

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène  
**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit  
**Band:** 80 (1989)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Les feuilles de chênes, indicateurs de contamination en métaux lourds émis par une usine d'incinération = Oak leaves as bioindicators of heavy metals pollution from an incineration plant  
**Autor:** Martin, M. / Robin, D. / Haerdi, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-983593>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

*M. Martin, D. Robin et W. Haerdi*, Département de chimie minérale, analytique et appliquée, Université de Genève, Genève

## **Les feuilles de chênes, indicateurs de contamination en métaux lourds émis par une usine d'incinération**

Oak Leaves as Bioindicators of Heavy Metals Pollution from an Incineration Plant

### **Introduction**

Nous avons au cours de ce travail tenté de voir quel pouvait être l'impact d'une usine d'incinération d'ordures sur la végétation environnante.

Nous nous sommes intéressés particulièrement aux immissions de métaux lourds et plus particulièrement au cadmium: L'ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPAIR) donne des chiffres très précis concernant les valeurs limites d'immissions en cadmium (1):

Cadmium (Cd) dans les poussières en suspension	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Cadmium (Cd) dans les retombées de poussières	2 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jour}$

### **Situation de l'usine — Lieux de prélèvements**

La figure 1 situe l'usine des Cheneviers dans le canton de Genève. En examinant la rose des vents, on constate que les axes des vents principaux sont Nord-Est et Sud-Ouest.

Dans un précédent article (2), nous avons démontré que parmi différents métaux lourds, seul le cadmium est un bon indicateur des retombées de l'usine, son impact dans les sols environnants est incontestable.

Nous avons aussi retenu lors de cette étude les feuilles de chênes parmi différents végétaux accumulant le cadmium: en effet, les chênes présentent les avantages d'être une espèce très répandue dans la région étudiée et de conserver leurs feuilles, même sèches, durant une période couvrant pratiquement une année.

Nous avons sélectionné pour notre travail 4 chênes numérotés de 1 à 4 comme le montre la figure 2: Les chênes 1 et 2 sont exposés aux retombées de l'usine, les chênes 3 et 4 ne le sont pas.

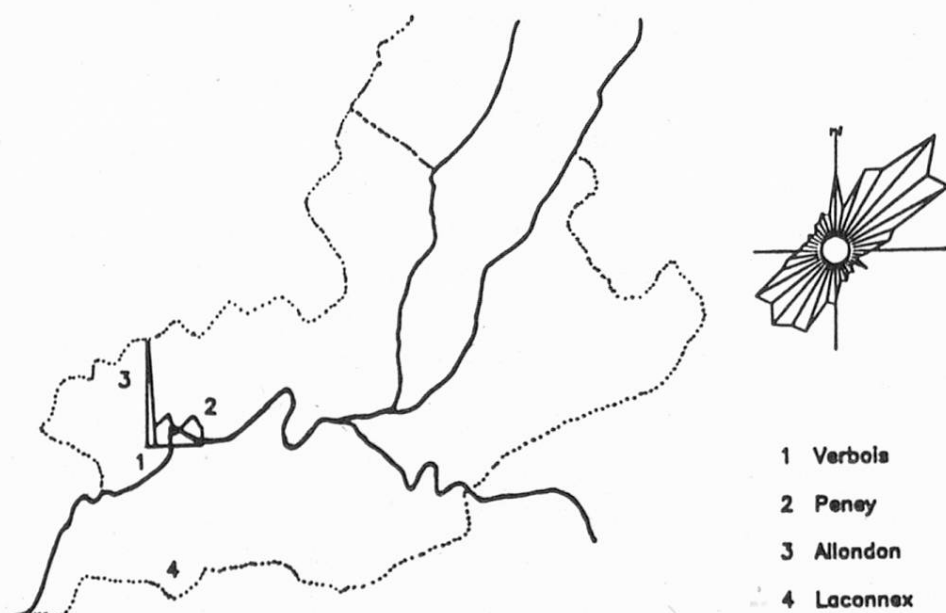


Fig. 1. Plan de situation de l'usine des Cheneviers dans le canton de Genève, avec la localisation des 4 chênes étudiés durant la saison 1987–1988, et la rose des vents établie à l'aéroport de Genève-Cointrin

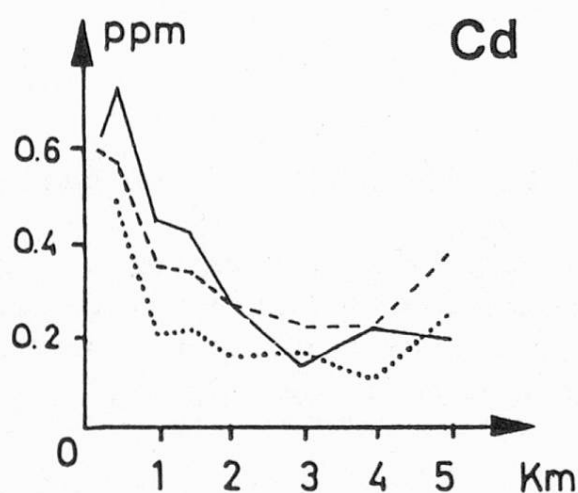


Fig. 2. Moyenne (sur 3 échantillons de terre) de la concentration en cadmium total dans le sol, tracée en fonction de la distance à l'usine d'incinération et selon les 3 orientations choisies: Nord-Est  
Sud-Ouest  
Direction perpendiculaire

## Méthode de prélèvement et de traitement des échantillons

### Prélèvements

Nous avons prélevé 50 feuilles situées à une hauteur de 2 m environ.

## Conditionnement

Les feuilles récoltées sont lavées superficiellement quand elle sont vertes, avec une solution d'acide nitrique 0,01 m et simplement dépoussiérées à l'air comprimé quand elles sont sèches.

Ces feuilles sont alors congelées puis lyophilisées.

Le lyophilisat est alors broyé dans un mixer puis dans un mortier en présence d'azote liquide.

On obtient dans ces conditions une poudre très fine, constituant un milieu très homogène.

## Minéralisation

Une prise de 20 mg est pesée dans des tubes de polypropylène avec 5 ml d'acide nitrique 2 m. Les tubes sont chauffés au bain-marie entre 80 et 100 °C durant 4 heures. Après refroidissement, on ajoute 1 ml de perhydrol 30% et l'on rechauffe durant 3 heures. Les tubes sont complétés à 10 ml avec de l'eau distillée.

L'intérêt de cette manière de procéder réside dans le fait que toutes les opérations ont lieu dans un tube unique en polypropylène, permettant d'éviter ainsi bien des contaminations.

## Analyse par absorption atomique sans flamme

- L'étalonnage est effectué entre 0 et 2 ppb. Des standards végétaux NBS et Bowen sont simultanément analysés pour vérifier l'exactitude de la méthode.
- Nous avons aussi utilisé dans les solutions à analyser des sels modificateurs de matrice (3, 4):  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  10 g/l et  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  2 g/l.

Tableau 1. Programmation de température du four, en vue de l'analyse par absorption atomique sans flamme

Etape	T °C	t <sub>1</sub> s	t <sub>2</sub> s	ml N <sub>2</sub> /min
Séchage	120	20	10	300
Calcination	900	30	20	300
Atomisation	1600	20	2	0
Nettoyage	2700	1	1	300

L'utilisation de ces modificateurs de matrice permet de minéraliser à 900 ° au lieu de 250 °C et d'atomiser à 1600 ° au lieu de 1100 °C. Ces températures plus élevées améliorent la qualité des analyses.

## Résultats obtenus

### *Evolution de la concentration en cadmium dans les feuilles au cours de la saison 1987–1988*

Comme nous l'avons montré sur la figure 1, nous avons sélectionné 4 chênes et contrôlé les immissions en plaçant un pluviomètre à proximité de chacun d'eux.

Les eaux de pluie et les poussières ont été analysées par absorption atomique sans flamme, après minéralisation avec de l'acide nitrique (5–7).

Les prélèvements de feuilles ont été effectués tous les 15 jours depuis la date du 4 mai 1987, correspondant à l'apparition des premières feuilles, au 26 avril 1988, date correspondant aux dernières feuilles encore fixées sur les arbres.

Les figures 3 (a, b, c) nous montrent l'évolution de la concentration moyenne dans les feuilles pour chaque prélèvement et pour 3 sites d'exposition différente: la figure 3a est typique d'un arbre dans une région non exposée aux retombées, ce chêne sert donc de témoin, tandis que les figures 3b et 3c nous montrent la faculté d'accumulation des feuilles et la différence d'exposition des arbres.

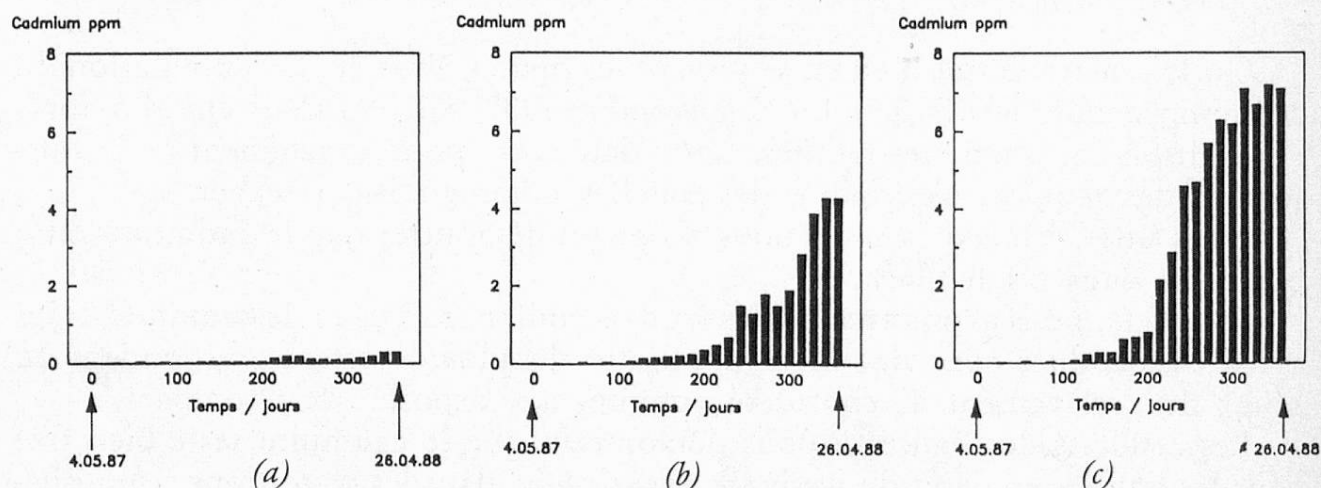


Fig. 3 (a, b, c). Evolution de la concentration en cadmium (ppm) dans les feuilles au cours de la saison 1987–1988:

- a. La figure 3a décrit l'évolution pour un chêne situé dans le Val d'Alondon, région non contaminée
- b, c. Les figures 3b et 3c représente cette évolution pour des chênes situés dans des régions exposées aux retombées de l'usine:
  - région de Peney (b)
  - région de Verbois (c)

La figure 4 met en relation les concentrations en cadmium dans les feuilles avec le cadmium déposé dans les pluviomètres: il est difficile d'en tirer une relation simple, si ce n'est les constatations suivantes:

- Le cadmium qui retombe sur les feuilles vertes n'a pratiquement aucun effet, les feuilles étant alors protégées par leur couche de cire.
- Une fois sèches, les feuilles peuvent alors fixer le cadmium.



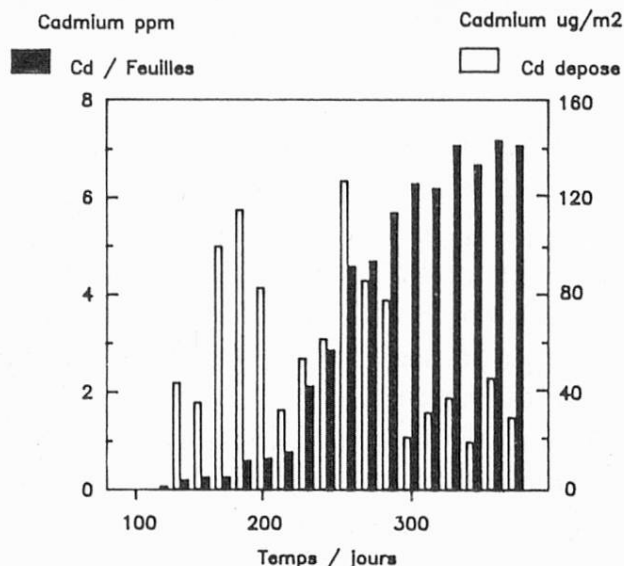


Fig. 4. Histogramme montrant les relations entre la contamination en cadmium dans les feuilles du chêne situé à Verbois (voir la figure 3c) et les immissions de cadmium.

On le remarque très bien en observant les figures 3b et 3c: l'accumulation du cadmium débute dès la date du 12 novembre 1987, soit 190 jours environ après l'apparition des premières feuilles. Cette date correspond exactement au brunissement des feuilles, c'est-à-dire dès qu'elles commencent à sécher.

Dans une autre expérience, nous avons pu démontrer que le cadmium reste bien fixé dans les feuilles.

Pour cela, nous avons attaché des feuilles contenant 3 ppm de cadmium et les avons suspendues avec des fils à proximité du pluviomètre correspondant au point de prélèvement 4, considéré comme non exposé aux retombées.

Les résultats des figures 5 nous démontrent que le cadmium reste bien fixé dans les feuilles en dépit du lessivage par la pluie, dans les conditions atmosphériques naturelles.

On peut constater cependant de petites variations, certainement dues au faible échantillonnage (seulement 5 feuilles).

#### *Etablissement d'une carte des immissions dans un rayon de 4 km autour de l'usine*

Les feuilles de chêne accumulent le cadmium et ce métal reste donc bien fixé dans les feuilles. Nous avons alors prélevé des feuilles en une centaine de points répartis dans un rayon de 4 km autour de l'usine. En chaque point sur la carte, nous avons placé un disque (8) proportionnel à la concentration en cadmium, afin d'établir la carte des immissions de ce métal autour de l'usine des Cheneviers (fig. 6).

Il s'agit bien là d'une localisation des retombées saisonnières entre la date du début du brunissement des feuilles et la date du prélèvement.

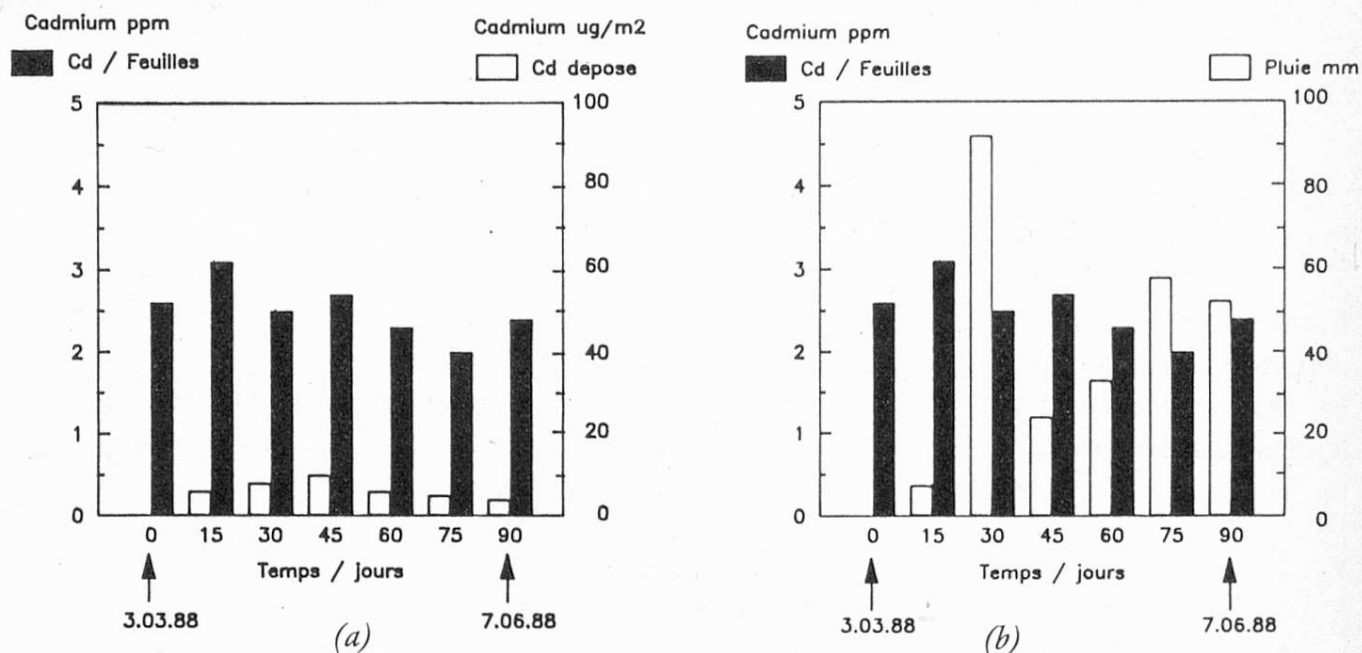


Fig. 5 (a, b). Histogrammes mettant en relation la concentration en cadmium dans des feuilles contaminées, suspendues dans une région non exposée aux retombées des Cheneviers, avec le cadmium déposé (5a) et les hauteurs de pluie recueillies dans le pluviomètre de contrôle (5b).

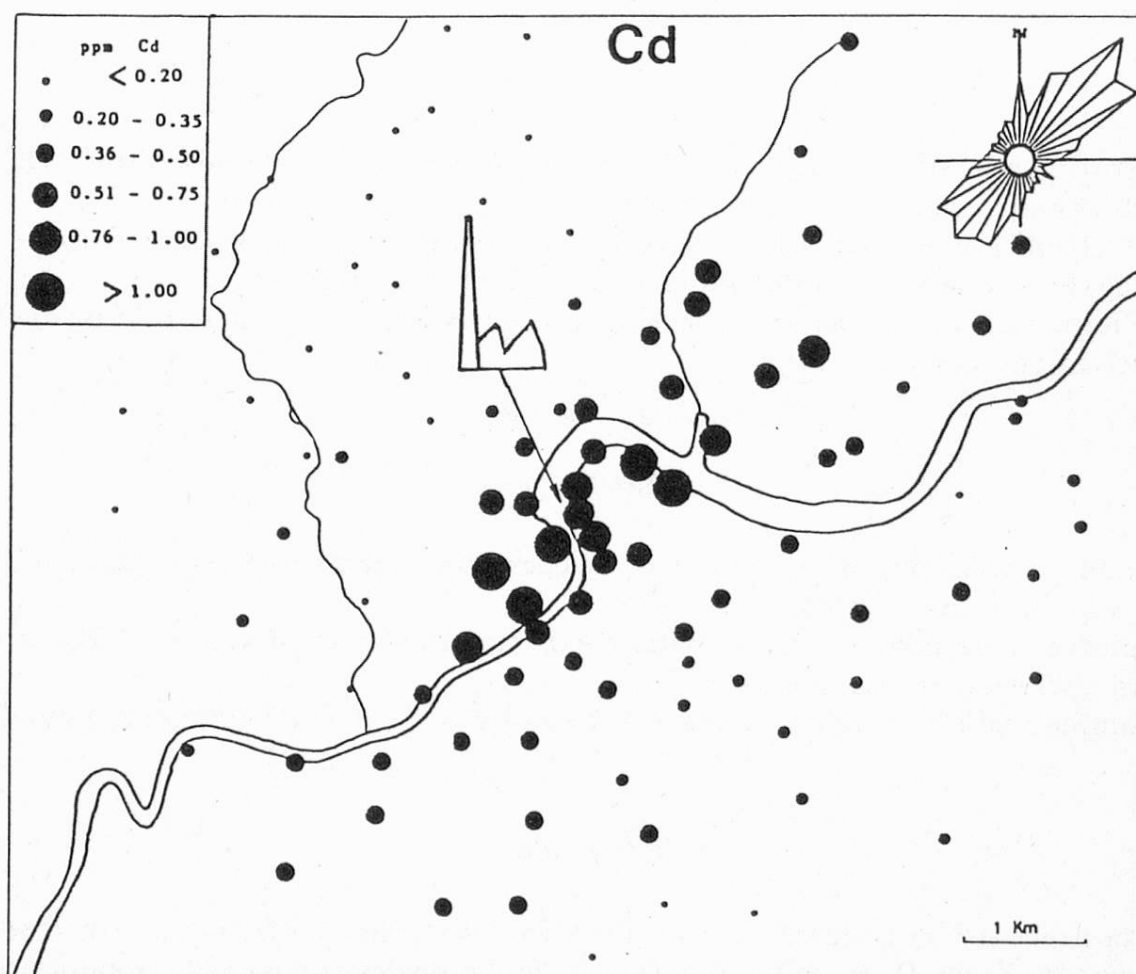


Fig. 6. Répartition du cadmium dans les feuilles de chênes autour de l'usine d'incinération des Cheneviers.

## Perspectives — conclusions

La nature de la liaison feuille — cadmium fait actuellement l'objet d'une étude et nous cherchons à déterminer quelle espèce chimique joue le rôle de complexant dans les feuilles de chêne vis-à-vis des métaux lourds.

L'avantage de la méthode exposée réside dans sa simplicité. Elle se prête facilement aux grandes séries d'analyses et peut s'adapter à des échantillonnages de végétaux différents des chênes, mais judicieusement choisis.

Elle permet également de localiser les endroits exposés aux métaux lourds (le cadmium en l'occurrence) ainsi que les sources importantes de contamination.

### *Résumé*

Le présent travail traite des immissions en cadmium autour d'une usine d'incinération d'ordures.

Les feuilles de chêne ont été utilisées comme indicateur de contamination et l'accumulation saisonnière du cadmium dans ces feuilles a été étudiée.

Une carte des immissions a été établie dans un rayon de 4 km autour de cette usine.

### *Zusammenfassung*

Die vorliegende Arbeit behandelt die Cadmiumniederschläge in unmittelbarer Nähe einer Verbrennungsanstalt für Haushaltsabfälle.

Die Eichenblätter dienten als Anzeiger der Verunreinigung, und die jahreszeitliche Ansammlung von Cadmium wurde anhand dieser Blätter untersucht.

Eine Karte zeigt die Niederschläge in einem Umkreis von 4 km, in dessen Mitte die Verbrennungsanstalt liegt.

### *Summary*

Cadmium immissions in the vicinity of Cheneviers incineration plant in the canton of Geneva has been investigated.

Oak leaves were used as contamination indicator and seasonal accumulation of cadmium in these leaves was studied.

A cadmium fallout map has been given for emissions within a 4 km radius around the plant.

### *Bibliographie*

1. Ordonnance sur les polluants de l'air (OPAIR), 1985. Edité par la chancellerie fédérale.
2. Martin, M., Robin, D., Ramseier, S. et Haerdi, W.: Etude des immissions autour de l'usine d'incinération des Cheneviers: Métaux lourds dans le sol et le vignoble genevois. Arch. Sci. Genève 41 (2), 229–244 (1988).



3. *Hinderberger, E. J., Kaiser, M. L. and Koirtyohann, S. R.*: Furnace atomic absorption analysis of biological samples using the L'VOV platform and matrix modification. *Atomic Spectroscopy* **2**, 1, 1-7 (1981).
4. Manuel du VDI: Messung partikelförmiger Niederschläge: Bestimmung des partikelförmigen Niederschlags mit dem Bergerhoff-Gerät. VDI 2119 Blatt 2, Juni 1972.
5. Manuel du VDI: Chemical analysis of particulates in ambient air: Determination of lead, cadmium and their inorganic compounds as part of the dust precipitation by atomic absorption spectrometry. VDI 2267 Blatt 4, März 1987.
6. Manuel du VDI: Chemical analysis of suspended particulates in ambient air: Measurement of the mass concentration of cadmium by atomic absorption spectrometry. VDI 2267 Blatt 6, März 1987.
7. *Grosser, Zoe A.*: Atomic absorption analysis of industrial hygiene samples. *Atomic Spectroscopy* **9** (1), 1-5 (1988).
8. *Hertz, J., Schmid, I. and Thoeni, L.*: Monitoring of heavy metals in airborne particles by using mosses collected from the city of Zurich. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* **17**, vol 1 (1984).

Dr M. Martin  
D. Robin  
Prof. W. Haerdi  
Département de chimie minérale,  
analytique et appliquée  
Université de Genève  
30, quai Ernest Ansermet  
CH-1211 Genève 4