

Zeitschrift: Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 41 (1988)
Heft: 2

Artikel: Étude des immissions autour de l'usine d'incinération des Cheneviers :
métaux lourds dans le sol et le vignoble genevois
Autor: Martin, M. / Robin, D. / Ramseier, S.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-740390>

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: 31.01.2026

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

Archs. Sci. Genève	Vol. 41	Fasc. 2	pp. 229-244	1988
--------------------	---------	---------	-------------	------

ÉTUDE DES IMMISSIONS AUTOUR DE L'USINE D'INCINÉRATION DES CHENEVIERS: MÉTAUX LOURDS DANS LE SOL ET LE VIGNOBLE GENEVOIS

PAR

M. MARTIN ¹, D. ROBIN ¹, S. RAMSEIER ¹, W. HAERDI ¹

ABSTRACT

Heavy metal immissions in the vicinity of Cheneviers incineration plant in the canton of Geneva, has been investigated.

Analytical methods for the determination of heavy metals in soil, grapes and oak leaves have been described.

A heavy metal fallout map for the year 1987 has been given for emissions within a 4 km radius around the plant.

RÉSUMÉ

Le présent travail traite des immissions en métaux lourds au voisinage de l'usine d'incinération d'ordures des Cheneviers dans le Canton de Genève.

L'analyse a porté sur des échantillons de sol, feuilles de vigne, raisins et feuilles de chêne, les méthodes d'analyse y sont décrites.

Une carte des retombées a été établie en 1987 dans un rayon de 4 km autour de l'usine.

INTRODUCTION

L'usine d'incinération des Cheneviers brûle nos ordures depuis plus de vingt ans. Elle a été agrandie en 1979 mais ne suffit plus, semble-t-il, à éliminer actuellement tous nos déchets. De nombreuses réalisations en vue de limiter les émissions plus ou moins toxiques ont été réalisées.

Nous nous sommes demandés quel pouvait être l'impact de ces retombées au niveau des sols environnant la station, ce genre d'étude ayant déjà été entrepris autour d'autres stations (1, 2, 3, 4).

¹ Département de chimie minérale, analytique et appliquée, Université de Genève, 30, quai Ernest-Ansermet, 1211, Genève 4.

Nous nous sommes limités aux retombées en métaux lourds et plus particulièrement: plomb, cadmium, cuivre et zinc.

Nous avons voulu aussi étudier l'impact de ces métaux sur le vignoble qui est l'une des cultures principales de la région. Toutefois la dispersion insuffisante du vignoble et l'absence de feuilles dès le mois de novembre nous ont conduit à utiliser aussi les feuilles de chêne pour connaître mieux les zones de retombées de ces polluants.

1. ÉTUDE DES SOLS

Lieux de prélèvements:

Nous avons sélectionné 52 sites: ces points ont été définis théoriquement sur la carte en fonction de leur distance à la cheminée et selon l'orientation des vents dominants (voir figures 1 et 2). Nous avons donc des points exposés aux vents principaux NE, SW et non exposés, selon la perpendiculaire à cette direction.

La rose des vents reproduite sur la figure 1 a été établie à l'aéroport de Genève-Cointrin mais garde certainement sa signification pour le sommet de la cheminée située à quelques kilomètres de là et dont la hauteur est de 103 m.

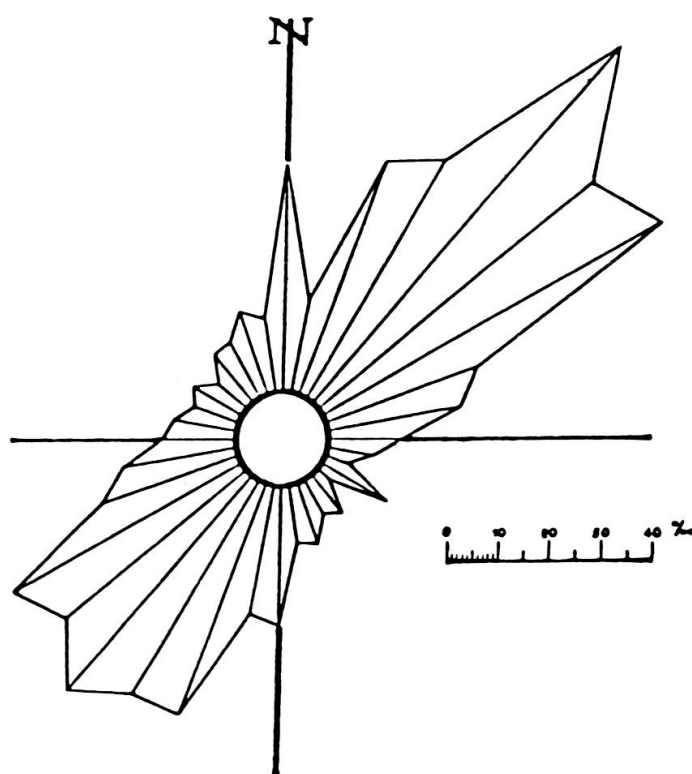


FIG. 1.

Rose des Vents.

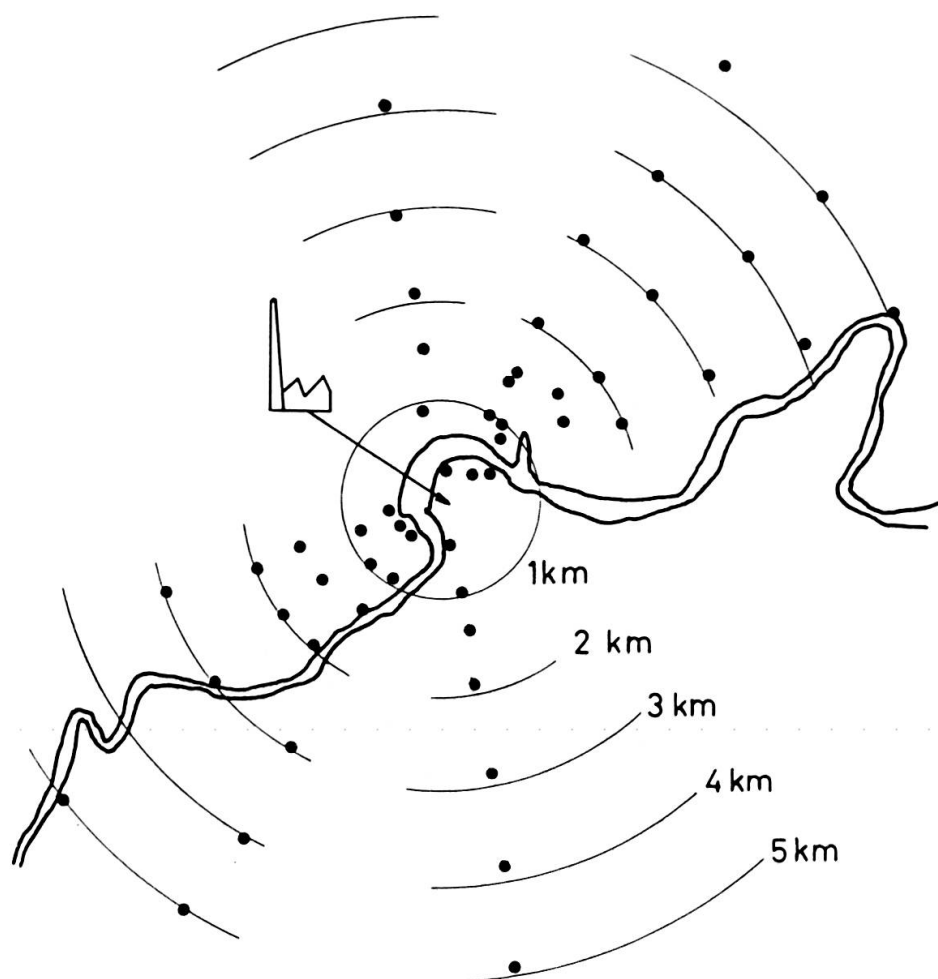


FIG. 2.

Situation des 52 points de prélèvements de sol choisis selon les vents dominants (NE, SW) et les vents les plus faibles (directions perpendiculaires aux précédentes).

Méthode de prélèvement du sol:

En chaque point, on a effectué 10 prélèvements sur 100 m², entre 0 et 15 cm de profondeur. Ces 10 échantillons sont regroupés, mélangés, lyophilisés et tamisés avec un tamis de diamètre 0,8 mm.

Méthode d'analyse:

Nous avons déterminé la teneur totale en métal et la teneur soluble en métal selon les méthodes préconisées par l'ordonnance fédérale (5).

- teneur totale: extraction de 1 g de terre par 10 ml HNO₃ 2M à léger reflux pendant deux heures;
- teneur soluble: extraction de 1 g de terre par 2,5 ml Na NO₃ à température ambiante.

Les solutions recueillies sont alors analysées par spectroscopie d'absorption atomique avec ou sans flamme selon les concentrations rencontrées.

Résultats:

Nous n'exposerons ici que les résultats concernant le métal total Mt, en effet les résultats concernant la fraction soluble sont très influencés par le type de culture (vignes, céréales, forêts...) (6, 7) et aucune conclusion n'a pu en être tirée. Les 4 graphiques de la figure 3 montrent la relation entre Mt et la distance à la station. Mt étant défini comme la moyenne des valeurs obtenues pour chaque distance et selon les 3 orientations choisies (NE, SW et la perpendiculaire).

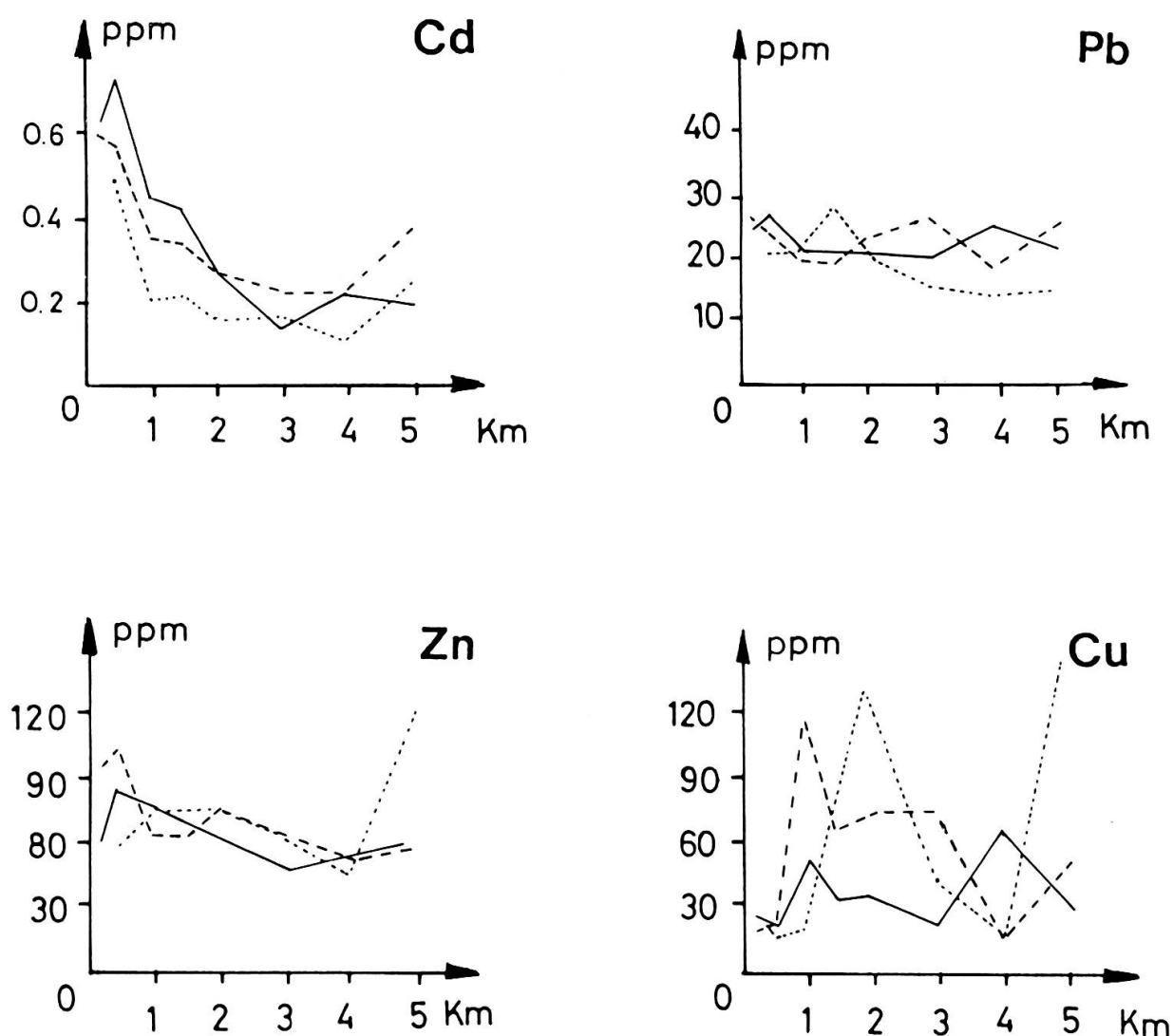


FIG. 3.

Moyenne de la concentration en métal total, tracée en fonction de la distance à l'usine d'incinération et selon les 3 orientations choisies.

NE - - - SW (—) perpendiculaire

— Pb et Zn

Les concentrations moyennes étant relativement élevées, entre 20 et 30 ppm pour le plomb, entre 80 et 90 ppm pour le zinc, les retombées éventuellement dues à la cheminée n'apparaissent pas de façon significative.

— Cu

On peut faire la même remarque que ci-dessus car les concentrations moyennes sont situées entre 30 et 60 ppm. Toutefois on peut noter que certains prélèvements ayant été effectués dans des vignobles et des vergers révèlent de très grandes concentrations de cuivre (120 ppm) accumulé dans le sol à la suite des traitements phytosanitaires.

— Cd

Pour ce métal, par contre, les concentrations moyennes rencontrées sont faibles, de l'ordre de 0,2 à 0,4 ppm. L'impact des retombées est donc d'autant plus apparent (voir figure 3). Ceci nous a incité à choisir ce métal comme indicateur des retombées de cette station d'incinération, d'autant plus que ce métal est réputé ne pas être indispensable à la vie et au contraire a un effet toxique sur les microorganismes du sol, les plantes, les animaux et l'homme (8, 9).

2. ETUDE DES RETOMBÉES SUR LES VIGNOBLES

A la suite du travail précédent, nous avons voulu voir si les retombées de l'usine ont une quelconque influence sur le vignoble environnant et certains de ses produits vinicoles.

Une semaine avant le début des vendanges, nous avons effectué divers prélèvements sur 15 sites (voir figure 4) choisis en fonction des résultats et considérations précédentes.

Prélèvements et paramètres étudiés:

- terre: Cd, Cu, Pb teneur totale et teneur soluble,
- vers de terre: Cd total,
- raisins: Cd, Cu, Pb dans les eaux de lavage des grains de raisins dans le jus et dans la pulpe,
- feuille de vigne: Cd, Pb et Cu total.

Terres de vigne:

Nous avons utilisé la même méthode de prélèvement et d'analyse que celle citée au chapitre 1. Les résultats obtenus pour le métal total et sa fraction soluble ne nous permettent pas de discerner l'influence due aux retombées. En effet la culture de la

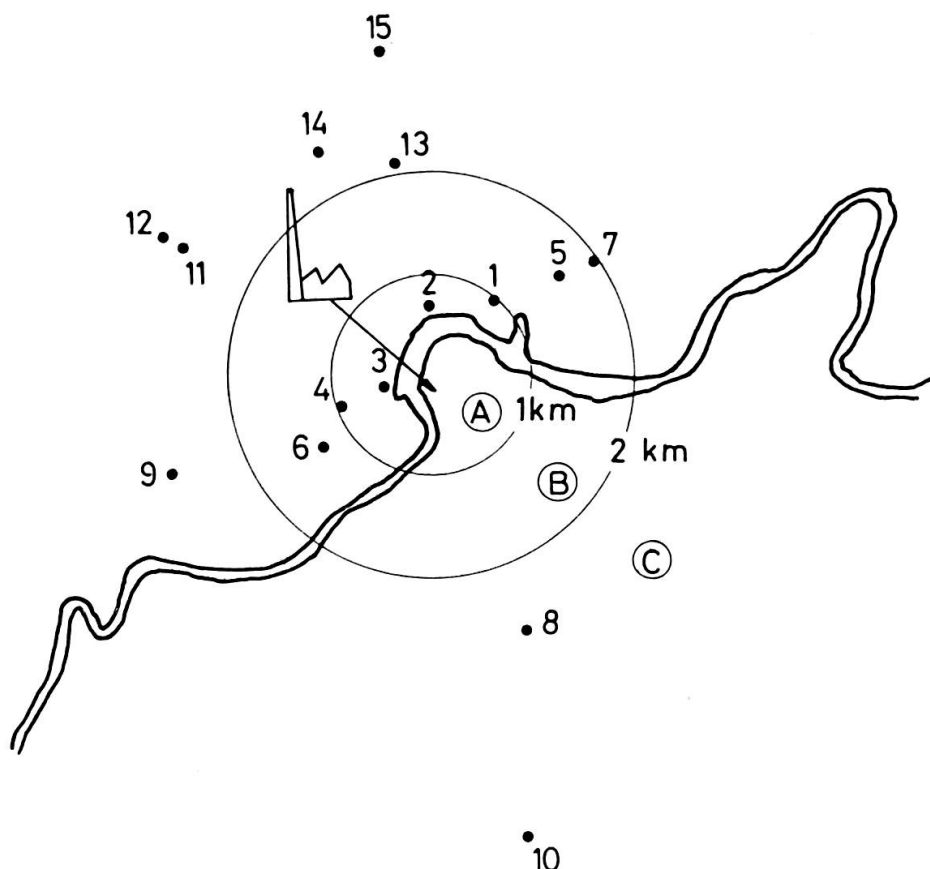


FIG. 4.

Points de prélèvements effectués dans le vignoble genevois.

vigne nécessite une telle quantité de produits de traitements et d'engrais divers, qu'indépendamment de la situation du vignoble, la qualité de son sol est essentiellement liée à son mode de culture (10, 11, 12). En effet, dans bien des cas nous avons mis en évidence l'utilisation de composts, ce qui augmente très fortement la teneur en métaux lourds dans le sol. Ces composts sont obtenus à partir d'ordures ménagères non triées.

A titre d'exemple, nous présentons les teneurs mesurées pour 4 vignobles (le tableau 1).

On peut constater que les vignes 1 et 11 n'ayant pas reçu de composts, présentent une teneur en métaux relativement faible, toutefois leur teneur en cuivre est très importante comme d'ailleurs dans la plupart des vignes. Il y a eu accumulation dans le sol du cuivre utilisé depuis fort longtemps comme produit de traitement. Les valeurs indicatives pour les teneurs tolérables du sol en métaux lourds sont largement dépassées pour le cuivre (5).

TABLEAU 1.

Teneur en métal total et soluble dans 4 sols de vigne. Les numéros des échantillons de sols correspondent aux points de prélèvement de la figure 5. Les vignobles 1 et 3 sont exposés aux retombées de l'usine, 11 et 12 ne le sont pas. Par contre il y a eu épandage de composts dans les vignobles 3 et 12.

N°	Cadmium		Plomb		Cuivre	
	Total	Soluble	Total	Soluble	Total	Soluble
	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppm
1	0,32	0,2	20	< 2	53	0,2
3	1,11	0,8	110	< 2	85	0,2
11	0,33	0,2	21	< 2	176	0,8
12	1,27	0,8	117	< 2	147	0,8
Valeurs indicatives (5)						
	0,8	30	50	1000	50	0,7

Vers de terre:

Des vers de terre ont également été prélevés à ces 15 points (extraits par arrosage avec des solutions diluées de formol). De ces échantillons nous avons sélectionné chaque fois que cela était possible les *Lumbricus Terrestris*, espèce qui a la propriété d'accumuler facilement certains métaux lourds et notamment le cadmium (13).

Méthode d'analyse du cadmium:

Après élimination des résidus terreux et rinçage à l'eau (grade Millipore), ces vers de terre ont été lyophilisés puis le résidu pulvérisé. Des prises de 20 mg de cette poudre sont minéralisées à chaud (80°C) avec HNO₃ 65% (grade suprapur). Les solutions obtenues sont complétées à 10 ml avec HNO₃ 0,01 M pour être analysées par absorption atomique.

Résultats:

Les facteurs de concentration obtenus vis-à-vis de la teneur totale des sols correspondants aux prélèvements varient de 5 à 20, conformément à la littérature (14, 15). Par contre, il s'est avéré impossible d'établir des corrélations avec l'exposition des sols, compte tenu de la diversité des terrains présents et surtout de l'impossibilité d'échantillonner l'espèce désirée à chaque prélèvement.

Dans certains cas, nous avons pu constater l'absence manifeste de vers, malgré un retournement répété des sols sur une profondeur de plusieurs dizaines de centimètres. Cet état de fait nous permet de supposer qu'une accumulation excessive de cuivre combinée avec les effets des résidus de pesticides, fongicides... a pu provoquer l'élimination de toute vie animale dans le sol (voir chap. 1).

Raisins:

— Echantillonnage, méthode d'analyse.

Sur plusieurs grappes, nous avons prélevé 10 grains qui ont été lavés avec HNO_3 0,1 M. Nous en avons extrait le jus, puis lyophilisé et broyé la pulpe afin d'obtenir une poudre homogène. La mise en solution se fait avec HNO_3 2 M entre 80 et 100°C (voir plus en détail le chapitre traitant des feuilles).

— Résultats.

Nous ne donnerons pas ici le tableau des résultats obtenus, car les valeurs sont très faibles et il n'en ressort aucune corrélation possible avec les émissions de la cheminée, si ce n'est peut-être avec les eaux de lavage des grains: ces eaux de lavage superficiel du raisin donnent une idée des dépôts de poussière sur leurs surfaces. Ci-dessous, nous donnons à titre indicatif une répartition obtenue pour le cadmium:

extérieur:	60%
pulpe:	15-20%
jus:	15-20%

Ces chiffres peuvent facilement varier si le prélèvement a lieu avant ou après une période de pluie. Les concentrations maximum trouvées dans le jus de raisin ne dépassent pas 2 ppb, concentrations d'ailleurs confirmées par de nombreuses analyses effectuées sur des vins, montrant des teneurs en cadmium ne dépassant pas 4 ppb. Les normes fédérales pour les eaux de boisson sont de 10 ppb (16). Il apparaît donc que le cadmium passe difficilement dans le raisin quelle que soit l'exposition et la qualité du sol.

Feuilles de vigne:

— Méthode d'analyse.

- Les échantillons de feuilles sont lavés avec HNO_3 0,1 M et rincés à l'eau distillée. Après congélation, ces échantillons de feuilles sont lyophilisés puis broyés dans de l'azote liquide avec un mortier. On obtient ainsi une poudre très fine, constituant un milieu homogène.

- Minéralisation: une prise de 30 mg de cette poudre est pesée dans des tubes en polypropylène de 10 ml, puis on ajoute 6 ml de HNO_3 2M. On chauffe au bain marie entre 80 et 100°C pendant quatre heures. Après refroidissement, on introduit 1 ml d'eau oxygénée 30%, on chauffe à nouveau trois heures et on complète à 10 ml avec de l'eau distillée.

- Analyse du cadmium: effectuée par absorption atomique sans flamme (four graphite) avec le programme de température suivant:

TABLEAU 2.

Programme utilisé pour l'analyse par absorption atomique

$\lambda 228,8 \text{ nm}$ injection $20 \mu\text{l}$				
Etape	T°C	t1 sec	t2 sec	ml N ₂ /min
séchage	120	20	10	300
calcination	250	20	30	300
atomisation	1100	0	2	0 ou 50
nettoyage	2700	1	1	300

t1: temps de passage entre 2 étapes.

t2: temps pendant lequel la température est maintenue constante.

Cette méthode de travail a été contrôlée en l'appliquant à l'analyse de 2 standards végétaux:

	valeurs certifiées (ppm)	nos valeurs (ppm)
NBS 1571	Cd = $0,11 \pm 0,02$	$0,08 \pm 0,04$
orchard leaves		
Bowen/kale	Cd = $0,874 \pm 0,15$	$0,86 \pm 0,05$

La bonne corrélation des résultats obtenus permet de conclure que la méthode d'analyse proposée donne de bons résultats.

- Analyse du plomb: le plomb est dosé dans les mêmes solutions mais avec un programme de température un peu différent. Si la précision de la méthode est satisfaisante (son coefficient de variation $cv = 7,5\%$), l'exactitude est bien moins bonne que pour le cadmium: en effet, nous ne retrouvons que 56% des valeurs de standards mais comme cette déviation se produit systématiquement, nous avons utilisé un facteur de correction pour calculer nos résultats.

— Résultats.

Les valeurs obtenues pour Cd et Pb figurent dans le tableau 3.

TABLEAU 3.

Concentrations en cadmium et en plomb dans les feuilles de vignes prélevées à trois dates différentes au cours de l'automne 1986

N°	Zone	Cadmium/ppm			Plomb/ppm		
		23.09.86	10.10.86	25.11.86	23.09.86	10.10.86	25.11.86
1	A	0,23	0,23	0,96	3,4	2,4	10,3
2		—	0,19	0,64	—	1,7	8,2
3		0,13	0,27	0,60	1,3	2,1	5,8
4		—	0,14	0,60	1,3	2,1	5,8
5	B	0,04	0,11	0,35	0,7	1,1	2,5
6		0,13	0,18	0,34	1,4	1,6	5,1
7		0,09	0,08	0,34	1,1	0,9	3,3
8	C	0,02	0,07	0,23	0,3	0,8	3,0
9		0,03	0,13	—	0,9	1,6	—
10		0,02	0,04	0,19	1,1	1,0	3,4
11		0,03	0,05	0,16	0,7	0,6	2,3
12		0,04	0,03	0,14	1,0	0,7	2,1
13		0,04	0,07	0,15	0,9	1,0	2,9
14		0,04	0,06	0,11	1,0	0,6	2,5
15		0,05	0,05	0,11	1,4	1,3	1,8

A la vue de ces résultats, 3 zones sont mises en évidence autour de la cheminée:

- zone située dans un rayon de 1 km,
- zone située telle que $1 < R < 2$ km,
- zone située telle que $R > 2$ km.

Ces zones A, B et C figurent sur la carte (figure 4) et sont très bien mises en relief avec les concentrations en cadmium dans les feuilles du prélèvement le plus tardif.

- zone A $Cd > 0,6$ ppm,
- zone B $0,3 < Cd < 0,4$ ppm,
- zone C $0,1 < Cd < 0,3$ ppm.

• Nous avons dans la figure 5 tracé la courbe reliant la concentration moyenne en cadmium dans les feuilles pour chaque zone A, B, C en fonction de la période de prélèvement de celles-ci (29 septembre 1986, 10 octobre 1986, 25 novembre 1986).

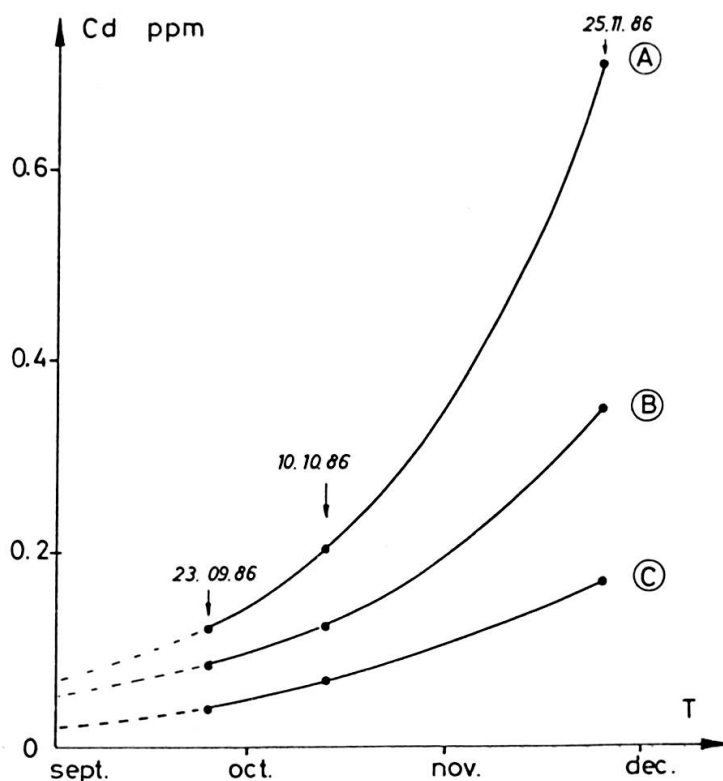


FIG. 5.

Evolution de la concentration en cadmium dans les feuilles de vigne durant les mois d'automne 1986.

- Nous remarquons que la teneur en cadmium augmente de façon spectaculaire surtout entre le 10 octobre et le 25 novembre, période de plus grandes fréquences du brouillard et des inversions de température dans ces régions.
- Nous pouvons aussi remarquer que le niveau de contamination du sol n'a aucune incidence sur la teneur en métaux lourds dans les feuilles.
- Ces constatations apportent la preuve que cette contamination est bien aérienne.
- Les coefficients de corrélation (r^2 Pb/Cd) entre les concentrations en plomb et en cadmium dans les feuilles pour 3 dates différentes sont présentés dans le tableau suivant:

r^2 Pb/Cd	23.9.86	10.10.86	25.10.86
Points 1-7 (fortes valeurs)	0,959	0,806	0,926
Points 1-15 (faibles valeurs)	0,603	0,653	0,710

Pour les points 1-7 ayant les plus fortes concentrations en plomb et en cadmium, les corrélations sont voisines de 1 et nous permettent de dire que la source de contamination est bien la même. On ne peut pas en dire autant pour les points 8-15 où les valeurs sont plus faibles et l'influence de la cheminée moins importante.

3. UTILISATION DES FEUILLES DE CHÊNES COMME BIOINDICATEUR

L'utilisation de feuilles et de divers végétaux en tant que bioindicateurs a fait l'objet de diverses études (17, 18, 19, 20, 21, 22). Dans cette optique, nous avons prélevé différents végétaux disponibles à la fin de l'hiver dans des sites exposés (près de l'usine et sous les vents dominants) et non exposés (région de Laconnex).

Nous avons échantillonné:

- des feuilles de chênes, hêtres, noyers, peupliers et charmillles,
- des aiguilles de pins, if et épicéa,
- des mousses, du lierre ainsi que des feuilles de colza et d'orge.

Les résultats obtenus ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- Les aiguilles de pins, d'ifs et d'épicéas ainsi que les feuilles de lierres n'accumulent pas de manière significative le cadmium.
- Les autres espèces présentent des concentrations 2 à 5 fois supérieures dans la région exposée.

Nous avons retenu parmi ces divers végétaux, les feuilles de chênes et plus précisément les feuilles de l'espèce «*Quercus Sessiliflora*». Ses feuilles restent bien accrochées à l'arbre tout l'hiver et accumulent fortement le cadmium comme la plupart des feuillus. Cette espèce présente aussi l'avantage d'être très répandue dans la région genevoise.

- Echantillonnage.

Nous avons prélevé les feuilles de chênes en 104 points différents, dans un rayon de 4 km autour de l'usine d'incinération. Pour chaque prélèvement, nous avons récolté 20 feuilles situées à une hauteur d'environ 2 m.

- Méthode d'analyse.

Nous avons pratiqué de la même manière que pour les feuilles de vigne (voir ci-dessus).

- Résultats.

Nous avons choisi de présenter nos résultats sous la forme de «disques», dont le diamètre est fonction des concentrations en plomb et cadmium trouvées dans les feuilles. Ces disques sont placés sur la carte de la région centrés sur le point de prélèvement, comme proposé par J. HERTZ et collaborateurs (22).

- Cadmium dans les feuilles de chênes (figure 6).

Les concentrations obtenues ont été réparties selon 6 classes choisies de la manière suivante:

ppm Cd <0,20; 0,20-0,35; 0,36-0,50; 0,51-0,75; 0,76-1,00; >1,00

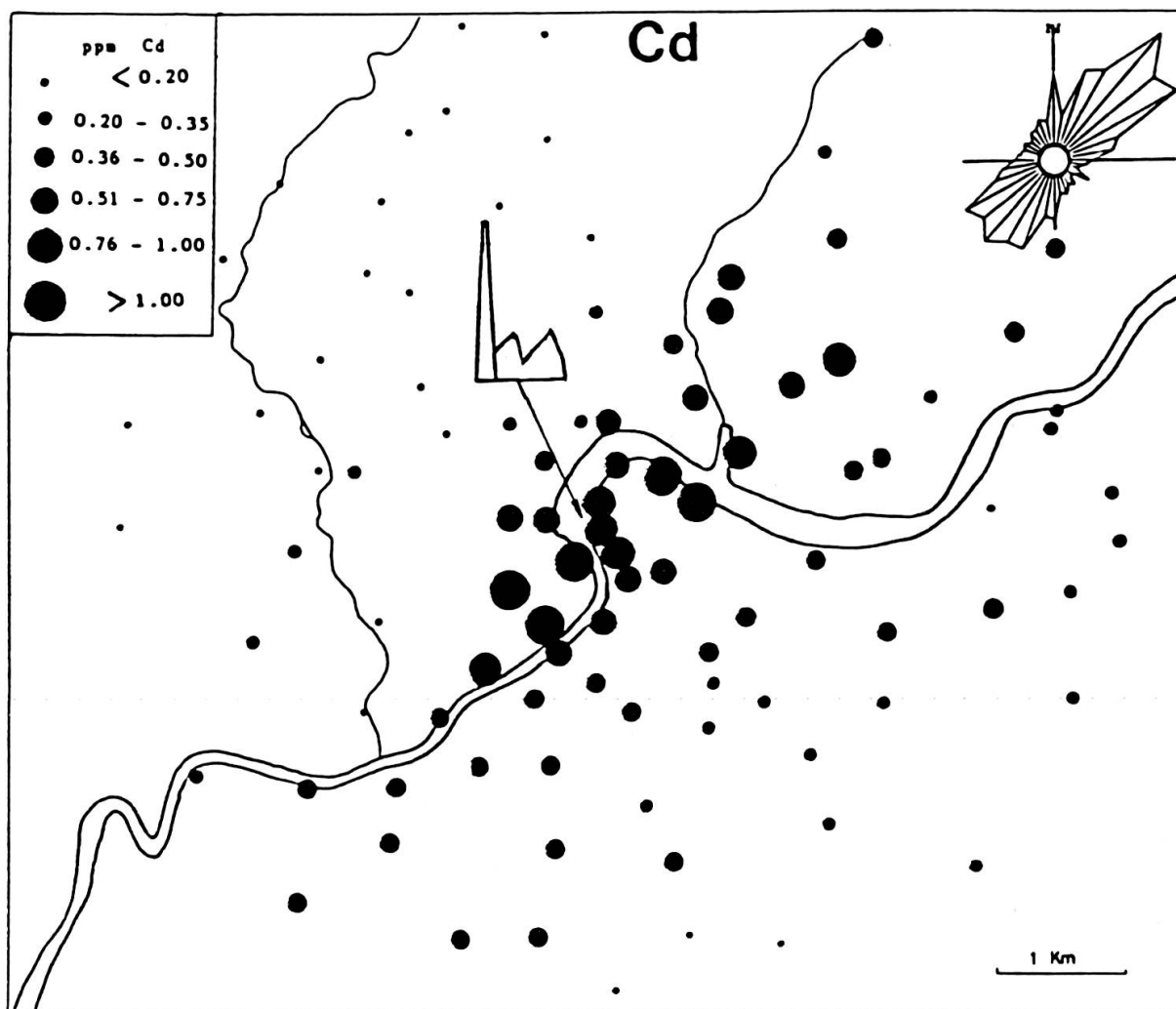


FIG. 6.

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

— Plomb dans les feuilles de chênes (figure 7).

Les concentrations obtenues ont été réparties selon 4 classes choisies de la manière suivante:

ppm Pb < 15 ; 16-25; 26-35; > 35

— Discussion.

On observe que les «zones noires» sont importantes à proximité de la cheminée et disposées selon les directions des vents dominants.

Pour le plomb, l'image des retombées est moins saisissante que celle du cadmium car les sources de contaminations sont multiples et la concentration moyenne dans les feuilles est plus importante. Le rapport des classes de concentrations extrêmes pour le cadmium est voisin de 5, tandis qu'il est d'environ 2,5 pour le plomb.

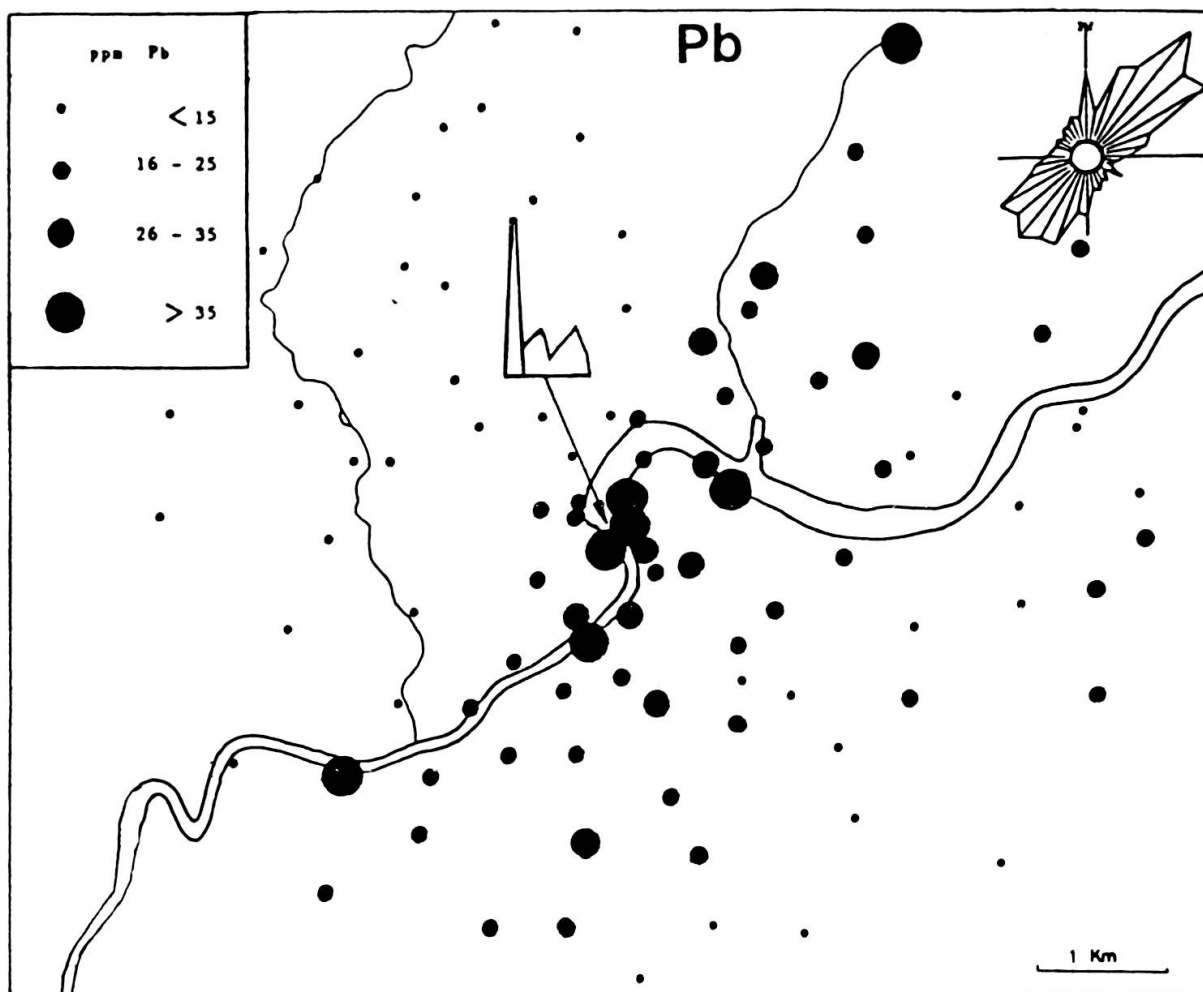


FIG. 7.

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

On peut constater également des concentrations importantes en plomb dans des régions éloignées de l'usine qui peuvent certainement s'expliquer par la présence d'une route à grand trafic proche du point de prélèvement.

Nous avons calculé les corrélations Pb-Cd dans les feuilles: seuls les points à fortes concentrations en plomb et cadmium offrent un indice de corrélation permettant de dire que la source de pollution est unique ($r^2 = 0,855$ pour 7 points à fortes concentrations). Par contre, pour les autres points à plus faibles concentrations, aucune corrélation n'est possible, indiquant par là, la diversité des sources de contamination.

4. CONCLUSION

Nous avons porté un intérêt tout particulier au cadmium. En effet ce métal devrait se trouver en quantité relativement faible dans l'environnement, contraire-

ment aux autres métaux tels que le plomb, zinc, cuivre... Cet état de fait nous a permis de mettre en évidence avec plus de facilité les retombées de la station d'incinération et suivre de façon saisonnière son impact sur la végétation.

Les cartes tracées à partir de feuilles de chênes en tant qu'indicateur, ne sont que le reflet des zones contaminées en métaux lourds par l'usine d'incinération et ne permettent pas d'évaluer avec précision la masse des retombées et le niveau de contamination de l'air ambiant.

Ces cartes ont l'avantage d'être établies rapidement grâce à la méthode d'analyse décrite. Elles permettent de déterminer les zones de pollution les plus importantes et d'envisager une étude plus approfondie des sites les plus contaminés ou présentant un risque éventuel pour les habitants et leur environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ROLLIER, M. 1980: «Incinération des ordures ménagères et protection de l'air», pp. 44-66, Symposium Luftreinhaltung beim verbrennen von Hausmüll, Soleure 16-17 octobre 1980.
- [2] QUINCHE, J. P. 1984: «La contamination du sol par les métaux lourds aux environs d'une station d'incinération d'ordures ménagères». *Bull. ARPEA*, 22-27.
- [3] CANDREVA, F., G. VERMEIER, M. NAGELS and R. DAMS. 1985: «Heavy metals: atmospheric deposition around a municipal incineration plant in Belgium», pp. 197-205, dans Chemistry for protection of environment, 1985, de L. PAWLOWSKI, G. ALAERTS and W. LACY. Coll. Studies in environmental sciences No. 29, Ed. Elsevier, London.
- [4] LITTLE, P., M. H. MARTIN. 1972: «A survey of zinc, lead and cadmium in soil and natural vegetation around a smelting complex». *Environ. Pollut.* 3, 241-254.
- [5] Ordonnance sur les polluants du sol (OSOL), 1986. Edité par la Chancellerie fédérale.
- [6] BRUEMMER, G. W., J. GERTH, U. HERMS. 1986: «Heavy metal species, mobility and availability in soils».
- [7] HANI, H., S. GUPTA. 1984: «Reasons to use neutral salt solutions to assess the metal impact on plant and soils», pp. 42-48, dans Chemical methods for assessing bio-available metals in sludges and soils, de R. LESCHER, R. D. DAVIS and P. L'HERMITE. Ed. Elsevier Applied Science Publishers London and New York (1985).
- [8] Société Suisse de Pédologie, 1985: «Sol, bien vital menacé?». Ed. Sauerländer.
- [9] FISHBEIN, L. 1984: «Overview of analysis of carcinogenic and/or mutagenic metals in biological and environmental samples: Arsenic, beryllium, cadmium, chromium and selenium». *Inter. J. environ. Anal. Chem.* 17, 2.
- [10] HANI, H., S. GUPTA. 1985: «Chemical methods for the biological characterization of metal in sludge and soil», pp. 157-167, Processing and use of organic sludge and liquid agricultural wastes, P. L'HERMITE. Ed. Reidel Publishing Company.
- [11] HEMKES, O. J., A. KEMP and L. W. BROEKHOVEN. 1980: «Accumulation of heavy metals in the soil due to annual dressing with sewage sludge».

- [12] SOON, Y. K. 1981: «Solubility and sorption of cadmium in soils amended with sewage sludge». *J. Soil Sci.*, 32, 85-95.
- [13] WRIGHT, M. A., A. STRINGER. 1980: «Lead, zinc and cadmium content of earthworms from pasture in the vicinity of an industrial smelting complex». *Environ. Pollut.* (series A) 23, 313-321.
- [14] ANDERSEN, C. 1979: «Cadmium, lead and calcium content, number and biomass, in earthworms (lumbricidae) from sewage sludge treated soil». *Pedobiologia*, 19, 309-319.
- [15] MA, Wei-Chun. 1982: «The influence of soil properties and worm related factors of the concentration of heavy metals in earthworms». *Pedobiologia*, 24, 109-119.
- [16] Ordonnance sur les denrées alimentaires, 1985. Edité par la Chancellerie fédérale.
- [17] MANNING, W. H., W. A. FEDER. 1980: «Biomonitoring air pollutants with plants», Applied Science Publishers.
- [18] MARTIN, M. H., P. J. COUGHTREY. 1982: «Biological monitoring of heavy metal pollution», Applied Science Publishers.
- [19] VLAMIS, J. *et al.* 1985: «Zinc and cadmium uptake by barley in field plots fertilized seven years with urban and suburban sludge». *Soil Science*, 139, No. 1, 81-87.
- [20] DAVIS, R. D., C. CARLTON-SMITH. 1980: «Crops as indicators of significance of contamination of soil by heavy metals». Technical Report 140, Water Research Centre, Stevenage Laboratory.
- [21] RICKS, G. R. and R. J. H. WILLIAMS. 1974: «Effects of atmospheric pollution on deciduous woodland. Part 2: Effects of particulate matter upon stomatal diffusion resistance in leaves of *Quercus petraea*». *Environ. Pollut.*, 6, 87-109.
- [22] HERTZ, J., I. SCHMID and THOENI. 1984: «Monitoring of heavy metals in airborne particles by using mosses collected from the city of Zürich». *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, 17, vol. 1.