1 mg.m⁻³, relevée pour un fumeur.

Les niveaux d'exposition individuelle, même pour les emplois les plus exposés, sont toujours inférieurs aux valeurs recommandées par l'OMS pour concernant la population générale, quelle que soit la durée d'exposition (15 minutes, 30 minutes, 1 heure et 8 heures) [5].

Tableau 4.
Répartition en trois classes des résultats de plombémies.
Distribution in three ranges of blood lead data.

Pb (µg/l)	Effectif	Classe 1 : 0- 0,5 µg/l		Classe 2 : 50-100 µg/l		Classe 3 : > 100 µg/l	
		Effectif	(%)	Effectif	(%)	Effectif	(%)
Emplois « de circulation »							
Gardiens de la paix-carrefours	40	24	60	16	40	0	0
non-fumeurs	18	14	78	4	22	0	0
fumeurs	22	10	46	12	55	0	0
Motards	30	18	60	9	30	3	10
non-fumeurs	23	15	65	6	26	2	9
fumeurs	7	3	43	3	43	1	14
Agents Compagnie sécurité	30	17	57	10	33	3	10
non-fumeurs	24	15	63	8	33	1	4
fumeurs	6	2	33	2	33	2	33
Ilotiers	29	24	83	5	17	0	0
non-fumeurs	16	12	75	4	25	0	0
fumeurs	13	12	92	1	8	0	0
Cyclomotoristes	7	4	57	3	43	0	0
non-fumeurs	5	3	60	2	40	0	0
fumeurs	2	1	50	1	50	0	0
Emplois « intérieurs »							
Gardiens de la paix-Service général	39	32	82	5	13	2	5
non-fumeurs	19	16	84	3	16	0	0
fumeurs	20	16	80	2	10	2	10
Sédentaires	27	21	78	4	15	2	7
non-fumeurs	17	13	77	2	12	2	12
fumeurs	10	8	80	2	20	0	0
Total général	202	140	69	52	26	10	5
Total non-fumeurs	122	88	72	29	24	5	4
Total fumeurs	80	52	65	23	29	5	6

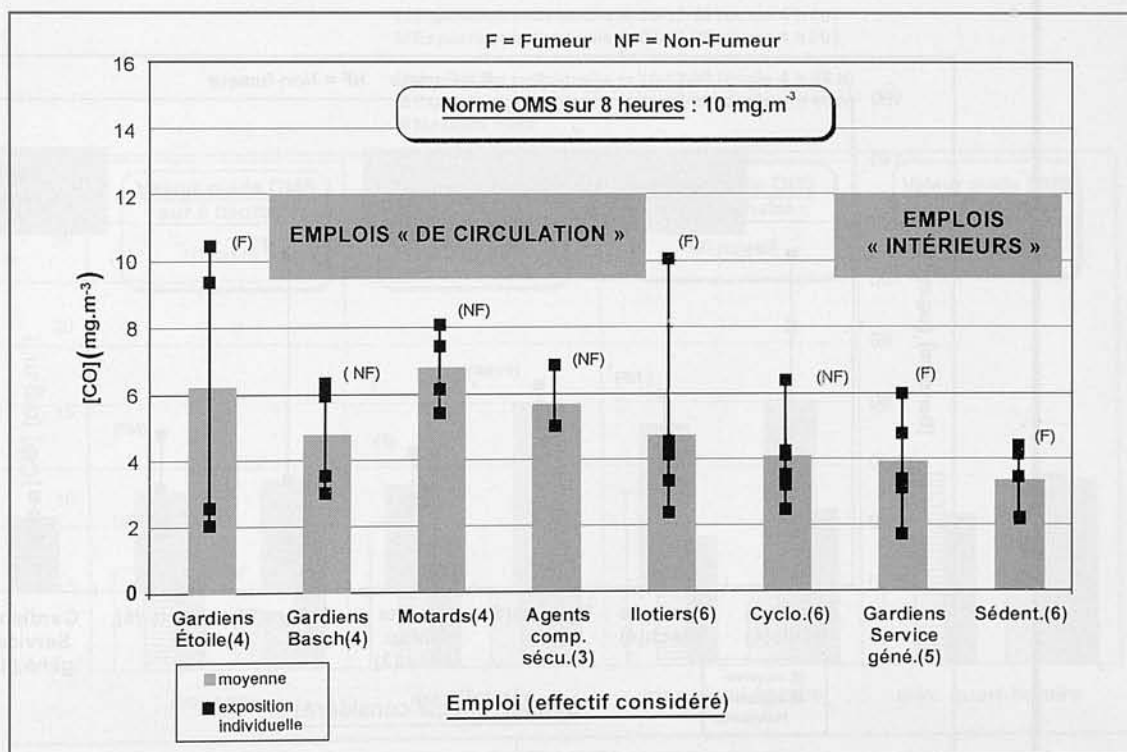


Figure 2.
Expositions individuelles et moyenne au CO pour différents emplois.
Individual and mean CO exposure levels for different activities.

La figure 3 présente également les expositions moyennes et les mesures individuelles pour chaque emploi. Les expositions moyennes sont comprises entre 16,8 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les gardiens du Service général et 60,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les gardiens sur le carrefour Étoile. Elles sont de l'ordre de 46 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne pour l'ensemble des emplois de circulation et de 21 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les emplois intérieurs. On peut noter de nouveau une valeur individuelle fort élevée pour le même flotier fumeur, cité précédemment.

Une étude similaire effectuée chez 40 policiers à Milan, à partir de prélèvements d'air par diffusion passive, a permis d'obtenir des teneurs moyennes en benzène de 53 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour le personnel exposé à la circulation automobile et 29 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les agents travaillant à l'intérieur de locaux, pour des durées d'exposition de 5 heures [6].

S'agissant d'un composé cancérigène, l'OMS n'a fixé aucune teneur limite dans l'atmosphère pouvant servir de valeur de référence des interprétations.

Comparaison des niveaux moyens d'exposition individuelle à ceux enregistrés poste fixe

Rappelons que cette comparaison n'a été effectuée que pour les agents travaillant aux carrefours Étoile et Victor Basch.

Les valeurs recommandées par l'OMS concernent quatre durées d'exposition (8 heures, 1 heure, 30 minutes et 15 minutes). Pour chaque jour de mesures, les comparaisons des niveaux entre l'exposition individuelle de deux agents et les valeurs relevées à poste fixe sont faites pour chaque base de temps (Figures 4 et 5).

Les gardiens de la paix affectés aux carrefours y travaillent 4 à 6 heures, l'exposition moyenne pendant cette durée a été directement comparée à celle recommandée par l'OMS sur 8 heures.

Selon les cas, la concentration moyenne mesurée à poste fixe sous-estime ou surestime l'exposition individuelle réelle du gardien de la paix.

L'interprétation des écarts nécessiterait de prendre en compte le déplacement des agents au cours de leur vacation et leur éloignement du poste fixe, la topographie du site et les phénomènes de dispersion des polluants.

Il est difficile de dégager de cette étude ponctuelle (quatre cas par carrefour) une tendance générale.

Benzène

Dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air, les mesures de benzène sont effectuées sur une base de temps de 24 heures.

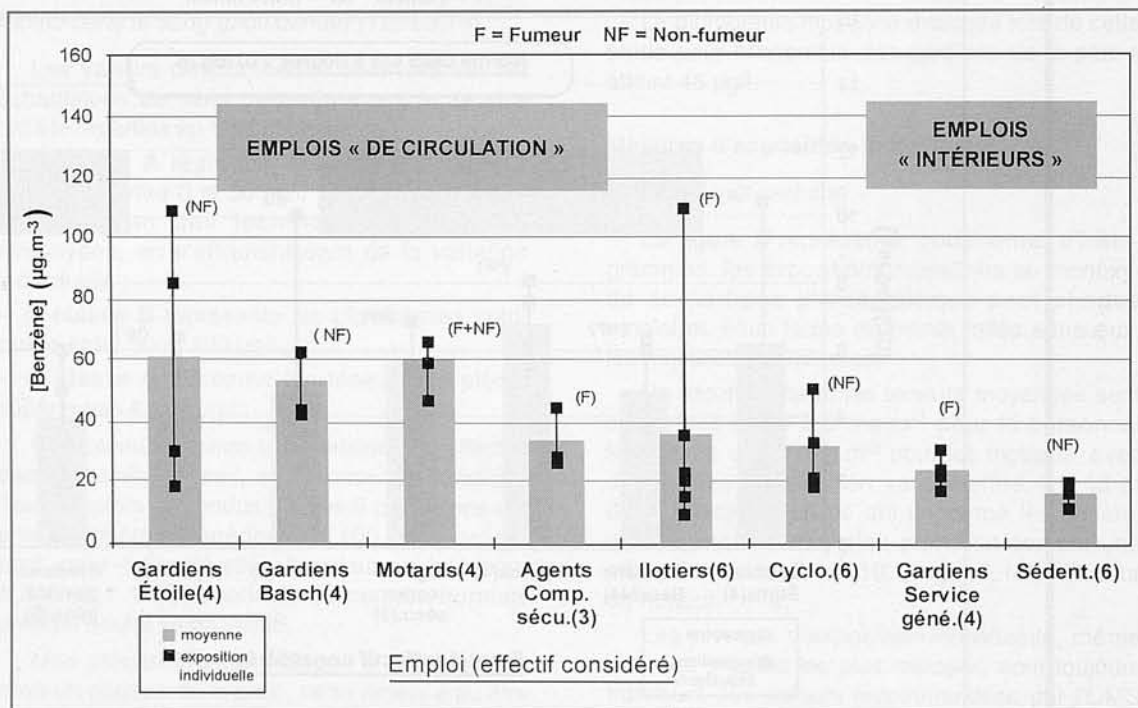


Figure 3.
Expositions individuelles et moyenne au benzène pour différents emplois.
Individual and mean benzene exposure levels for different activities.

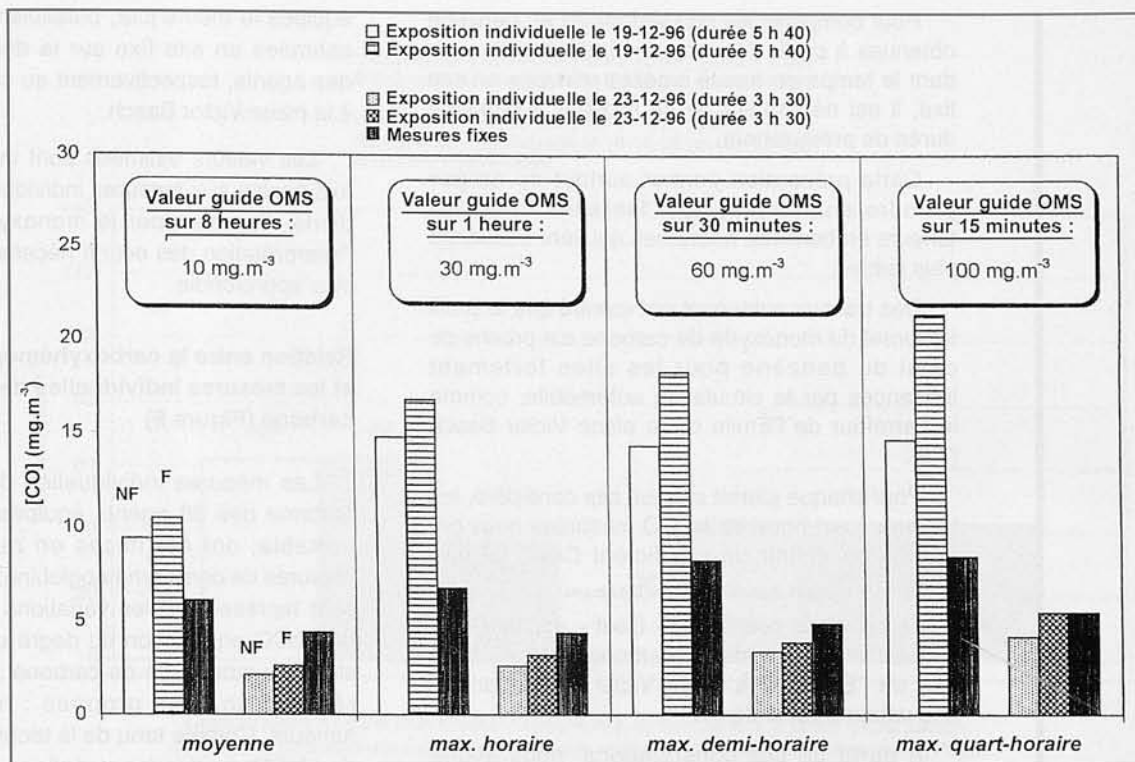


Figure 4.

Comparaison mesure individuelle - mesure fixe du CO atmosphérique pour différents pas de temps au carrefour Étoile.
Comparison between individual CO exposure and fixed measurements for different time intervals at Etoile crossroad.

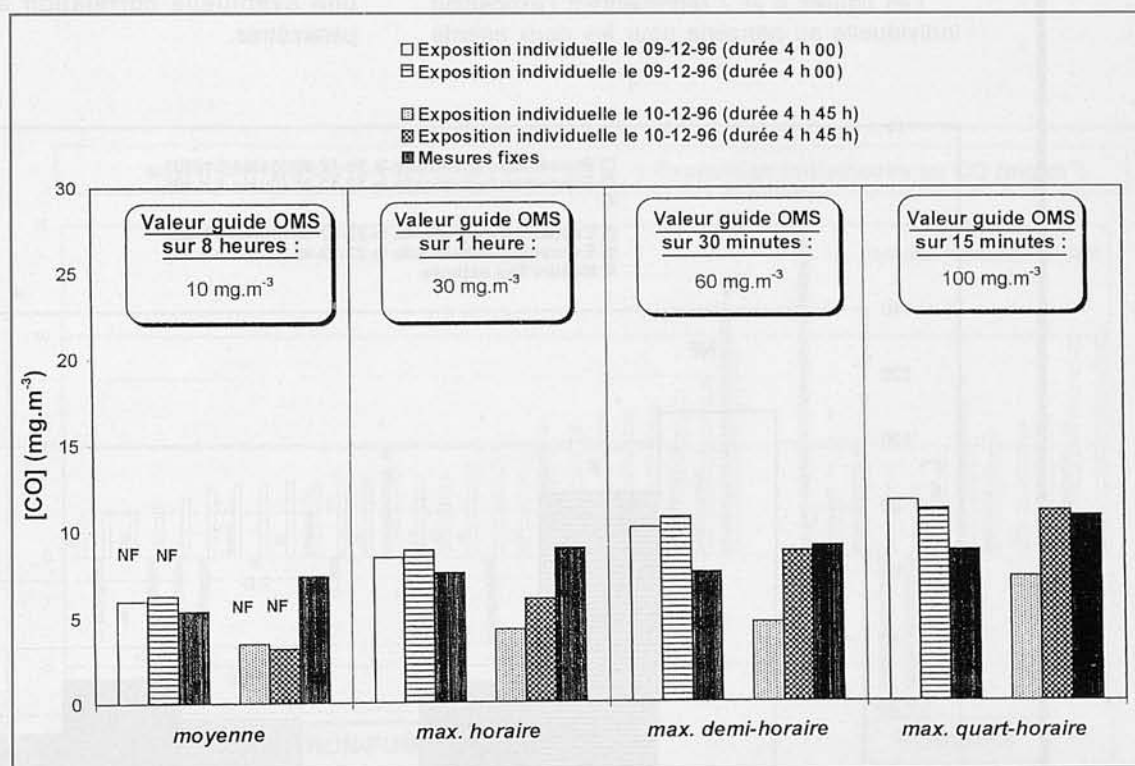


Figure 5.

Comparaison mesure individuelle - mesure fixe du CO atmosphérique pour différents pas de temps à la place Victor Basch.

Comparison between individual CO exposure and fixed measurements for different time intervals at Victor Basch Place.

Pour comparer les concentrations en benzène obtenues à partir des mesures individuelles pendant le temps de travail à celles relevées en site fixe, il est nécessaire de se reporter à la même durée de prélèvement.

Cette précaution permet surtout de ne pas prendre en compte, pour les sites fixes, les teneurs en benzène nocturnes qui sont beaucoup plus faibles.

Des travaux antérieurs ont montré que le profil temporel du monoxyde de carbone est proche de celui du benzène pour les sites fortement influencés par la circulation automobile, comme le carrefour de l'Étoile ou la place Victor Basch [7,8].

Pour chaque jour et chaque site considéré, les teneurs quart-horaires en CO mesurées nous ont permis de définir un coefficient Coef, tel que $\text{Coef} = [\text{CO}]_{\text{durée exposition}} / [\text{CO}]_{24 \text{ heures}}$.

Le calcul du coefficient « Coef » appliqué aux teneurs en monoxyde de carbone pour le carrefour de l'Étoile et la place Victor Basch, donne une valeur voisine de 1,4.

À partir de ces constatations, nous avons appliqué le coefficient « Coef. » à la teneur en benzène enregistrée à poste fixe aux carrefours Étoile et Victor Basch, pendant 24 heures, ce qui nous donne une estimation de la concentration moyenne correspondante en benzène pendant la durée d'exposition des gardiens.

Les figures 6 et 7 représentent l'exposition individuelle au benzène pour les deux agents

équipés le même jour, parallèlement aux valeurs estimées en site fixe sur la durée d'exposition des agents, respectivement au carrefour Étoile et à la place Victor Basch.

Les valeurs estimées sont inférieures et parfois égales aux mesures individuelles sur les gardiens. Comme pour le monoxyde de carbone, l'interprétation des écarts nécessiterait une étude plus approfondie.

Relation entre la carboxyhémoglobine (HbCO) et les mesures individuelles de monoxyde de carbone (Figure 8)

Les mesures individuelles de monoxyde de carbone des 38 agents équipés d'un analyseur portable, ont été mises en relation avec les mesures de carboxyhémoglobine. Dans la figure 8 sont représentées les variations du pourcentage de HbCO en fonction du degré croissant d'exposition au monoxyde de carbone ; les agents sont répartis en deux groupes : non fumeurs et fumeurs. Compte tenu de la technique de mesure de HbCO, seules les variations du pourcentage de HbCO supérieures à + 0,5 sont significatives.

Six agents présentent une variation du pourcentage HbCO supérieure ou égale à 0,5 pour des expositions individuelles comprises entre 2,2 et 10,1 mg.m^{-3} , il est donc difficile de conclure sur une éventuelle corrélation entre les deux paramètres.

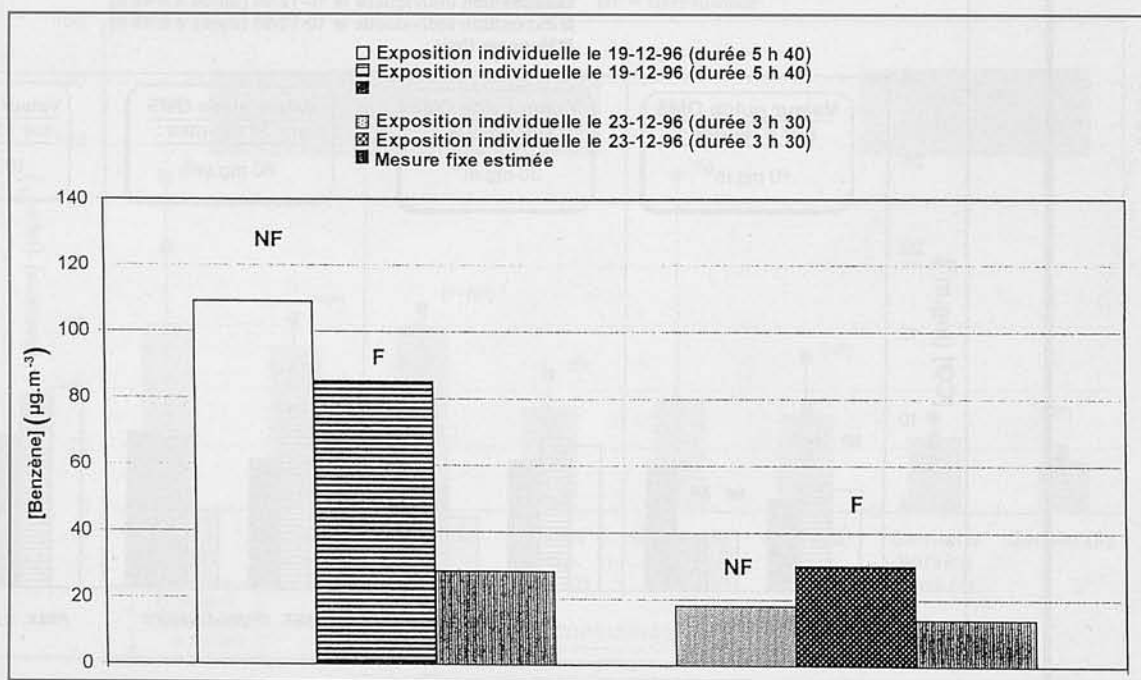


Figure 6.
Comparaison mesure individuelle - mesure fixe du benzène au carrefour Étoile.
Comparison between individual benzene exposure and fixed measurements at Etoile crossroad.

IV. Interprétation et commentaires

Les valeurs d'exposition individuelle au CO et au benzène ainsi que les niveaux des indicateurs biologiques (HbCO) concordent pour distinguer parmi les différents emplois, trois catégories d'exposition très proches, par ordre décroissant :

- motards, gardiens affectés aux carrefours, agents des compagnies de sécurité ;
- îlotiers, cyclomotoristes ;
- gardiens de la paix du Service général, personnels sédentaires.

Les niveaux moyens d'imprégnation oxycarbonée de l'ensemble des effectifs sont proches de ceux observés dans les études similaires effectuées en 1974 [9] et 1981 [10], de même que les variations moyennes de carboxyhémoglobine pendant la durée du service (Tableau 5). On peut même relever une légère amélioration en ce qui concerne les variations du pourcentage de HbCO pour les non-fumeurs.

Notons que les teneurs moyennes de HbCO sont concordantes avec celles de la population générale mentionnées dans diverses études [5].

En ce qui concerne le CO atmosphérique, les stations du réseau de surveillance de la qualité de l'air de Paris fortement influencées par la circulation automobile, telles que celles de la place

Victor Basch et des Champs-Élysées, enregistrent depuis 1991 des niveaux en baisse [4].

Cette diminution peut s'expliquer par la modernisation du parc automobile roulant, avec une part importante de véhicules diesel, et l'amélioration des caractéristiques des moteurs.

L'originalité de notre étude concerne les mesures individuelles pour déterminer l'exposition réelle des agents ; la comparaison avec les résultats fournis par les stations fixes ne permet pas de conclure à une bonne représentativité de celles-ci pour évaluer l'exposition des gardiens de la paix aux carrefours, ce qui démontre la nécessité pour ce type d'étude de mesurer l'exposition individuelle des populations étudiées.

Cependant, la corrélation entre les valeurs des expositions individuelles et les variations de carboxyhémoglobine pendant le service n'a pas permis de mettre en évidence une relation exploitable, notamment chez les non-fumeurs, pour lesquels, en général, l'imprégnation sanguine n'a pas augmenté de façon significative après le temps de travail. Cela semble dû au fait que les niveaux moyens de carboxyhémoglobine sont faibles.

Il s'agit de la première étude, en France, au cours de laquelle ont été réalisées des mesures individuelles d'exposition au benzène chez les fonctionnaires de police. Cette démarche est d'autant plus importante que la plupart des sta-

Tableau 5.
Comparaison des résultats biologiques avec les études précédentes (1974 et 1981).
Comparison of biological results with previous studies (1974 and 1981).

Paramètres	Étude 1974	Étude 1981	Étude 1997
Période de l'année	Octobre-Décembre 1973	Mai-Juin 1981	Décembre 1996-Avril 1997
Nombre de personnes	304	208	204
Non-fumeurs	118 (38,8 %)	102 (49,0 %)	123 (60,3 %)
Fumeurs	186 (61,2 %)	106 (51,0 %)	81 (39,7 %)
% HbCO			
Avant et après service			
Effectif total	avant : 2,3 % après : 2,7 % (+0,4)	avant : 2,6 % après : 3,5 % (+0,9)	avant : 2,7 % après : 3,2 % (+0,5)
Non-fumeurs	avant : 0,7 % après : 1,4 % (+0,7)	avant : 1,0 % après : 1,6 % (+0,6)	avant : 1,0 % après : 1,1 % (+0,1)
Gardiens carrefour	avant : 0,7 % après : 1,3 % (+0,6)	avant : 1,0 % après : 1,8 % (+0,8)	avant : 1,2 % après : 1,9 % (+0,7)
Motards	avant : 1,0 % après : 1,8 % (+0,8)	pas de motards	avant : 1,4 % après : 1,7 % (+0,3)
Gardiens Serv. gén.	pas de gardiens Serv. gén.	avant : 1,1 % après : 1,4 % (+0,3)	avant : 1,1 % après : 0,9 % (-0,2)
Fumeurs	avant : 3,2 % après : 3,5 % (+0,3)	avant : 4,4 % après : 5,2 % (+0,8)	avant : 4,5 % après : 5,3 % (+0,8)
Plombémie moyenne			
Effectif total	–	190 µg/l	45,0 µg/l
Non-fumeurs	–	170 µg/l	39,7 µg/l
Gardiens carrefour	–	170 µg/l	25,5 µg/l
Gardiens Serv. gén.	–	170 µg/l	34,1 µg/l
Fumeurs	–	200 µg/l	50,2 µg/l

tions de surveillance de la qualité de l'air sur Paris ne fournissent que des valeurs journalières. Rappelons qu'à l'heure actuelle, le benzène est un composé cancérigène dont la teneur est autorisée jusqu'à 5 % dans les essences, et qui en outre est formé par la combustion du carburant dans le moteur.

À défaut de valeur de référence de l'OMS concernant l'exposition de la population au benzène, une teneur moyenne annuelle a pu être estimée aux fins de comparaison à la valeur moyenne annuelle de $16 \mu\text{g.m}^{-3}$ fixée dans certains pays européens.

En effet, pendant son temps de travail, un agent est exposé à une concentration moyenne en benzène, notée C_{TMOYEN} , déterminée à partir d'un prélèvement individuel. Pendant le reste de la journée et la nuit, on estime qu'il est exposé à une teneur moyenne de $7,3 \mu\text{g.m}^{-3}$, qui correspond à la moyenne des concentrations annuelles mesurées en 1996 sur deux sites du réseau de surveillance de la qualité de l'air à Paris : la station Eastman, caractéristique d'un site de fond (moyenne 1996 = $4,7 \mu\text{g.m}^{-3}$), et la station Dantzig, caractéristique d'un site sous l'influence d'une circulation automobile moyenne (moyenne 1996 = $9,8 \mu\text{g.m}^{-3}$).

La concentration moyenne journalière en benzène, notée C_{JMOYEN} , à laquelle l'agent est exposé, peut être estimée selon la formule suivante :

$$C_{\text{JMOYEN}} (\mu\text{g.m}^{-3}) = [(C_{\text{TMOYEN}} \times \text{temps travail}) + 7,3 \times (24 - \text{temps travail})] / 24,$$

le temps de travail étant exprimé en heures.

Par ailleurs, l'agent travaille 220 jours par an. Le reste de l'année, soit 145 jours, nous avons estimé qu'il est exposé continuellement à la teneur en benzène de $7,3 \mu\text{g.m}^{-3}$, définie précédemment. La concentration moyenne annuelle en benzène C_{AMOYEN} , à laquelle l'agent est exposé, est de ce fait estimée par la formule suivante :

$$C_{\text{AMOYEN}} (\mu\text{g.m}^{-3}) = [(220 \times C_{\text{TMOYEN}}) + 145 \times 7,3] / 365$$

Cette teneur annuelle s'établit, pour les motards et les gardiens de la paix affectés aux carrefours, à une valeur voisine de $15 \mu\text{g.m}^{-3}$.

L'influence de l'exposition à ce composé au niveau sanguin ou urinaire n'a pas été prévue dans le protocole de l'étude, en raison de la nécessité de mettre au point, au sein de nos laboratoires, la technique de dosage du composé principal du métabolisme du benzène, l'acide trans, transmuconique et de vérifier la sensibilité de la méthode par rapport aux niveaux d'exposition.

Pour la plombémie et lors de l'étude de 1981, les résultats avaient mis en évidence une teneur moyenne en plomb proche de la valeur guide définie en 1987 par l'OMS ($200 \mu\text{g/l}$).

Dans le cadre de cette étude, les niveaux moyens ont diminué d'un facteur 4 par rapport aux résultats précédents, pour atteindre $45 \mu\text{g/l}$.

Cette forte variation trouve son explication dans la diminution de la teneur en plomb des carburants ($< 0,15 \text{ g/l}$ depuis le 01-06-1991), la consommation de plus en plus importante de l'essence sans plomb, parallèlement à une commercialisation importante de véhicules diesel, qui ont entraîné une diminution du plomb atmosphérique. À titre d'exemple, pour la place Victor Basch à Paris, un des sites de notre étude, la teneur moyenne annuelle en plomb a évolué de $4,3 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 1981 à $0,26 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 1996.

V. Conclusion

Cette étude a permis, dans un premier temps, de cerner l'évolution de l'exposition aux polluants d'origine automobile des agents de police à Paris, par comparaison à des travaux antérieurs réalisés en 1974 et 1981.

Les taux moyens de carboxyhémoglobine sont relativement stables depuis 1974, et même en sensible amélioration pour les non-fumeurs.

De façon plus nette, les niveaux moyens de plombémie sont quatre fois moins importants que ceux relevés en 1981, ce qui confirme la diminution des concentrations de plomb mesurées dans l'atmosphère de Paris, notamment sur des sites fortement influencés par la circulation automobile.

Les résultats biologiques n'ont mis en évidence aucun risque sanitaire notable, mais ont permis de montrer une fois encore l'importance du tabagisme sur l'imprégnation sanguine au monoxyde de carbone.

La réalisation de mesures individuelles d'exposition au monoxyde de carbone n'a pas permis d'établir une relation entre les teneurs obtenues pendant la durée du service et l'imprégnation sanguine à ce polluant durant la même période, notamment chez les non-fumeurs.

Ce travail a fourni des résultats novateurs au sujet de l'exposition individuelle au benzène ; à partir des mesures, l'estimation d'une teneur annuelle pour les agents de police les plus exposés, a permis d'obtenir une valeur proche de celle prise en compte comme référence dans certains pays européens.

La mise au point du dosage des métabolites du benzène devrait permettre à l'avenir de déterminer l'influence de l'exposition à ce composé sur la santé des fonctionnaires de police.

Il serait également nécessaire à l'avenir d'envisager la mesure de l'exposition individuelle aux autres polluants d'origine automobile, notamment les oxydes d'azote et les poussières fines en suspension, à condition que les techniques analy-

tiques de ces composés puissent évoluer pour permettre ces mesures.

Remerciements

Les auteurs remercient le Dr Houette, responsable médical du Centre Médico-social RIDDER de Paris, pour sa participation à l'étude.

Bibliographie

1. Person A, Le Moullec Y, Petit-Coviaux F. Incidence de la pollution automobile sur la qualité de l'air de l'agglomération parisienne. Colloque « Le transport automobile dans la ville », Lille, 26-28 janvier 1994.
2. Chovin P, Alquier JP. Dosage rapide du monoxyde de carbone dans le sang. Pollution atmosphérique, 1975 ; 68 : 299-302.
3. Norme AFNOR NF X 43-251 - Qualité de l'air - Air des lieux de travail. Détermination de la concentration des hydrocarbures aromatiques monocycliques en phase gazeuse.
4. Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris - Pollution atmosphérique et nuisances - Rapport annuel 1996, Juillet 1997.
5. Air Quality guidelines for Europe - WHO Regional Publications, European Series 1987 ; 23.
6. Fustinoni S, Buratti M, Giampiccolo R, Colombi A. Biological and environmental monitoring of exposure to

airborne benzene and other aromatic hydrocarbons in Milan traffic wardens. Toxicology Letters, 1995 ; 77 : 387-92.

7. Coursimault A, Donati J, Viellard H. La pollution atmosphérique par les HAM à Paris - In : Antilla P, Kamari J, Tolvanen M, Ed. Proceedings of the 10th World Clean Air Congress, Juin 1995.

8. Dor F, Le Moullec Y, Festy B. Exposure of city residents to carbone monoxide and monocyclic aromatic hydrocarbons during commuting trips in the Paris metropolitan area. Journal of the Air and Waste Management Association, 1995 ; 45 : 103-10.

9. Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris - Études de pollution atmosphérique à Paris et dans les départements périphériques en 1973 - Rapport interne, Juin 1974.

10. Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris - Études de pollution atmosphérique à Paris et dans les départements périphériques en 1981 - Rapport interne, Septembre 1982.

Mots clés

Pollution automobile. Monoxyde de carbone. Benzène. Plomb. Exposition. Sang. Police.

Keywords

Car pollution. Carbon monoxide. Benzene. Lead. Exposure. Blood. Police.