

Hygiène de l'air et méthodologie du prélèvement à haut débit des poussières atmosphériques

C.A. Bernhard

Institut universitaire de médecine du travail et d'hygiène industrielle

1. Introduction

De nombreuses études ont tenté de cerner l'équation poussières atmosphériques - morbidité ou mortalité, mais le plus souvent sans permettre de tirer de conclusion catégorique si l'indice choisi se limitait aux poussières totales, qui pourraient bien n'être qu'un mauvais indice de l'agressivité des poussières effectivement respirées.

L'importance de la granulométrie aérodynamique des poussières a été reconnue de longue date et a conduit au développement d'un choix appréciable de techniques de prélèvement et d'analyse. En raison de l'hétérogénéité considérable des échantillons de "terrain", la calibration interméthodes et interappareils sur des poussières modèles est sujette à caution et tend à produire des résultats peu réalistes. Plusieurs travaux ont donc eu pour objet la comparaison "en vraie grandeur" entre différents dispositifs [p. ex. 2,5,6,7].

Dans le présent travail, nous nous sommes fixé pour objet d'évaluer un préséparateur de poussières grossières et deux types d'impacteurs en cascade, le classique Andersen 2000 et le Sierra 235, beaucoup plus maniable, en regard du prélèvement total à haut débit.

2. Conditions expérimentales

2.1. Prélèvement

Les capteurs ont été disposés parallèlement au côté SW d'un tronçon d'autoroute (coord. 538'350/154'980), à env. 10 m l'un de l'autre et à une distance horizontale de 3 à 5 m de la piste de circulation. La hauteur du terrain de prélèvement varie d'env. 1 m à env. 2 m au-dessus de la chaussée.

Seize prélèvements (19-90h) ont eu lieu du 14.04.81 au 01.06.81. Le dispositif était constitué de 4 Hi-Volume Samplers (GMW) équipés de régulateurs massiques de débit et réglés à 34 ou à 68 Nm³/h. Un impacteur Andersen 2000 (34 m³/h) et un impacteur Sierra 235 (34 ou 68 m³/h) ont été engagés à divers stades du programme. Tous les échantillonneurs étaient équipés de filtres ou de surfaces de collection en fibre de verre. Enfin, deux séparateurs de poussières grossières GMWI 7000 ont été engagés à 34 ou 68 m³/h, seuls ou en combinaison avec l'impacteur Sierra.

Diamètres aérodynamiques moyens de coupure à 50% (d=1) :

GMWI 7000 (34 Nm³/h) : 7,0; 3,3; 2,0; 1,1 µm
 Andersen 2000 (34 Nm³/h) : 7,0; 3,3; 2,0; 1,1 µm
 Andersen 2000 (selon [5]) : 5,5; 2,4; 1,75; 0,93 µm
 Sierra 235 (68 Nm³/h) : 7,2; 3,0; 1,5; 0,95; 0,49 µm
 Sierra 235 (34 Nm³/h) : 10,2; 4,2; 2,1; 1,4; 0,73 µm

Vitesse et direction du vent ont été enregistrées à l'aide d'une station Windmaster placée à 20 m en retrait de la route et à 6 m au-dessus du plan des échantillonneurs.

2.2. Mesures et analyses

Les pesées ont été faites en boîte à gants entre 40 et 55% d'humidité relative à 20 ± 2°C après au moins 6 h (filtres vierges) ou 24 h (filtres chargés) sur une balance Mettler, type H20T. Pour les essais d'hygroscopicité,

les filtres ont été séchés au dessiccateur sur P₂O₅ ou saturés en atmosphère humide dans la boîte à gants. Les paliers d'humidité ont été réalisés à partir de l'atmosphère humide à l'aide d'un cryocondensateur.

Le plomb a été dosé par absorption atomique (flamme air-acétylène ou four graphite) après extraction de découpes de filtres à chaud par HNO₃ dilué ou aux ultrasons par HNO₃/HCl dilués [1]. Plusieurs essais ont confirmé l'équivalence des deux méthodes.

Un dosage de bromure a été exécuté avec une électrode sélective (Corning) sur des extraits par HNO₃ 0,1M aux ultrasons [4] pour un des prélèvements.

3. Résultats

Les vents dominants sont du SW et du NE. Aucun prélèvement n'a eu lieu par vent SW stable. Il n'est donc pas possible d'isoler la contribution de l'agglomération lausannoise (secteur SW) de la source linéaire proximale. En revanche, les régimes de bise modérée entraînent une concentration élevée de plomb dans l'air (> 2 µg/m³).

Le rapport Br:Pb déterminé sur un prélèvement à dominante de bise modérée (2-3 m/s) est faible (0,15), compte tenu de l'absence d'autres sources au voisinage, pour les prélèvements bruts et correct pour les prélèvements par impacteurs (Andersen 2000 : 0,26; Sierra 235 : 0,27). La variabilité des étages granulométriques reste assez peu marquée (Andersen 2000 : 0,17 à 0,29; Sierra 235 : 0,20 à 0,30) et présente un minimum vers 2 µm, coïncidant avec le maximum peu marqué de la distribution du plomb, dont la majeure partie reste cependant contenu dans les poussières les plus fines (< 1 µm).

Les poussières totales varient de 30 à 100 µg/m³ (Hi-Vol, 68 m³/h). Pour le modeste collectif de données recueillies, les corrélations obtenues figurent dans le tableau I.

Tableau Ia : CORRELATIONS POUSSIÈRES (µg/m³)

x	y	n	y = ax + b		r
			a	b	
HV 68	SSI 68	14	-6	0,77	0,94
"	SSI 34	5	-2	0,73	0,96
HV 34	SSI 68	5	1	0,67	0,99
SSI 68	SSI 34	5	0	1,09	1,00
SSI 68	SCI 68	5	1	1,17	0,98
HV 40	AHV 34	4	2	0,95	0,95

Tableau Ib : CORRELATIONS PLOMB (µg/m³)

x	y	n	y = ax + b		r
			a	b	
HV 68	SSI 68	12	0,0	0,82	0,96
HV 34	SSI 68	5	0,0	0,82	0,99
SSI 68	SSI 34	5	0,2	1,00	1,00
SSI 68	AHV 34	6	0,2	0,87	0,93

Symboles : HV = Hi-Vol; SSI = préséparateur; SCI = Sierra 235; AHV = Andersen 2000;

Débits : XX 68 = 68 m³/h; XX 34 = 34 m³/h.

D'après les corrélations entre SSI et Hi-Vol, l'échantillon est homogène et contient peu de poussières grossières. Le plomb est proportionnellement plus abondant dans les poussières fines que dans les poussières totales. Il est intéressant de noter que le débit de 34 m³/h affecte peu le fonctionnement du préséparateur. Nous n'avons pas noté de discrédance importante entre l'impacteur Andersen et l'échantillonneur Hi-Vol, contrairement à d'autres investigateurs [6].

Les essais à humidité variable sont rassemblés dans le tableau II. On remarquera le comportement biphasique des poussières saturées et l'accroissement plus sensible de masse des particules fines à humidité élevée.

Tableau IIa : INFLUENCE DE L'HUMIDITE

a) CINETIQUE	Humidité relative (%)		Variation	τ
	initiale	finale	(% masse)	(min)
Filtre vierge	0	50	< 0,015	2
Poussières	0	50	3,3	4
	93	50	25	1 ^o . 4,5 2 ^o . >60
b) STATIQUE				
	Humidité relative (%)			
	20	40	65	80
Pouss.tot. (mg)	52	51	56	> 80
Fines (mg)*	17	17	23	> 40

* Filtre final Sierra 235

Discussion

L'humidité affecte fortement la masse et la granulométrie des poussières atmosphériques [3,7]. Les teneurs en poussières observées par temps humide (>60% hum.rel.) ne sont donc pas directement comparables à des normes exprimées en air sec. La lenteur de l'équilibrage de masse (tableau II) indique qu'on ne peut compter sur une égalisation rapide des conditions dans le tractus respiratoire.

Les résultats obtenus avec l'impacteur Sierra à différents débits et avec ou sans préséparateur sont encore trop peu nombreux pour autoriser une discussion détaillée. On observe cependant que la granulométrie apparente avec cet impacteur est beaucoup plus fine que celle de l'impacteur Andersen, pour deux raisons principalement : 1) Des pertes et des réentraînements importants affectent l'impacteur Sierra, dont le flux n'est de loin pas idéal [2], comme le confirment les poussières totales systématiquement plus faibles qu'avec les autres échantillonneurs. 2) La calibration a été faite avec un aérosol collant [9] et les données fournies correspondent sans doute très mal aux conditions du terrain. Quoique, encombrant, l'impacteur Andersen semble donc mieux adapté aux exigences de la pratique.

Le préséparateur paraît compatible avec les propriétés de l'échantillon. Son emploi, plutôt que des sondages granulométriques ponctuels couplés avec des prélèvements de poussières totales permettrait une amélioration sensible du prélèvement au niveau de l'hygiène de l'air. L'indépendance de sa géométrie par rapport à la direction des vents [8] est un avantage non négligeable. La signification des écarts observés avec l'échantillon "total" à haut débit reste cependant à examiner.

Summary : AIR QUALITY AND METHODOLOGY OF HI-VOLUME SAMPLING OF ATMOSPHERIC PARTICULATE MATTER.

Various combinations of hi-vol samplers, size-selective inlet and two cascade impactors were tested near a highway. The Sierra 235 cascade slot impactor yielded low total dust values and very small apparent aerodynamic diameters. Sampling with the size selective inlet was

found to correlate satisfactorily with hi-vol data. The effect of humidity on the mass of field collected dust is also discussed.

Zusammenfassung : LUFTHYGIENE UND METHODOLOGIE DER HOCHVOLUMEN-LUFTSTAUBSAMMLUNG.

Verschiedene Kombinationen von Hi-Vol-Sammlern, Grobstaubabscheidern, sowie zwei Kaskadenimpaktoren wurden in der Nähe einer Autobahn eingesetzt. Der Sierra 235 Schlitzimpaktor ergab durchaus tiefe Gesamtschwebstaubwerte und sehr kleine aerodynamische Durchmesser. Die Probenahme mit dem Grössenselektiven Einlass korrelierte zufriedenstellend mit Hi-Vol Ergebnissen. Der Einfluss der Feuchtigkeit auf die Masse des gesammelten Staubes wird ebenfalls diskutiert.

Bibliographie

- [1] Federal Register (1978) 13, 46246-46277.
- [2] BERNSTAIN D.M., RAHN K.A.: New York summer aerosol study: trace element concentrations as a function of particle size. Ann. N.Y.Acad.Sci. (1979) 322, 87-97.
- [3] COUNTESS R.J., CADLE S.H., BROBLICKI P.J., WOLFF G.T.: Chemical analysis of size-segregated samples of Denver's ambient particulate. J.Air Pollut. Contr.Assoc. (1981) 31, 247-252.
- [4] JERNIGAN E.L., RAY B.J., DUCE R.A.: Lead and bromine in atmospheric particulate matter in Oahu, Hawaii. Atmos.Environ. (1971) 5, 881-886.
- [5] REGAN G.G., GORANSON S.K., LARSON L.L.: Use of tape samplers as fine particulate monitors. J.Air Pollut. Contr.Assoc. (1979) 29, 1158-1160.
- [6] SATISH J., BONANI G., WANNER H.U., WOLFLI W.: Chemische und physikalische Analyse des Schwebstaubes unter besonderer Berücksichtigung der atembaren Fraktionen. Schlussbericht ETH, Zürich (1980).
- [7] SCHEFF P.A., WADDEN R.A.: Comparison of three methods of particulate measurement in Chicago air. Atmos.Environ. (1979) 13, 639-643.
- [8] WEDDING J.B., CARNEY T.C., STEVENS R.K.: Ambient aerosol sampling: Problems, goals and wind tunnel results of hi-volume samplers. Environ.Intern. (1980) 3, 259-264.
- [9] WILLEKE K.: Performance of the slotted impactor. Amer.Ind.Hyg.Ass.J. (1975) 36, 683-691.

Adresse de l'auteur

C.A. BERNHARD, Institut universitaire de médecine du travail et d'hygiène industrielle, Route de la Clochette, CH-1052 LE MONT.