

ARTICLES

Relations mesurées en milieu rural au sud du Québec (Canada) entre la concentration de la vapeur mercurielle atmosphérique et quelques facteurs environnementaux

Relationship between atmospheric mercury vapour concentration measured in a rural site in Southern Quebec (Canada) with some environmental factors

Docteur Laurier POISSANT (*), Pascale RANCOURT (**), Bruno HARVEY (*)

RÉSUMÉ

Le mercure est l'un des métaux les plus toxiques de l'environnement. Même en faible concentration, il peut avoir des effets importants sur les écosystèmes. La méthode de mesure utilisée lors de cette étude permet des mesures en continu automatique à une fréquence quart horaire (aux 15 minutes) avec une limite de détection de $0,2 \text{ ng/m}^3$. Le train analytique de la mesure automatique du mercure est basé sur l'amalgame de celui-ci sur une trappe garnie d'or suivie d'une désorption thermique et d'une analyse par fluorescence à froid ($\lambda = 253,7 \text{ nm}$). Des mesures effectuées en milieu rural (Saint-Anicet, Québec, Canada) entre le 13 septembre et 30 novembre 1994, nous indiquent que des épisodes de sources locales ou régionales s'ajoutent au bruit de fond estimé ici à environ $1,4 \text{ ng/m}^3$. Des apports locaux et régionaux en provenance des secteurs des vents N-E et S-E s'ajoutent par épisode au bruit de fond pour atteindre des pointes de concentrations maximales de $5,50 \text{ ng/m}^3$. La grande région de Montréal pourrait enrichir d'environ 20 % les valeurs moyennes seuil de base. Un léger cycle diurne est mesuré avec des maxima observés lors de la période de jour, illustrant une certaine concomitance avec l'activité économique. Une relation entre le logarithme de la concentration de la vapeur mercurielle et la réciproque de la température mesurée au sol ($\text{Log Hg} = A/T + K$) est significative pour le secteur des vents S-O ($R = -0,37$). Cette observation indiquerait que des phénomènes de volatilisation/condensation ou absorption/désorption du mercure à l'intérieur de ce secteur de vent sont possibles entre les surfaces (particules, sol, eau, végétation, etc.) et l'atmosphère. En contrepartie, la relation pour le secteur N-O est moins évidente laissant présumer que les concentrations mercurielles atmosphériques seraient plutôt représentatives du bruit de fond atmosphérique et moins influencé par des phénomènes locaux.

ABSTRACT

Mercury is one of the most toxic chemicals in the environment. Even in small quantities it can be environmentally significant. The analytical train of the Automatic Mercury Vapour Analyzer used within the study is based on the amalgam of mercury on gold trap, thermo-desorption and analysis by Cold Vapour Atomic Fluorescence Spectrophotometry (CVAFS) ($\lambda = 253,7 \text{ nm}$). The instrument continuously measures with a high sampling resolution period (15 minutes) and a detection limit below $0,2 \text{ ng/m}^3$. The data collected in rural site (Saint-Anicet, Qc, Canada) showed that local and regional sources are added to a background level of about $1,4 \text{ ng/m}^3$ within the corresponding monitored period (September 13 to November 30, 1994). Episodes from the N-E and S-E wind sector impact the sampling area and shift the means background level by about 20 %. Maxima concentrations are recorded during daytime period showing some impact of economical activities on the mercury concentration levels. Mercury vapour phase concentration shows significant ($R = -0,37$) temperature dependency into the S-W sector ($\text{Log Hg} = A/T + K$) whereas it is not for the N-W wind sector. Some volatilisation/condensation or absorption/desorption mechanisms between surfaces (particles, earth, water, canopy, etc.) and the atmosphere might be involved into the S-W sector. The N-W sector which is the cleanest one, may be representative of background level.

1. Introduction

L'intérêt pour la problématique du mercure s'accroît à travers le monde, tant à l'échelle régionale que globale. A titre d'exemple, trois conférences internationales récentes (la première à Gölve

(Suède) en 1990, la seconde à Monterey, Californie (USA) en 1992 et la dernière s'étant tenue à Whistler (Canada) en juillet 1994) illustrent cette volonté de la communauté scientifique à accroître nos connaissances sur le mercure.

Le cycle du mercure est très complexe. Déjà présent dans l'écorce terrestre à des concentrations variables ($0,5 \text{ ppm}$ environ), le mercure est omniprésent dans les régions industrialisées. L'activité industrielle actuelle et passée provoque toujours une mobilisation du mercure dans l'air, les

(*) Direction de l'environnement Atmosphérique, Environnement Canada, 100, bd Alexis-Nihon, Ville Saint-Laurent, H4M 2N8.

(**) Université du Québec à Montréal.

eaux et les sédiments de certaines régions du monde et contribue à augmenter constamment le niveau de base en bruit de fond (Fitzgerald, 1995).

Un des points saillants des études internationales et régionales est qu'une fraction importante du mercure serait véhiculée par le biais de l'atmosphère. Au Québec, aucune mesure de mercure atmosphérique en milieu rural n'est encore recensée. Toutefois, des études récentes faites sur les teneurs en mercure dans des carottes de sol, des sédiments lacustres et dans les lichens indiquent implicitement que l'atmosphère est une importante voie de pollution (Lucotte et al., 1995).

Les émissions totales mondiales d'origine anthropique de mercure à l'atmosphère sont estimées à 3 600 tonnes par an. Les principales sources sont par ordre décroissant la combustion du charbon, l'incinération des déchets, la combustion du bois et l'industrie non métallique (Nriagu et Pacyma, 1988 ; Fitzgerald, 1993). Les émissions naturelles (volcans, feu de forêt, volatilisation biogénique et géochimique) bien que mal connues peuvent être comprises entre 2 500 et 150 000 tonnes par années (Lui et al., 1994). Les émissions anthropiques canadiennes sont estimées à environ 31 t/an. 51,4 % de cette somme serait de source industrielle, 27 % proviendrait de l'usage des combustibles, 6,8 % serait de l'incinération des déchets et 14,9 % de sources diverses (Jacques, 1987).

Le mercure étant l'un des métaux les plus toxiques de l'environnement, peut avoir des effets importants sur l'écosystème même en faible concentration. Le méthyle-mercure, la forme la plus toxique, peut se bioaccumuler par un facteur de 10^6 - 10^7 fois dans la chaîne alimentaire (Fitzgerald, 1993). Le cycle global du mercure implique plusieurs transformations entre les formes organiques et inorganiques. L'accumulation du mercure dans la chaîne alimentaire est fonction du cycle du mercure. En contrepartie, le cycle dépend de la forme chimique du mercure, des transformations, des interactions avec les organismes et des conditions du milieu abiotique.

Presque tout le mercure atmosphérique se retrouve sous la forme élémentaire Hg (0) (environ 99 %). Un pour cent seulement serait sous forme particulaire (Fitzgerald, 1993). La déposition humide contient principalement du mercure Hg (II), ce qui requiert que le mercure élémentaire soit oxydé avant d'être lessivé de l'atmosphère par les précipitations. Les formes mercurielles atmosphériques peuvent subir plusieurs transformations avant de retourner par les précipitations ou par déposition vers le sol et les eaux de surface (Schroeder et al., 1991).

L'intérêt de mesurer le mercure atmosphérique est manifeste. Traditionnellement, la mesure du mercure à l'état trace est complexe et ardue (Bloom et Fitzgerald, 1988). Dorénavant, des mesures automatiques en continu permettent d'étu-

dier les apports locaux, régionaux et globaux qui affectent la qualité de l'environnement d'une façon beaucoup plus précise et complète.

Les objectifs de cette étude sont de mettre en relation les concentrations de vapeur mercurielle mesurées en milieu rural au Sud du Québec (Canada) avec certains facteurs environnementaux pour mieux comprendre la dynamique de ce polluant toxique.

2. Méthodologie

2.1. Localisation du site de mesure

La station d'échantillonnage est située en milieu rural à Saint-Anicet (Québec, Canada) sur la rive Sud du fleuve Saint-Laurent (45°07' de latitude Nord et 74°17' de longitude Ouest) (Figure 1).

La station se situe à l'entrée du couloir fluvial et des vents dominants (S-O) en territoire québécois à environ, 30 km au S-O de Valleyfield (75 km de Montréal), à 40 km au N-E de Cornwall (Ontario), et environ 90 km de Burlington (USA). Le site compte une station météorologique complète de base (vents, température, humidité relative et précipitations). La prise de mesure du mercure s'effectue à 3 m du sol via un collecteur multiple en pyrex. La période couverte par les mesures s'étale du 13 septembre au 30 novembre 1994. 5 235 mesures prises à une fréquence de mesure quart horaire constituent l'échantillon sujet à cette étude, ce qui représente 70 % de la population observable.

2.2. Méthode de mesure en continu

L'appareil de mesure consiste en un analyseur de vapeur mercurielle automatique. L'instrument de marque Tekran © modèle 2557A échantillonne et retient le mercure sur une cartouche contenant un adsorbant d'or ultra-pur. Le mercure amalgamé est thermiquement désorbé et entraîné par un gaz porteur (de l'argon) vers un spectrofluorimètre à vapeur froide (Cold Vapour Atomic Fluorescence Spectrophotometry-CVAFS) (Bloom et Fitzgerald, 1988). Le débit d'échantillonnage est de 1,5 l/min'. Un système à deux cartouches (A et B) permet une mesure continue. La technique analytique de mesure CVAFS consiste à acheminer par un gaz porteur (Argon) le mercure désorbé vers une cuvette de quartz éclairée par une lampe au mercure. La radiation à 253,7 nm engendrée par la lampe excite les atomes de mercure, lesquels vont réémettre par fluorescence à la même longueur d'onde. Un photomultiplicateur à filtre monochromatique mesure à angle droit la lumière incidente. Le « design » de la cuvette permet la discrimination de la lumière fluorescente et d'excitation permettant une mesure proportionnelle à la concentration du mercure dans l'échantillon. La calibration peut être faite de façon manuelle ou automatique via un port d'injection ou par une source de perméation

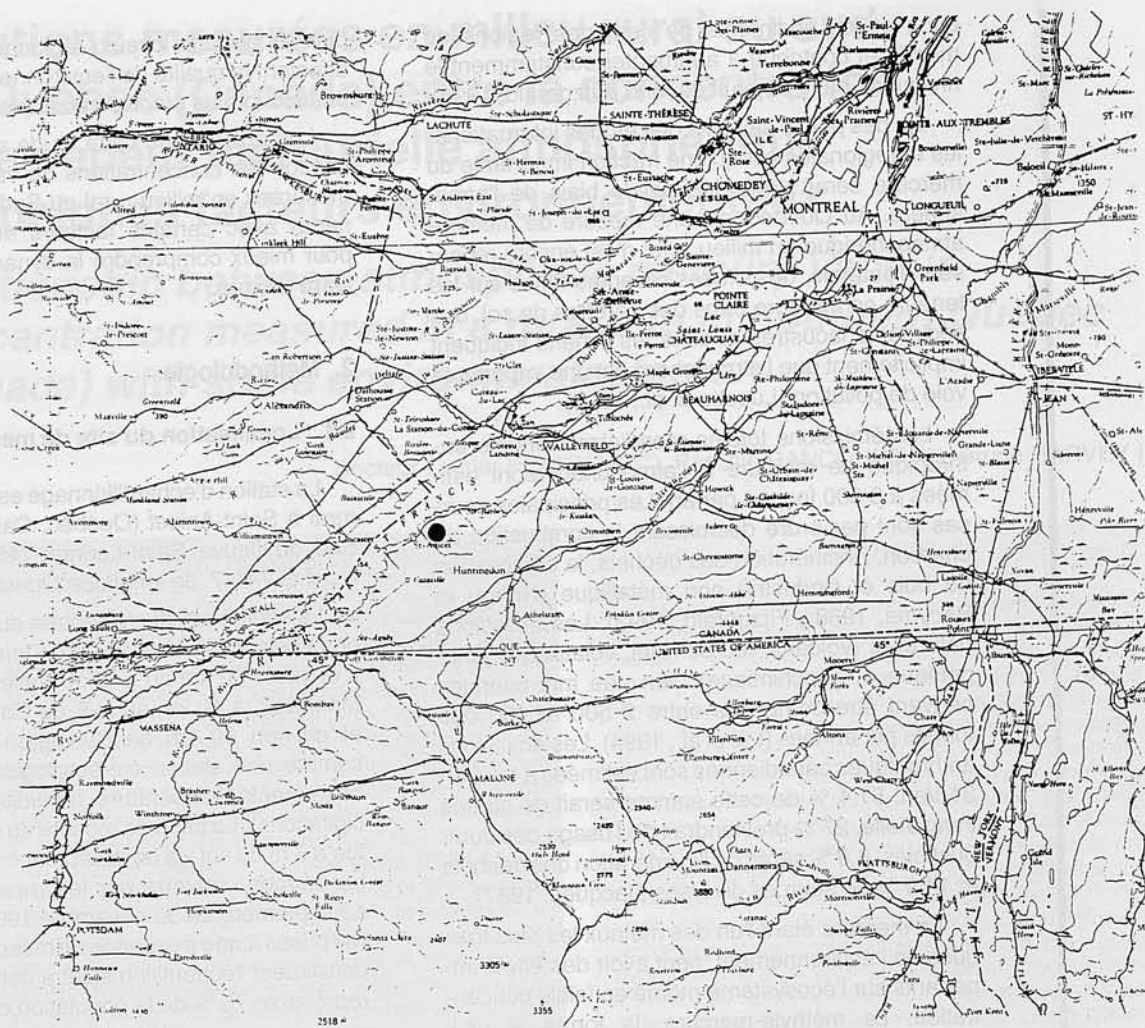


Figure 1.

Localisation du site d'échantillonnage de Saint-Anicet (Québec, Canada), 45°07' de latitude Nord et 74°17' de longitude Ouest. Le symbole ● indique la localisation du site d'échantillonnage (échelle 1:815 000).

Location of the Saint-Anicet sampling site (Quebec, Canada), 45°07' latitude North and 74°17' longitude West. The symbol ● indicates the location of the sampling site (scale 1:850 000).

interne. La source de perméation est maintenue à une température de $50 \pm 0,05$ °C dans une enceinte d'aluminium pour assurer sa stabilité (taux de perméation de 0,987 pg/sec). Cette dernière est calibrée en laboratoire à l'aide de multiples injections manuelles de concentration connue. Le zéro est assuré à l'aide d'air pur en bonbonne ou via une cartouche de charbon activé (Resisorb ©).

Une étude récente d'inter-comparaison internationale (Université du Michigan (USA), GKSS (Allemagne), AES (Canada)) portant sur la technique instrumentale automatique et manuelle tenue à Windsor (Ont. Canada) a montré des écarts maximaux de 30 % entre les deux techniques (Schroeder et al., 1995). L'inter-comparaison entre deux instruments Tekran au cours de cette étude a montré un écart maximal de 5 % entre les réponses. Une récente étude inter-laboratoires a démontré un écart de 5,86 % de la réponse de notre instru-

ment et des deux Tekran ayant participé à l'étude d'inter-comparaison internationale.

La table 1 donne les spécifications de l'appareil. La précision et l'exactitude de la pente sont de 5 % et 2 % respectivement. La linéarité est de 2 % sur une gamme 0-200 ng/m³.

Table 1
Spécification de l'appareil

Limite de détection	< 10 ng/m ³
Échelle de mesure	0,20 - 2000 ng/m ³
Linéarité (1 - 200 ng/m ³)	2 %
Exactitude de la pente	2 %
Précision de la pente	5 %

3. Résultats et discussion

3.2. Série temporelle des mesures mercurielles

Les résultats de mesures quart horaire prises à Saint-Anicet entre le 13 septembre et le 30 novembre 1994 sont illustrés à la figure 2. Lors de cette brève période d'observation, 5 235 mesures de concentration de vapeur mercurielle ont été faites, ce qui correspond à 70 % de la population totale observable (il est à souligner qu'il serait impensable d'obtenir une telle résolution à l'aide d'une technique manuelle d'échantillonnage et d'analyse).

Cette figure indique une valeur moyenne de $1,45 \text{ ng/m}^3$ de vapeur mercurielle. Quelques épisodes pouvant atteindre autour de $5,51 \text{ ng/m}^3$ sont mesurés. En contrepartie, le seuil minimal mesuré est de $0,79 \text{ ng/m}^3$. En comparaison, une étude effectuée avec la technique manuelle entre les mois de mars et avril 1990 à Egbert (Ont., Canada) a montré des variations entre $1,3$ et $13,3 \text{ ng/m}^3$, avec une moyenne de $3,8 \text{ ng/m}^3$ (Schroeder, 1992). Également de récentes mesures effectuées au Pôle Nord (Alert, Canada) en 1992 utilisant la

technique manuelle, ont montré des concentrations variant de $0,25$ à $0,7 \text{ ng/m}^3$ (Schroeder et al., 1995). Au cours de cette dernière étude, Schroeder et al. ont déterminé une relation linéaire entre la latitude (L) et les concentrations de vapeur mercurielle (VM) de bruit de fond ($VM = -0,028 L + 3,06$, $R^2 = 0,3$). Selon cette relation empirique, la valeur attendue de bruit de fond à Saint-Anicet serait autour de $1,8 \text{ ng/m}^3$.

Relation avec des facteurs d'activités

La figure 3 illustre à l'aide d'une représentation en boîte (de type Box and Whisker) les distributions horaires au cours de la période d'échantillonnage. Un léger cycle diurne est percevable avec une valeur horaire moyenne maximale de $1,54 \text{ ng/m}^3$ pour la période du jour se situant entre 9 et 10 heures (heure normale de l'Est). En contrepartie, la moyenne horaire minimale se retrouve lors de la période de 23 à 24 heures. Les pointes maximales se rencontrent principalement le jour. Les fluctuations mesurées au cours de cette période sont relativement prononcées (coefficient de variation (écart type/moyenne) ~ 34 %). Les périodes nocturnes connaissent des fluctuations beaucoup plus faible (coefficient de variation ~ 13 %). Cette figure

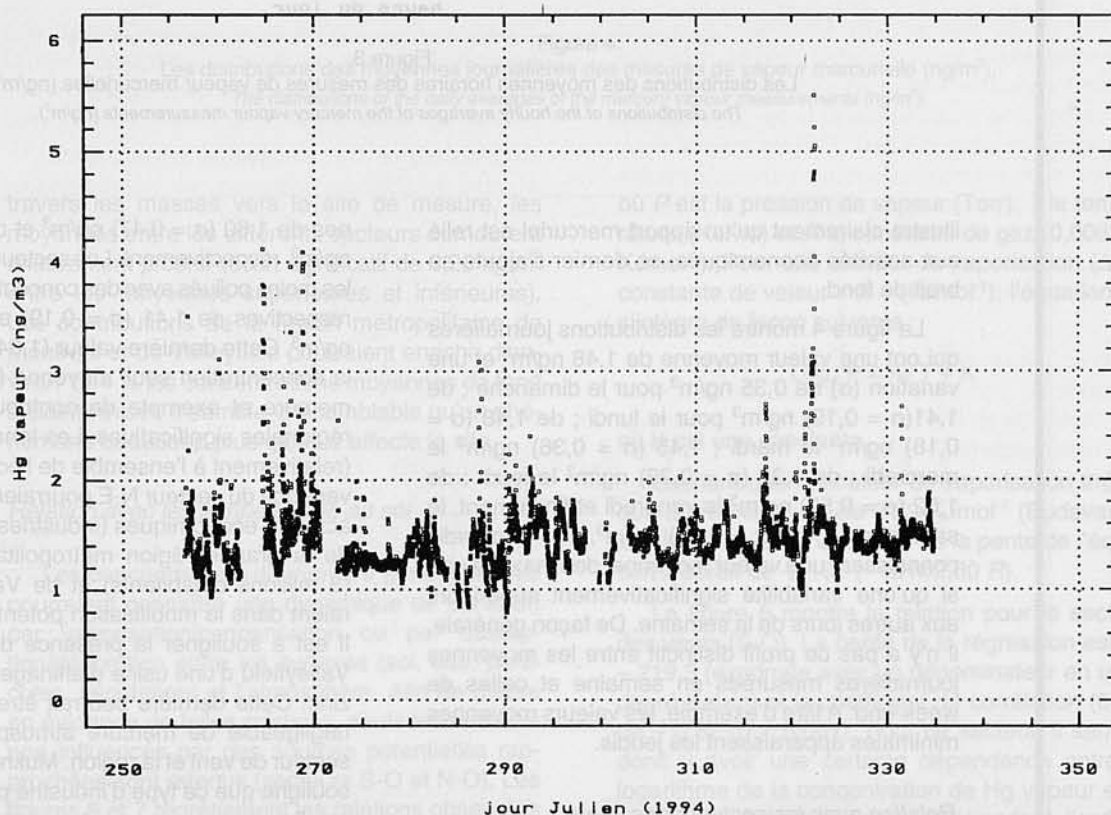


Figure 2.

Série temporelle des concentrations de vapeur mercurielle mesurées à Saint-Anicet (Québec) pour la période du 23 septembre au 30 novembre 1994 (fréquence des mesures aux 15 minutes) (ng/m^3).

Time series of mercury vapour concentrations measured at Saint-Anicet (Quebec) between 23 September and 30 November 1994 (readings taken every 15 minutes) (ng/m^3).

Representation Box-and-Whisker

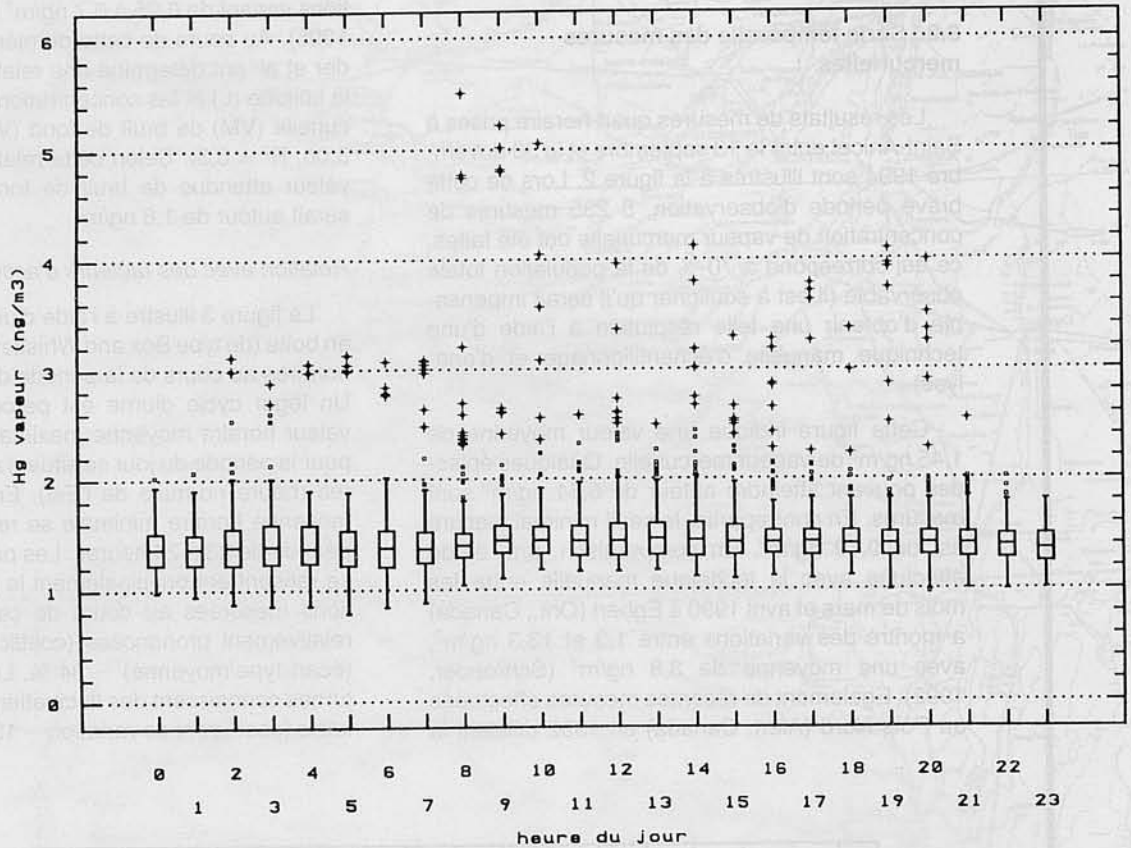


Figure 3.

Les distributions des moyennes horaires des mesures de vapeur mercurielles (ng/m^3).
The distributions of the hourly averages of the mercury vapour measurements (ng/m^3).

illustre clairement qu'un apport mercuriel est relié aux activités économiques, ce dernier s'ajoute au bruit de fond.

La figure 4 montre les distributions journalières qui ont une valeur moyenne de $1,48 \text{ ng/m}^3$ et une variation (σ) de $0,35 \text{ ng/m}^3$ pour le dimanche ; de $1,41 (\sigma = 0,19) \text{ ng/m}^3$ pour le lundi ; de $1,48 (\sigma = 0,18) \text{ ng/m}^3$ le mardi ; $1,45 (\sigma = 0,36) \text{ ng/m}^3$ le mercredi ; de $1,39 (\sigma = 0,23) \text{ ng/m}^3$ le jeudi ; de $1,52 (\sigma = 0,50) \text{ ng/m}^3$ le vendredi et finalement, le samedi de $1,42 (\sigma = 0,24) \text{ ng/m}^3$. Les vendredis connaissent une valeur moyenne, des maxima ainsi qu'une variabilité significativement supérieurs aux autres jours de la semaine. De façon générale, il n'y a pas de profil distinctif entre les moyennes journalières mesurées en semaine et celles de week-end. A titre d'exemple, les valeurs moyennes minimales apparaissent les jeudis.

Relation avec les secteurs des vents

La figure 5 montre les distributions statistiques en fonction des secteurs de vents (10 m du sol). Les secteurs N-E et S-E sont ceux qui connaissent les valeurs les plus élevées avec des moyen-

nes de $1,60 (\sigma = 0,47) \text{ ng/m}^3$ et de $1,45 (\sigma = 0,43) \text{ ng/m}^3$, respectivement. Les secteurs S-O et N-O sont les moins pollués avec des concentrations moyennes respectives de $1,41 (\sigma = 0,19)$ et $1,34 (\sigma = 0,15) \text{ ng/m}^3$. Cette dernière valeur ($1,34 \text{ ng/m}^3$) constitue la concentration seuil moyenne (bruit de fond) de mercure et exempte de contributions locales ou régionales significatives. Les teneurs plus élevées (relativement à l'ensemble de l'échantillon) en provenance du secteur N-E pourraient être reliées aux activités économiques (industries, transports, etc.) de la grande région métropolitaine de Montréal (3 millions d'habitants) et de Valleyfield qui agiraient dans la mobilisation potentielle du mercure. Il est à souligner la présence dans la région de Valleyfield d'une usine d'affinage électrolytique du zinc. Cette dernière pourrait être une source non négligeable de mercure atmosphérique pour ce secteur de vent et la région. Mukherjee et al. (1995) souligne que ce type d'industrie peut émettre environ 5 g de mercure par tonne de zinc produit. La production de zinc dans la région de Valleyfield est d'environ 230 000 tonnes par an. Cependant, malgré le potentiel d'émission de la région de Montréal et de Valleyfield ainsi que du pouvoir de dilution possible lors de l'advection et de la diffusion à

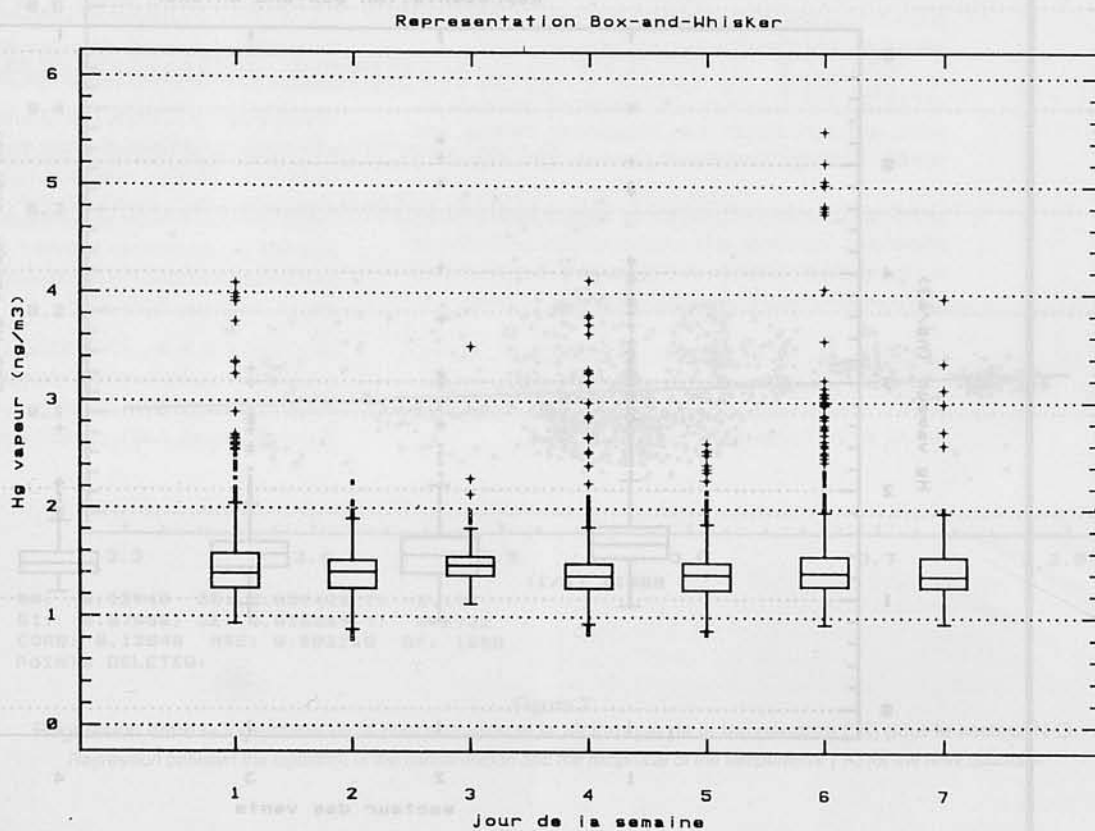


Figure 4.
Les distributions des moyennes journalières des mesures de vapeur mercurielle (ng/m³).
The distributions of the daily averages of the mercury vapour measurements (ng/m³).

travers les masses vers le site de mesure, les moyennes entre les différents secteurs demeurent relativement proche (écart significatif de 0,26 ng/m³ entre les moyennes supérieures et inférieures). Les contributions de la région métropolitaine de Montréal et de Valleyfield pourraient enrichir d'environ 19,4 % les concentrations moyennes de fond à Saint-Anicet. Il semble vraisemblable qu'un phénomène beaucoup plus globale affecte le site.

Relation avec les températures au sol

Les concentrations de mercure atmosphérique pourraient connaître une dynamique de transport par vaporisation/condensation ou par absorption/désorption entre les surfaces (sol, eau, particules, végétation) et l'atmosphère. Afin de mettre en évidence de telles relations, seuls les secteurs non influencés par des sources potentielles rapprochées sont retenus (secteurs S-O et N-O). Les figures 6 et 7 représentent les relations observées d'une adaptation basée sur le modèle théorique de vaporisation (équation de Clausius-Clapeyron) (PANKOW, 1987) :

$$\frac{d}{dt} \log_n P = \Delta H_v / RT^2 \quad (1)$$

où P est la pression de vapeur (Torr), T la température (Kelvin) et R la constante de gaz (0,008314 KJmol⁻¹). Pour une chaleur de vaporisation (ΔH_v) constante de valeur « A » (KJmol⁻¹), l'équation (1) s'intègre de façon suivante :

$$\log_n P = A/T + K \quad (2)$$

où K est une constante.

Sachant que la chaleur de vaporisation théorique du mercure est de 61,3 KJmol⁻¹ (Budavari et al. 1989), la valeur attendue de la pente de l'équation 2 serait de -3 191 ($-\Delta H_v/2,30 R$).

La figure 6 montre la relation pour le secteur des vents (S-O). La pente de la régression est de -219,3 (exprimée avec un dénominateur en unité degré Kelvin) et le coefficient de corrélation (0 est de -0,37 ($p < 0,001$)). Pour ce secteur, il semble donc y avoir une certaine dépendance entre le logarithme de la concentration de Hg vapeur et la réciproque de la température. Cependant, l'enthalpie de vaporisation mesurée de 4,2 KJmol⁻¹ est nettement plus basse que la valeur théorique de vaporisation du mercure élémentaire (61,3 KJmol⁻¹). Il est important de noter qu'une telle dépendance peut également être reliée à la dépendance de la

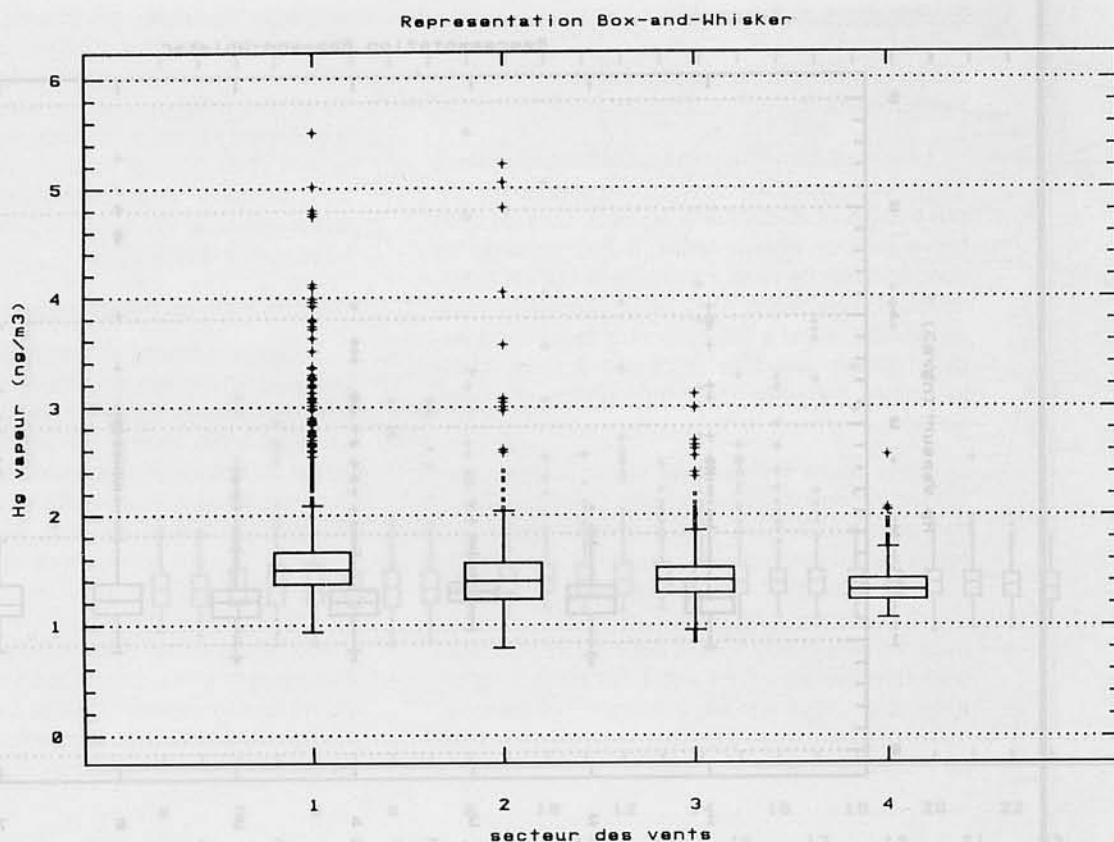


Figure 5.

Les distributions des concentrations moyennes de vapeur mercurielle (ng/m^3) en fonction du secteur des vents, N-E (1) ; S-E (2) ; et N-O (4).

The distributions of the average concentrations of mercury vapour (ng/m^3) as a function of the wind quadrant, N-E (1) ; S-E (2) ; S-W (3) ; and N-W (4).

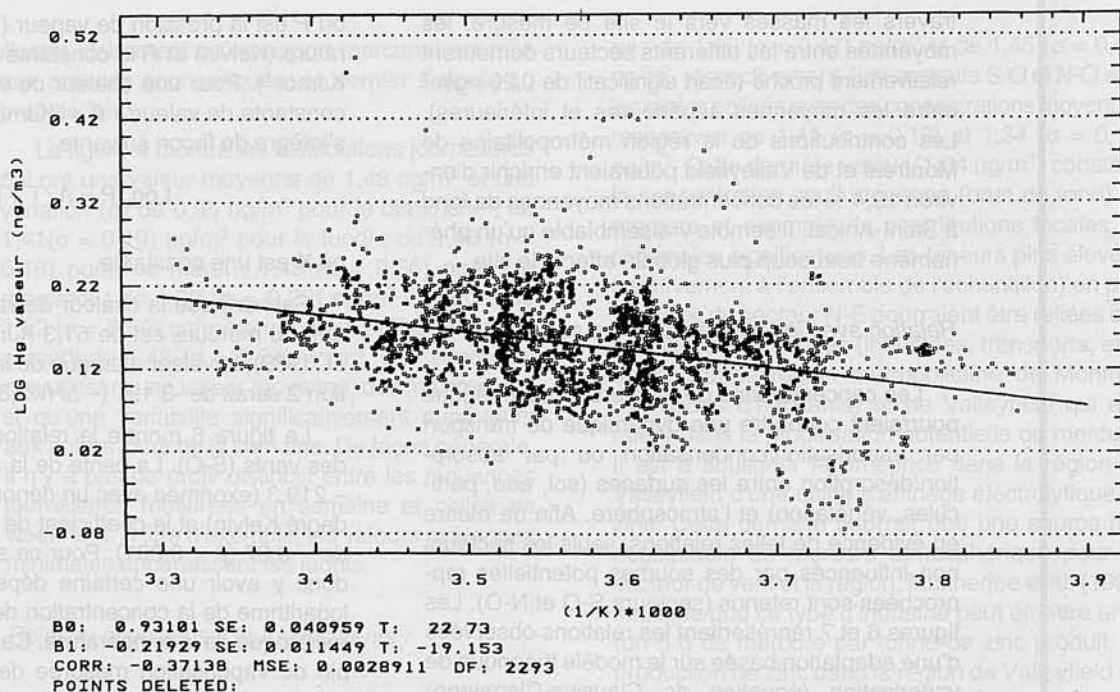


Figure 6.

Régression entre le logarithme de la concentration et la réciproque de la température ($^{\circ}\text{K}$) pour le secteur S-O.

Regression between the logarithm of the concentration and the reciprocal of the temperature ($^{\circ}\text{K}$) for the S-W quadrant.

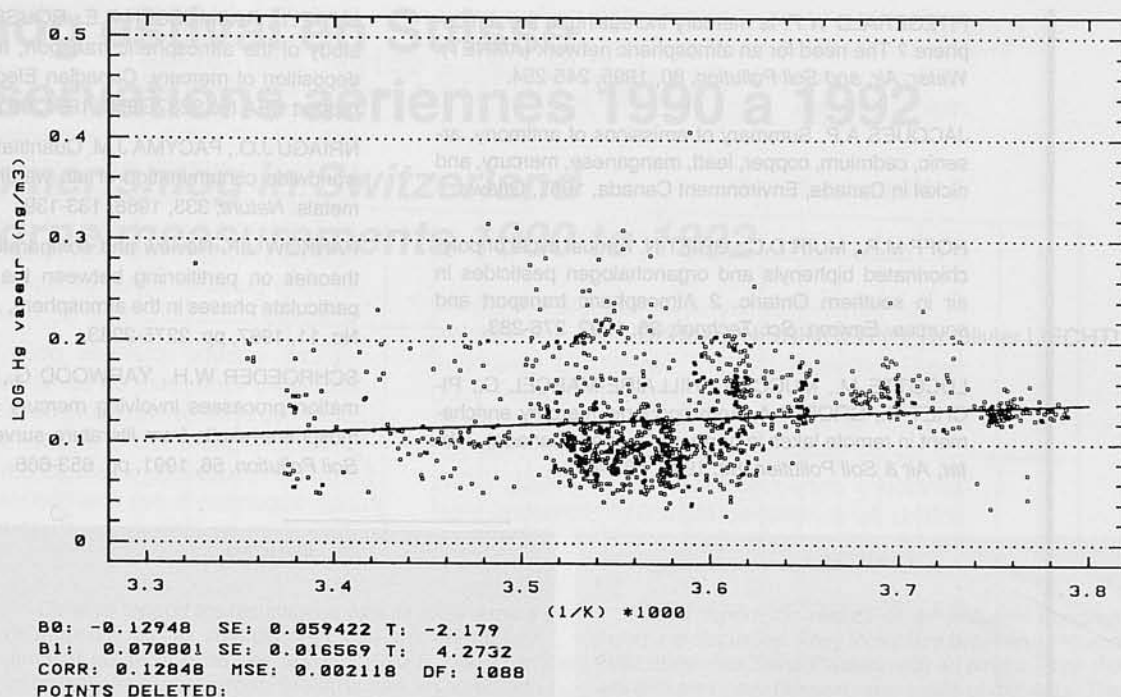


Figure 7.

Régression entre le logarithme de la concentration et la réciproque de la température ($^{\circ}\text{K}$) pour le secteur N-O.
Regression between the logarithm of the concentration and the reciprocal of the temperature ($^{\circ}\text{K}$) for the N-W quadrant.

constante d'Henry avec la température, surtout si la pente de la régression (équ. 2) est bien inférieure au terme théorique de l'équation de Clausius-Clapeyron (Hoff et al., 1992), ce qui est le cas ici.

Contrairement au secteur S-O, le secteur N-O ne connaît pas de corrélation significative entre la concentration et la température ($R = 0,13$) (figure 7). Cette absence de corrélation ainsi que la stabilité de la distribution autour de la moyenne indiqueraient plutôt un phénomène transport de masses d'air bien homogènes, exemptes de contributions locales ou régionales majeures. L'inversion de la pente pour le secteur N-O (positive) par rapport au secteur S-O (négative) demeure cependant énigmatique et son explication reste à préciser (le transport à longue distance, une charge inférieure en matière en suspension, un partage de phase et une spéciation différents peuvent être quelques éléments de réponses).

Conclusions

Cet article présente des résultats de mesure en continu de vapeur mercurielle mesurée en milieu rural au Québec et les met en relation avec certains facteurs environnementaux. Dans l'ensemble les valeurs mesurées sont proches du bruit de fond. Cependant, des épisodes reliés à l'activité économique enrichissent les masses d'air du bruit de fond. La grande région de Montréal pourrait être responsable d'un enrichissement moyen en va-

peur mercurielle de 19,4 % des concentrations qualifiées de bruit de fond naturel. Des relations de dépendance significatives entre les concentrations atmosphériques et la température sont mesurées dans le secteur S-O, laissant présumer que des mécanismes de volatilisation/condensation ou absorption/désorption peuvent être opérants à l'intérieur de ce secteur. Le secteur N-O quant à lui est représentatif du bruit de fond et pourrait être caractérisé par du transport global à l'échelle hémisphérique.

La mesure en continu à haute résolution de la vapeur mercurielle permet de mieux caractériser les structures fines des variations de concentration mesurées dans l'atmosphère permettant ainsi une meilleure définition des facteurs environnementaux qui en sont responsables.

Références

- BLOOM N., FITZGERALD W.F. Détermination of volatil mercury species at the picogram level by low-temperature gas chromatography with cold-vapour atomic fluorescence detection. *Analytica Chimica Acta*, 208, 1988, 151-161.
- BUDAVARIS S., O'NEIL M.J., SMITH A., HECHELMAN P. The merck index, 11^e édition, 18989, 1606 p.
- FITZGERALD W.F. Mercury as a global pollutant. *The world & I*, Oct., 1993, pp. 193-199.

FITZGERALD W.F. Is mercury increasing in the atmosphere ? The need for an atmospheric network (AMNET). *Water, Air, and Soil Pollution*, 80, 1995, 245-254.

JACQUES A.P. Summary of emissions of antimony, arsenic, cadmium, copper, lead, manganese, mercury, and nickel in Canada, Environment Canada, 1987, Ottawa.

HOFF M.R., MUIR D.C., GRIFF N. Annual cycle of polychlorinated biphenyls and organohalogen pesticides in air in southern Ontario. 2 Atmospheric transport and sources. *Environ. Sci. Technol.*, 26, 1992, 276-283.

LUCOTTE M., MUCCI A., HILLAIRES-MARCEL C., PICHET P., GRODIN A. Anthropogenic mercury enrichment in remote lakes in northern Quebec (Canada). *Water, Air & Soil Pollution*, 80, 1995, 467-476.

LUY P.Y., RASMUSSEN P.E., ROUSSEL P.B., LIN X. A study of the atmospheric transport, transformation and deposition of mercury. Canadian Electrical Association, rapport CEA No 9237G950, 1994, 95 p.

NRIAGU J.O., PACYMA J.M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soil by trace metals. *Nature*, 333, 1988, 133-139.

PANKOW J.F. Review and comparative analysis of the theories on partitioning between the gas and aerosol particulate phases in the atmosphere, *Atm. Env.*, Vol. 21, No. 11, 1987, pp. 2275-2283.

SCHROEDER W.H., YARWOOD G., NIKI H. Transformation processes involving mercury species in the atmosphere-results from literature survey. *Water, Air and Soil Pollution*, 56, 1991, pp. 653-666.

POLLUTION ATMOSPHERIQUE

is the publication of the French Association for Air Pollution Prevention (APPA) and the only French journal dedicated to air pollution. The papers of all the principal researches in the field are published in its pages.

Wishing to interest readers who do not speak French, titles, summaries and captions of tables and figures will now also be published in English. Results of air quality research contracts managed by the Ministry of Environment will also be published in English.

The journal is available to specialists from other countries to release the results of their work to the French speaking community. Authors should send their papers, drafted either in English or in French, to the Managing Editor, who will submit them to the Editorial Committee. If selected, they will be published in French and English. The journal will take care of translation.

POLLUTION
ATMOSPHERIQUE

QUARTERLY REVIEW

EDITOR - ADMINISTRATION - ADVERSITING
58, RUE DU ROCHER F. - 75008 PARIS
Tél. (1) 42 93 62 07 - 42 93 69 30
Fax (1) 42 93 41 99

SUBSCRIPTION FORM

NAME : _____

ADDRESS : _____

wishes to take out a one year subscription to POLLUTION ATMOSPHERIQUE.

Attached is a cheque for F. : _____ (Payment in French Francs only).

Date _____

Subscription 1996 (4 issues) = 680 F.F. Signature _____

For the Union European Enterprises, please to indicate your VAT number.