Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 32 (1979)

Heft: 1-3

Artikel: L'isotope 137Cs utilisé comme dateur de la pollution des sédiments lacustres

Autor: Favarger, Pierre-Yves / Vernet, Jean-Pierre

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739894

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: 15.07.2025

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

L'ISOTOPE ^{137}Cs UTILISÉ COMME DATEUR DE LA POLLUTION DES SÉDIMENTS LACUSTRES

PAR

Pierre-Yves FAVARGER et Jean-Pierre VERNET [1]

ABSTRACT

A method for dating pollution by means of ^{137}Cs fallout from nuclear explosions into the sediment has been tested in 3 lakes of western Switzerland. The method involves determining the sedimentation rate in grams of dry sediment per surface unit per year and was applied to 6 large diameter cores. Two of them were dated precisely, one with a lesser precision and 3 with minimal or maximal dates because of very high or very low sedimentation rates. Pollution was estimated by the concentrations in the sediments of 2 to 7 trace metals and of 1 or 2 nutrients. The results indicate that sediment enrichment in heavy metals began before the 1930's, slightly increased until 1972 and has been decreasing since then. Nutrient enrichement of the sediment started around 1900 and kept growing steadily until the present time.

I. INTRODUCTION

Ce travail a été effectué dans le cadre d'un projet de recherche soutenu par le Fonds national suisse de la recherche scientifique auquel les auteurs expriment leur gratitude.

Les essais nucléaires dans l'atmosphère au cours des années soixante sont la cause d'une des pollutions les plus graves à l'échelle de la planète. Nous leur devons cependant aujourd'hui de disposer d'un excellent outil de travail pour déterminer l'âge des sédiments récents: le ^{137}Cs.

En effet, les retombées radioactives provoquées par ces essais présentent des variations annuelles et en particulier un maximum assez net pour le ^{137}Cs correspondant à 1963. A quelques mois près, ce maximum se constate également dans les sédiments (PENNINGTON, 1973; RITCHIE et al., 1975). Cela permet, si l'on connaît la quantité de matière déposée depuis cette date, de calculer le taux de sédimentation annuel moyen (RAVERA et al., 1971).

[1] Laboratoire de Limnogéologie, Université de Genève, 10, route de Suisse, CH-1290 Versoix.

Le présent travail concerne 6 carottes prélevées dans 3 lacs de Suisse occidentale, et débitées sur place en tranches horizontales de ½, de 1 puis 2 cm d'épaisseur. Les quatre premières proviennent du Léman, la cinquième du lac de Joux et la der-

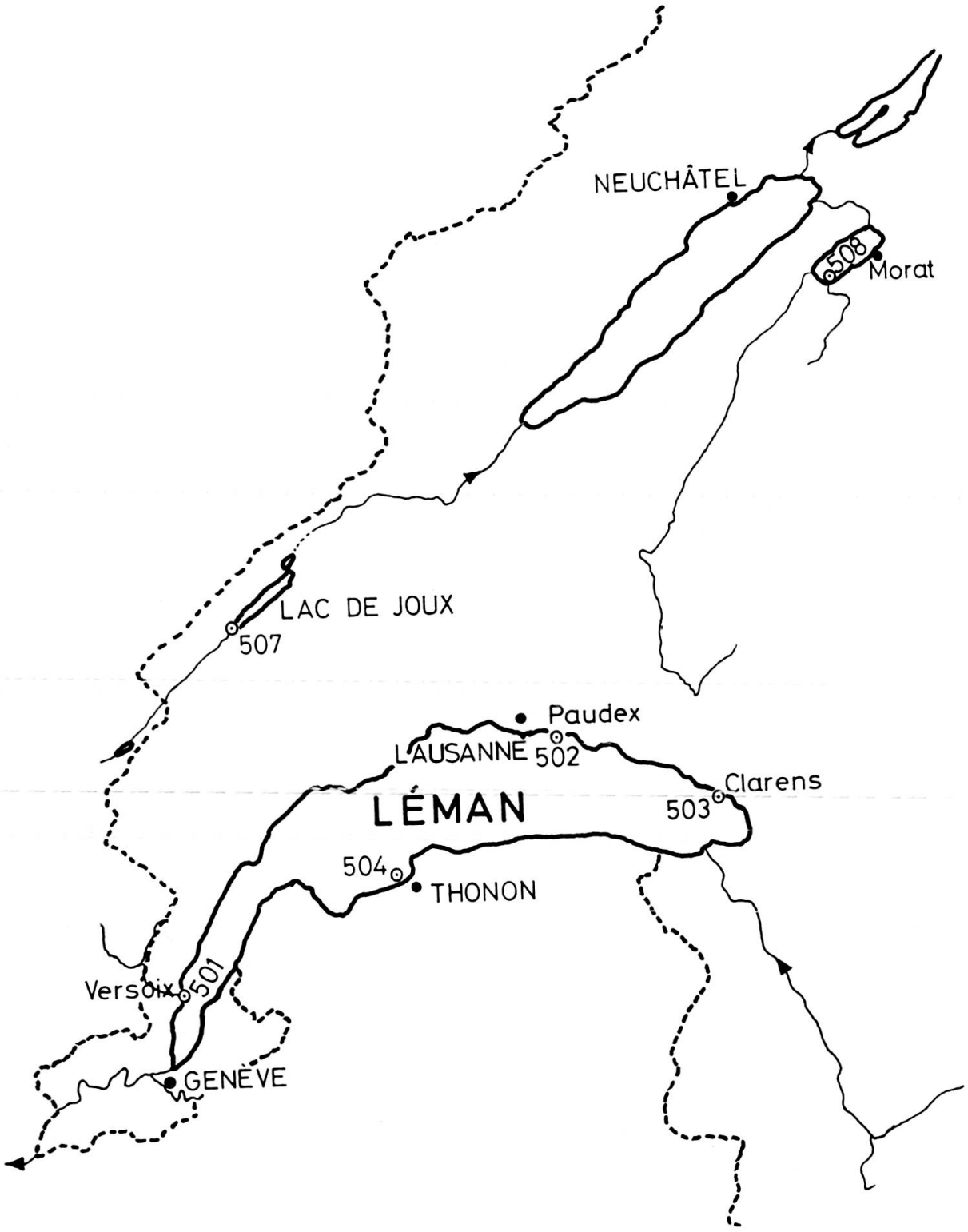


FIG. 1

nière de celui de Morat (fig. 1). Comme on le voit au tableau I, l'emplacement du maximum de ^{137}Cs n'a pu être précisé que dans deux cas (Thonon et Morat). Pour les autres lieux de prélèvement, ce pic se trouve soit dans la première (Joux), soit dans la dernière tranche (Versoix et Paudex) ce qui ne nous permet d'avancer pour le taux de sédimentation qu'une valeur minimum ou maximum, respectivement. Enfin, pour la carotte prélevée à Clarens, le pic du ^{137}Cs semble être situé entre les deux tranches du sommet.

TABLEAU 1. — *Caractéristiques des 6 carottes*

N° — Localisation	Bathymétrie (m)	Longueur (cm)	Taux de sédimentation	
			(cm/an)	(g/cm²/an)
501 — Versoix	18	14,3	⩾ 1,0	⩾ 0,53
502 — Paudex	20	32	⩾ 2,33	⩾ 1,0
503 — Clarens	17	36	env. 0,08	env. 0,04
504 — Thonon	20	41	0,18	0,067
507 — Lac de Joux	7	29	⩽ 0,04	⩽ 0,03
508 — Lac de Morat	17	40	1,0	0,43

Outre la teneur en eau et celle en ^{137}Cs, nécessaires à la datation, les paramètres suivants ont été déterminés sur chaque échantillon: teneur en Hg, en Cd, en carbone organique et en $CaCO_3$. D'autres métaux lourds ainsi que l'azote selon Kjeldahl ont également été dosés sur certaines carottes.

2. MÉTHODES

2.1. *Prélèvement et échantillonnage*

Le prélèvement est effectué par des plongeurs au moyen d'un carottier de 19 cm de diamètre. Cet appareil a subi plusieurs modifications au cours de la campagne de prélèvement, mais il est resté très simple et peu coûteux. La figure 2 représente la version qui nous a paru la mieux adaptée, tant en ce qui concerne le carottier lui-même que le matériel servant à extruder et à échantillonner les carottes.

L'extrusion et le débitage en tranches ont lieu dès le retour sur la rive. Dans la règle, on prélève d'abord 10 à 15 tranches de ½ cm d'épaisseur, puis 10 à 15 tranches de 1 cm et enfin des tranches de 2 cm.

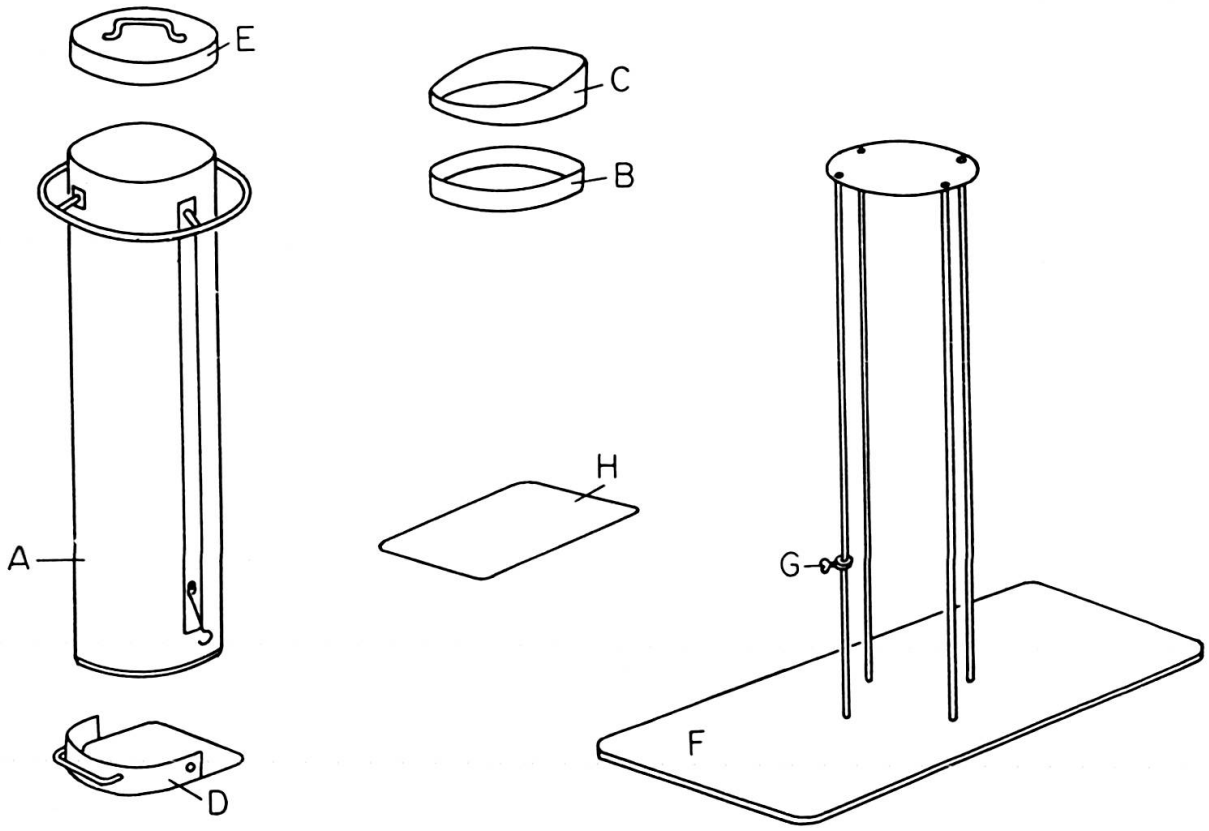


FIG. 2. — Les éléments (A), (B) et (C) sont découpés dans du chlorure de polyvinyle dur pour canalisations, diamètre int. 19 cm, épaisseur 0,4 cm. — A) Carottier muni d'une poignée circulaire, de deux barrettes-guide et de deux crochets inférieurs en fer; longueur optilale: 50 cm. — B) Anneau de 2 cm permettant de maintenir l'échantillon sur la plaque (H) au moment du débitage. — C) Anneau en biseau à fixer au sommet du carottier par du ruban adhésif souple (ajustement éventuel du plan de débitage au plan de l'interface eau/sédiment). — D) Fermeture inférieure à fixer aux crochets. — E) Fermeture supérieure. — F) Statif-extrudeur dont un des pieds est gradué par ½ cm. — G) Arrêt — H) Plaque en « resossel » (ou autre matériau non-métallique mince et rigide) servant de guillotine pour le débitage.

2.2. *Préparation des échantillons*

Dès le retour au laboratoire, chaque échantillon est pesé, homogénéisé et divisé en trois parties:

1) 2 à 5 g pour déterminer la teneur en eau après sèchage à 100° C pendant 15 heures. Le résultat est exprimé en rapport pondéral: matière sèche divisée par la masse totale.

2) 8 à 10 g sont conservés à l'état humide à 2-3° C pour la détermination des formes du phosphore et l'étude palynologique (ces deux domaines feront l'objet de publications ultérieures).

3) Le reste est tamisé à 63μ, la fraction fine est séchée en étuve ventilée à 50° C, puis broyée. Elle sert à tous les autres dosages.

2.3. *Mesure du ^{137}Cs*

Comme précédemment (VERNET et al., 1975), cette mesure est effectuée au moyen d'un détecteur γ Na (Tl) de grande dimension couplé à un analyseur RCL à 400 canaux. Le ^{137} Cs est mesuré dans la bande d'énergie de 590 à 750 KeV. Trois autres bandes, correspondant aux rayonnements émis par ^{232}Th, par ^{40}K et par ^{226}Ra sont également mesurées. On peut ainsi calculer la radioactivité de ces quatre isotopes au moyen d'une matrice 4×4 inversée. Nous n'avons cependant pas tenté d'interpréter les résultats correspondant aux trois derniers radioisotopes car ils n'avaient apporté aucune information décisive au cours d'une étude préliminaire (COSANDEY, travaux non publiés).

En outre, plusieurs échantillons dont la teneur en ^{137}Cs n'aurait apporté aucune information utile pour la datation n'ont pas été mesurés (exemple: échantillons n° 6-9-12-14-16-17 de la carotte 502, fig. 6). Les résultats sont exprimés en picocurie par gramme de sédiment (pCi/g). 1 picocurie = 2,22 désintégrations par minute. Limite de détection entre 0,1 et 0,5 pCi/g, suivant la masse de sédiment à disposition et le bruit de fond.

2.4. *Taux de sédimentation et datation*

La plupart des calculs et tous les diagrammes sont effectués au moyen de matériel « Tektronix »: calculatrice « GS 4051 » et plotter « 4662 ».

Cote en g/cm². La cote inférieure en cm, c'est-à-dire la profondeur de la base de chaque tranche sur l'échelle des distances, n'est utilisée que pour la présentation graphique des résultats. Pour les calculs, on utilise la cote inférieure en g/cm² qui représente en fait la quantité de matière sèche sédimentée:

$$C_n = \sum_{i=1}^{n} (m_i \cdot r_i/283{,}5) \quad \text{où:}$$

C_n = cote inférieure de la tranche « n » (g/cm²)

m_i = masse totale humide de la tranche « i » (g)

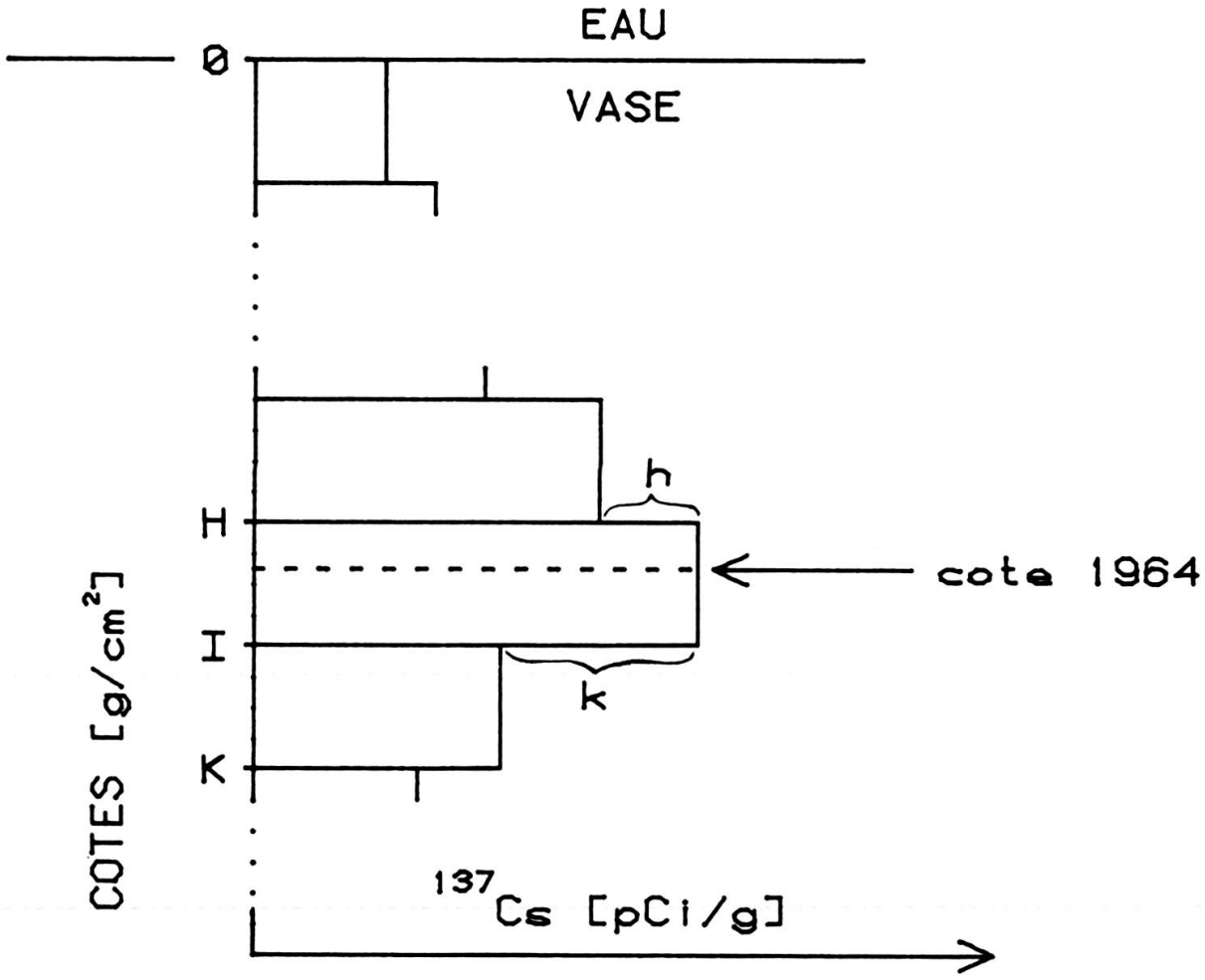
r_i = rapport pondéral (matière sèche/matière totale) pour la tranche « i »

283,5 = section du carottier (cm²)

Cette méthode présente un avantage supplémentaire: tous les calculs sont basés sur la masse des tranches, paramètre beaucoup plus facile à préciser que l'épaisseur.

Cote 1964 (fig. 3). Il est difficile de préciser quelle date exacte doit être mise en relation avec le maximum en ^{137}Cs dans les sédiments. Il semble pourtant (RITCHIE et al., 1976 et 1973) que la date la plus probable se situe entre 1963 et 1964. Quoique la méthode de datation utilisée ici ne permette pas une très grande précision, il serait dommage d'augmenter encore l'erreur en négligeant cette information ainsi que celle fournie par la date exacte du carottage. Par conséquent, nous admettons arbi-

trairement que le maximum en ^{137}Cs dans les sédiments correspond au 1er janvier 1964 (cote 1964).



$$\text{Cote } 1964 = I-(I-H)\frac{k-h}{2(hmaxk-1)}$$

où "hmaxk" = valeur maximum entre "k" et "h".

FIG. 3

Trois cas peuvent se produire, suivant la position de l'échantillon présentant ce maximum:

A) Cet échantillon est au moins le deuxième, et au plus l'avant-dernier de la carotte (exemple: Thonon et lac de Morat, fig. 8 et 10). En première approximation, son centre correspond à la cote 1964. Il est néanmoins possible de gagner un

peu de précision sur cette cote comme indiqué à la figure 3 (intrapolation linéaire) en utilisant également les teneurs en ^{137}Cs des deux échantillons adjacents.

B) L'échantillon présentant la teneur maximum en ^{137}Cs est le premier de la carotte (tranche superficielle). Le plan passant entre les deux premières tranches représente soit la cote 1964, soit une cote plus ancienne (exemple: lac de Joux, fig. 9).

C) Cet échantillon est le dernier de la carotte (tranche inférieure). La cote qui se trouve entre les deux derniers échantillons correspond donc à 1964, ou à une date plus récente (exemple: Versoix et Paudex, fig. 5 et 6).

Enfin, la carotte de Clarens (fig. 7) qui relève théoriquement du cas (B) présente en fait une teneur en ^{137}Cs pratiquement identique dans les deux premières tranches. On peut donc admettre que la cote 1964 se trouve approximativement entre ces deux échantillons.

Le *taux de sédimentation* en g/cm²/an s'obtient simplement en divisant la cote 1964 par le nombre d'années séparant le 1er janvier 1964 de la date du prélèvement.

Enfin, la *datation* résulte d'une intrapolation ou d'une extrapolation de ce taux de sédimentation sur l'échelle des g/cm².

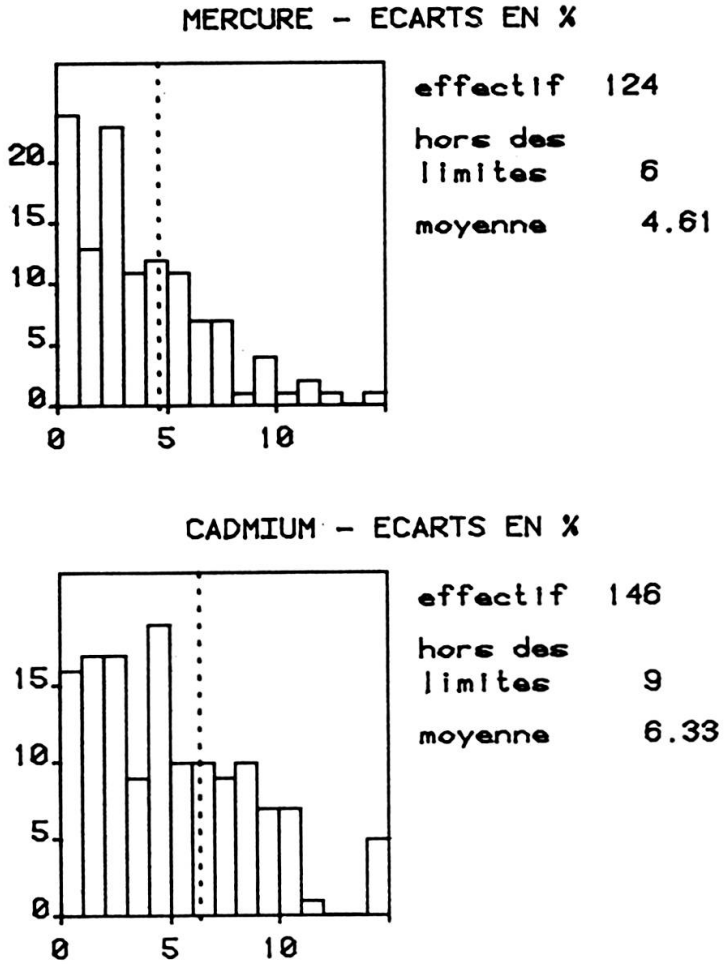


FIG. 4

2.5. *Méthodes chimiques*

Sauf indication contraire, tous les réactifs sont de qualité « pour analyse ».

Mercure et cadmium : Pour ces éléments, deux analyses par échantillon sont tout d'abord effectuées avec deux prises variant si possible du simple au double. En cas de non-concordance des deux résultats, l'analyse de l'échantillon est répétée une ou plusieurs fois. La figure 4 donne un exemple d'un contrôle effectué en routine: histogrammes des écarts en % par rapport à la moyenne sur les deux premières analyses.

2.5.1. *Mercure*

Attaque du sédiment. Il s'agit d'une version modifiée des méthodes de JONASSON et al. (1973) et de JOHNSTON [1]. Dans une bouteille de 270 ml à col rodé, en verre borosilicate et graduée par 25 ml, peser 1 à 2 g de sédiment à 1 mg près. Ajouter 5 ml de HNO_3 conc. (65%) puis 2 ml de HCl conc. (32%). Bien mouiller tout le sédiment. Prévoir, outre les standards internes ou externes, un essai à blanc pour 10 analyses. Munir les bouteilles de réfrigérants à air de 30 cm, et mettre au bain-marie (94 à 97° C) pendant 1 h¼ (le fond des bouteilles doit tremper de 2 à 3 cm dans l'eau du bain). Ajouter ensuite de l'eau déminéralisée jusqu'à la graduation 100 ml et laisser les bouteilles pendant au moins 20 minutes dans le courant de la chapelle de ventilation pour éliminer les vapeurs nitreuses et les vapeurs de chlore. Si le dosage du cadmium est prévu, prélever 1 ml de solution à cet effet.

Mesure. Elle est effectuée dans les mêmes bouteilles que l'attaque, selon les méthodes de HATCH & OTT (1968) et de JONASSON et al. (1973): absorbtion atomique en vapeur froide au moyen de l'appareil « PERKIN-ELMER-COLEMAN MAS 50 ». Ajouter 1,5 ml de KMnO 5% (MERCK N° 5084) puis 5 ml de NH_2OH 6% + NaCl 6%, et enfin 5 ml de solution de $SnCl_2$. Brancher immédiatement la bouteille à l'appareil de mesure et relever la déviation maximum de l'aiguille. Préparation de la solution de $SnCl_2$: dissoudre à chaud 117 g de $SnCl_2.2H_2O$ dans 50 ml de HCl 32% et compléter à 1000 ml avec de l'eau déminéralisée.

Lavage. La bouteille est immédiatement lavée puis rincée trois fois à l'eau en la remplissant totalement (pour chasser les vapeurs de mercure pouvant subsister), une fois par 10-20 ml de HNO_3 conc. dilué par 3 parties d'eau déminéralisée, à nouveau trois fois à l'eau et enfin à l'eau déminéralisée.

Remarques :

— La moyenne des deux analyses est acceptée comme résultat si son écart d'avec les mesures individuelles ne dépasse pas 5% (ou 10 ppb pour les résultats inférieurs à 150 ppb). Limite de détection retenue: 30 ppb.

---

[1] Laura M. JOHNSTON (1974), communication orale.

— Dans la règle, il faut travailler avec des standards préparés comme les échantillons, mais en routine on peut se contenter d'établir une droite d'étalonnage au moyen de standards préparés dans un mélange acide adéquat (5% de HNO_3 conc. et 2% de HCl conc. dans l'eau démin.). Prévoir en outre un standard supplémentaire toutes les 10 mesures.

— Pour certains échantillons riches en matière organique, il est parfois nécessaire d'augmenter la dose de $KMnO_4$ pour que la coloration violette subsiste; effectuer dans ce cas un blanc avec une dose correspondante. Ces échantillons produisent parfois une mousse surabondante menaçant d'envahir l'appareil de mesure lorsqu'on branche la bouteille au système de barbottage. Dans ce cas, il faut rajouter, juste avant le branchement, une goutte d'alcool n-octylique (agent anti-mousse).

— En 1975, la contamination en mercure de l'acide chlorhydrique MERCK « pour analyse » a brutalement augmenté, passant de moins de 5 ppb à 25 ou 50 ppb, voire davantage suivant les lots. Il convient donc d'éviter de mélanger ceux-ci au cours d'une même série d'analyses, ou bien d'utiliser la qualité « suprapur » (très coûteuse).

— Le $KMnO_4$ peut également provoquer des contaminations. Pour les éviter, préparer ce réactif en doses d'au moins un litre dont on n'utilise que les $^9/_{10}{}^e$ supérieurs après une nuit de décantation.

— L'appareil « MAS 50» utilisé ne permet pas de mesurer avec précision des quantités de Hg supérieures à 2μg. Il faut donc, le cas échéant, répéter l'analyse avec une prise plus faible. Si le sédiment est très contaminé, on effectue des prises de 100 mg ou inférieures. Dans ce cas, il est nécessaire d'effectuer au moins 4 analyses par échantillon, le mercure n'étant pas réparti de façon suffisamment homogène dans le sédiment pour que deux prises si faibles puissent donner, même après splittage, un résultat représentatif.

— Toute bouteille ayant contenu plus de 1 μg de Hg est lavée, remplie de HNO_3 conc. dilué par 3 parties d'eau pour permettre la désorption du mercure et abandonnée au moins 24 heures.

2.5.2. *Cadmium*

Cet élément est également dosé par absorption atomique, au moyen d'un équipement « PERKIN-ELMER »: spectromètre modèle « 400 » à double faisceau et compensateur au deutérium, lampe à décharge sans électrode et four graphite « HGA 74 ».

Dans un tube à essais en polystyrène de 5 ml, prélever, après décantation, 1 ml de la solution d'attaque préparée pour le dosage du mercure (voir ci-dessus). Injecter 20 μl de cette solution dans la cellule du four et atomiser selon le programme suivant: séchage, 60 sec. à 90° C; calcination, 25 sec. à 300° C; atomisation 10 sec. à 1650° C.

Débit du gaz porteur interne (argon): 100 ml/min. au moment de l'atomisation. Les autres conditions sont celles recommandées par le fabricant de l'appareil [1].

Remarques :

— La réponse de l'appareil n'est linéaire que jusqu'à 0,5 unités d'absorption environ. Au-delà de cette valeur (correspondant à env. 30 ppb en Cd dans la solution, soit 3 ppm dans le sédiment pour une prise de 1 g) les résultats sont particulièrement dispersés. Dans ce cas, il faut injecter un moindre volume (10 µl), ou diluer.

— L'injection dans l'appareil doit se faire de la manière la plus régulière possible, et c'est le même opérateur qui doit effectuer l'étalonnage et les mesures.

— Passer un standard toutes les 10 mesures (contrôle), et établir au moins 2 droites d'étalonnage par jour. Si les 2 pentes correspondantes sont trop différentes, il est préférable de refaire toutes les mesures.

— On peut aussi utiliser de l'azote (repurifié) comme gaz porteur, mais les résultats sont beaucoup plus dispersés. En outre, les cellules graphite durent moins longtemps avec ce gaz (50 à 200 atomisations, contre 300 à 500 avec l'argon).

— Certains échantillons ont également été dosés après une mise en solution complète par $HF/HClO_4$. Cette technique donne des résultats plus faibles et plus dispersés. Le même phénomène a été constaté pour d'autres métaux lourds dont la concentration dans les sédiments est faible; une étude détaillée de la question est en projet.

— La moyenne des deux mesures est acceptée comme résultat si l'écart entre celle-ci et une des mesures est inférieur à 10%, ou 15 ppb pour les résultats à 150 ppb. Limite de détection: 50 ppb. Cette limite pourrait être abaissée sans difficulté, mais le domaine d'étalonnage linéaire en serait réduit d'autant pour les fortes concentrations en cadmium; en outre, sur plus de 1000 échantillons de sédiments lacustres ou fluviatiles dosés à ce jour par notre laboratoire, moins de 10 ont donné un résultat égal ou inférieur à 50 ppb.

2.5.3. *Autres métaux lourds*

Carotte du lac de Morat (fig. 10). Le même appareillage que pour le cadmium est utilisé pour les éléments suivants: Pb et Mo (ce dernier élément pour quelques échantillons seulement) avec le four graphite, et Cr, Cu et Zn dans une flamme air-acétylène.

Carotte de Clarens (fig. 7). Dans le cadre du groupe GEOLEM, 14 éléments trace de cette carotte ont été dosés par un spectromètre d'émission à arc électrique dans les laboratoires du « Bureau de Recherches Géologiques et Minières » à Orléans. Nous en avons retenu quatre (Pb, Cr, Cu et Zn), les autres présentant un

[1] PERKIN-ELMER (1972): littérature d'application.

intérêt moindre pour ce travail, ou n'étant pas dosables par cette méthode avec un seuil de détection suffisamment bas.

2.5.4. *Carbone et azote*

Carbone inorganique. La seule forme dosée est le $CaCO_3$ (forme très largement dominante) par volumétrie gazeuse (JAQUET et al., 1971).

Carbone organique. (abréviation: « C org. » ou « C o. »). Ce dosage est en fait une oxydabilité au $K_2Cr_2O_7$ en milieu H_2SO_4/H_3PO_4 à chaud, en présence de $AgSO_4$ (catalyseur) (GAUDETTE et al., 1974). Résultat exprimé en % de C élémentaire.

Azote (abréviation: « NKj. » ou « NK. »). Cet élément est dosé par la méthode de KJELDAHL (1883) après désagrégation du sédiment (1 g) pendant 45 min. à 330° C dans le mélange suivant: perhydrol 30% 5 ml, H_2SO_4 conc. 7 ml. K_2SO_4 7 g et Se 7 mg. On obtient ainsi les formes réduites de l'azote organique plus l'azote ammoniacal (c'est-à-dire pratiquement l'azote total, dans le cas des sédiments lacustres). Résultat exprimé en % d'azote élémentaire; limite de détection inférieure à 0,01%.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour chaque carotte, les données et résultats numériques sont stockés sur bande magnétique et exploités par un programme graphique en langage « basic » (fig. 5 à 10). Ce programme offre les options suivantes:

— nombre d'éléments à représenter par figure

— forme graphique de chaque représentation: « créneaux » (la plus utilisée), « ligne brisée » (Mo, fig. 10) ou « escaliers » (^{137}Cs).

3.1. *Versoix (fig. 5)*

En raison de la faible longueur de cette carotte et du taux de sédimentation élevé (prélèvement proche de l'embouchure de la Versoix) la cote 1964 réelle n'est pas atteinte.

Mercure et cadmium : On note au cours de ces dernières années une nette diminution des taux de contamination en Hg et dans une moindre mesure en Cd.

Carbone : Les teneurs plus élevées des échantillons superficiels en C organique peuvent être dues à une moindre minéralisation; cependant, le $CaCO_3$ augmente lui aussi au voisinage de la surface ce qui laisse supposer que l'eutrophisation croissante n'est pas étrangère à cette évolution.

Pour cette carotte et la suivante, le maximum en mercure se situe vers la cote 1971-1972. Cette date correspond pour le Rhône valaisan au maximum de conta-

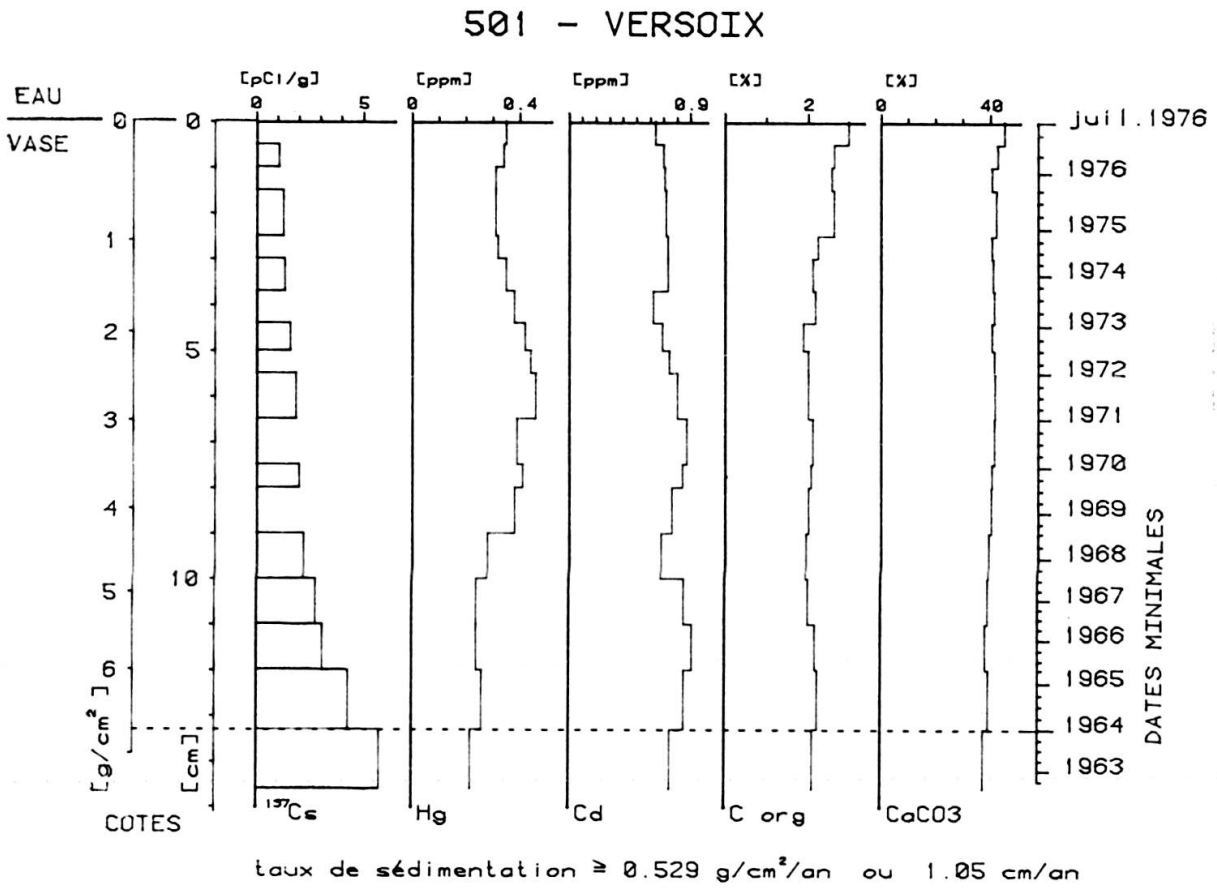


FIG. 5

mination (VERNET et al., 1976); on peut donc penser que la cote 1964 de ces deux carottes n'a été manquée que de peu.

3.2. *Paudex (fig. 6)*

Carotte prélevée à quelques centaines de mètres de la rive. On y retrouve de nombreux débris végétaux terrestres (feuilles) ce qui explique le taux de sédimentation particulièrement élevé.

3.3. *Clarens (fig. 7)*

En raison d'un biseau de plus de 2 cm, le sommet de cette carotte n'a pas été débité en tranches de 0,5 cm (les anneaux biseautés, fig. 2*c*, sont de conception postérieure à ce prélèvement). Il en résulte une imprécision des taux de sédimentation et de la datation. En effet, l'apparition de plusieurs contaminations semble curieusement hâtive (Pb vers 1925, Cu en 1600 et Hg en 1820 environ). Il est donc probable que le taux de sédimentation soit plus proche de 0,05 g/cm²/an que de 0,08, ce qu'un échantillonnage plus fin du sommet de la carotte aurait sans doute fait apparaître.

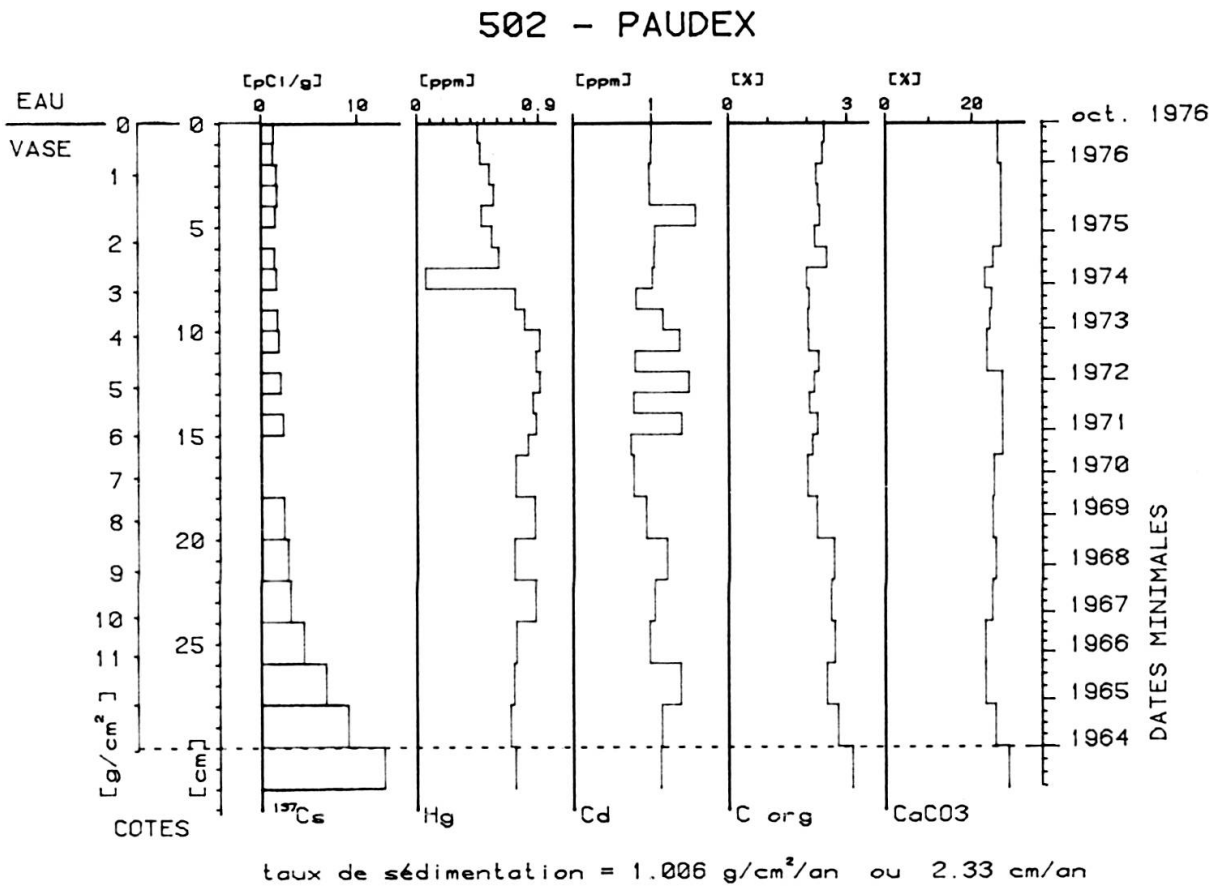

502 - PAUDEX
EAU
VASE
[pCi/g]
[ppm]
[ppm]
[%]
[%]
oct. 1976
1976
1975
1974
1973
1972
1971
1970
1969
1968
1967
1966
1965
1964
DATES MINIMALES
[g/cm²]
[cm]
COTES
137Cs
Hg
Cd
C org
CaCO3
taux de sédimentation = 1.006 g/cm²/an ou 2.33 cm/an

FIG. 6

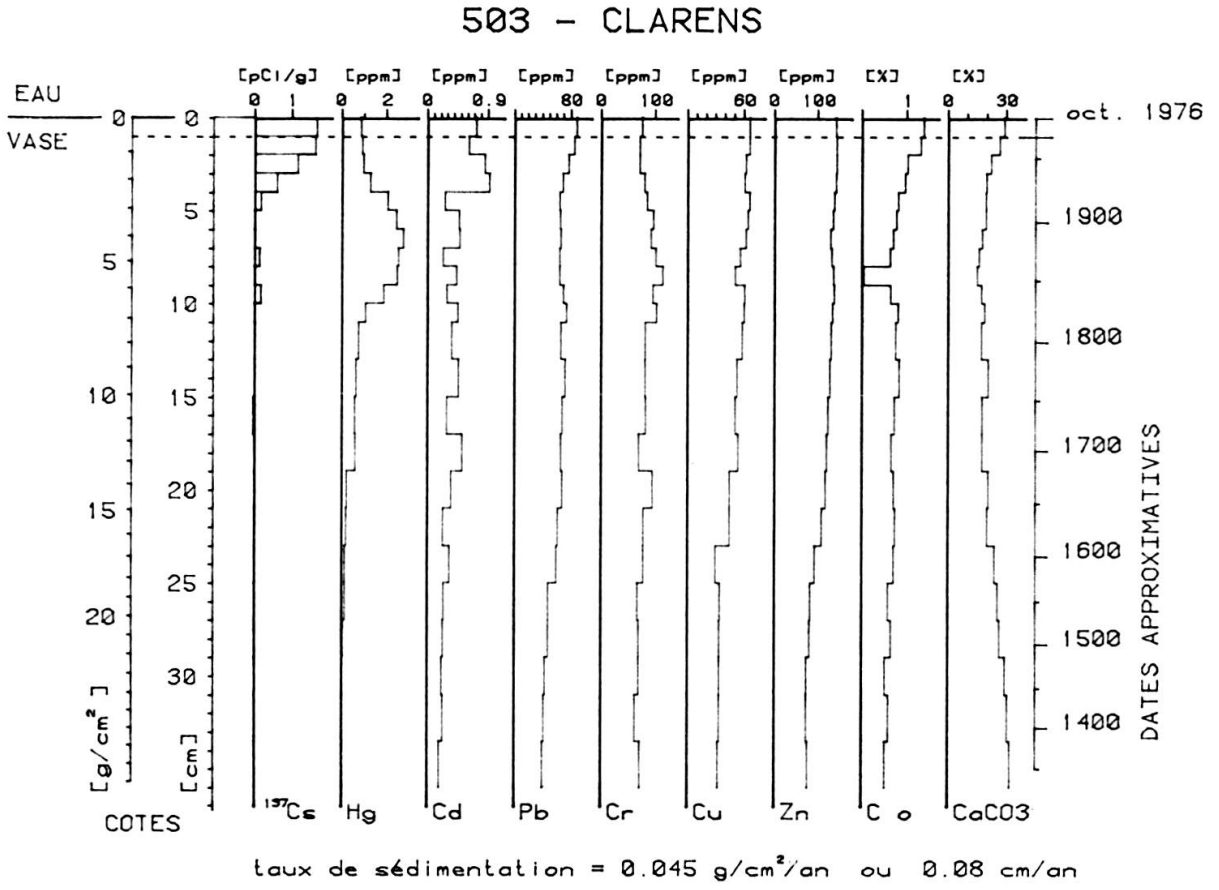

503 - CLARENS
EAU
VASE
[pCi/g]
[ppm]
[ppm]
[ppm]
[ppm]
[ppm]
[ppm]
[%]
[%]
oct. 1976
1900
1800
1700
1600
1500
1400
DATES APPROXIMATIVES
[g/cm²]
[cm]
COTES
137Cs
Hg
Cd
Pb
Cr
Cu
Zn
C o
CaCO3
taux de sédimentation = 0.045 g/cm²/an ou 0.08 cm/an

FIG. 7

3.4. *Thonon (fig. 8)*

Cette carotte est la première qui présente un pic de ^{137}Cs bien distinct. On note cependant un maximum secondaire (cote 5 cm) qui correspond également à de fortes teneurs en Hg, Cd et carbone organique. Il est possible qu'un glissement sous-lacustre ait produit un redoublement de série sédimentaire. Entre 1920 et 1940, certaines teneurs augmentent fortement: les facteurs d'augmentation par rapport au siècle passé sont de l'ordre de 20 pour le *mercure*, de 4 pour le *cadmium* et de 2 pour le *carbone organique*.

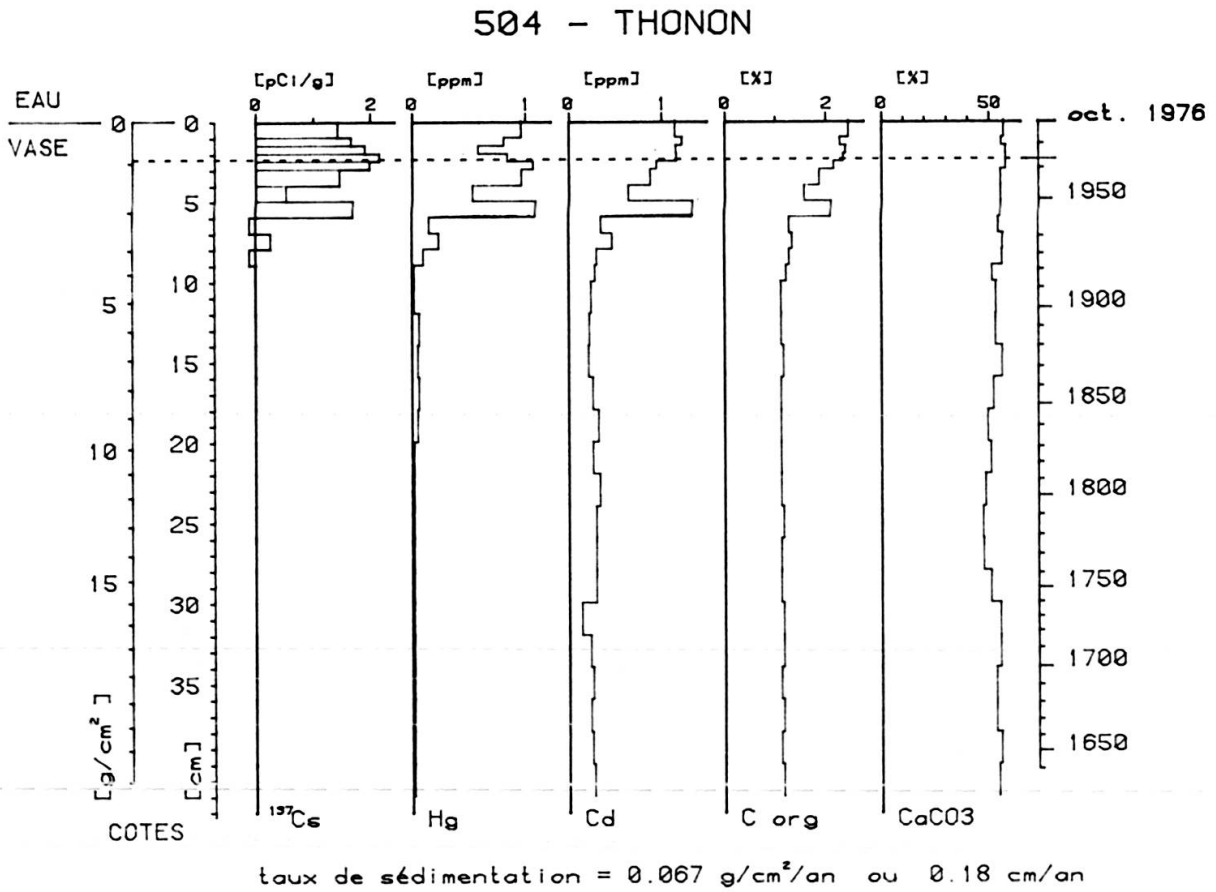


FIG. 8

3.5. *Lac de Joux (fig. 9)*

Du fait des grandes fluctuations de niveau de ce lac (env. 5 m) il est très probable que le sédiment ait été soumis à certaines phases d'érosion ce qui explique le faible taux de sédimentation obtenu. La datation est donc purement théorique et ne correspond certainement pas à la réalité.

Mercure: Les teneurs de 0,05-0,06 ppm (cote 10-12 cm) sont à rapprocher de la teneur élevée en $CaCO_3$ (95%). Si l'on considère que ce dernier ne fixe pratiquement pas les métaux lourds, cette contamination en mercure n'est pas négligeable.

La même remarque est valable pour le *cadmium* des premiers centimètres.

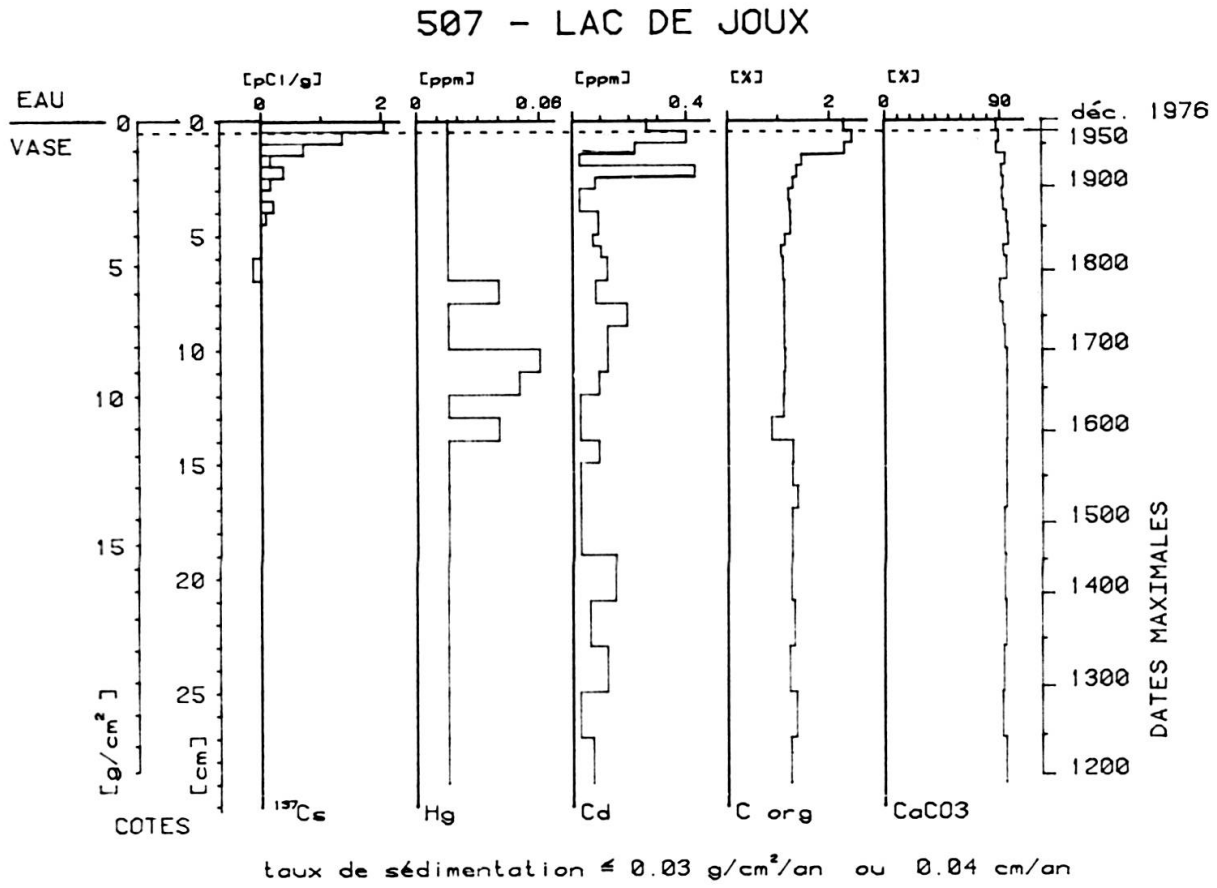


FIG. 9

3.6. *Lac de Morat (fig. 10)*

Cette carotte présente un profil de ^{137}Cs excellent. Elle fait l'objet d'une étude palynologique séparée (in VERNET et al., 1978) qui permet de tester la technique de datation.

Mercure : Croissance de la contamination dès 1930, puis stabilisation jusque vers 1972. Ensuite, légère augmentation qui ne persiste pas au-delà de 1974. En 1976, la teneur redescend en dessous de 0,1 ppm.

Cadmium : La teneur monte régulièrement jusqu'en 1950-1960 puis se stabilise et diminue même légèrement.

Plomb et cuivre : Lente augmentation jusqu'en 1950-1960 puis stabilisation.

De manière générale, les contaminations en Hg, Cd, Pb, Cr, Cu et Zn sont peu marquées.

Molybdène : Pour cet élément, seuls certains échantillons ont été dosés d'où le choix de l'option « ligne brisée » pour la représentation graphique. On remarque une augmentation constante dès 1967.

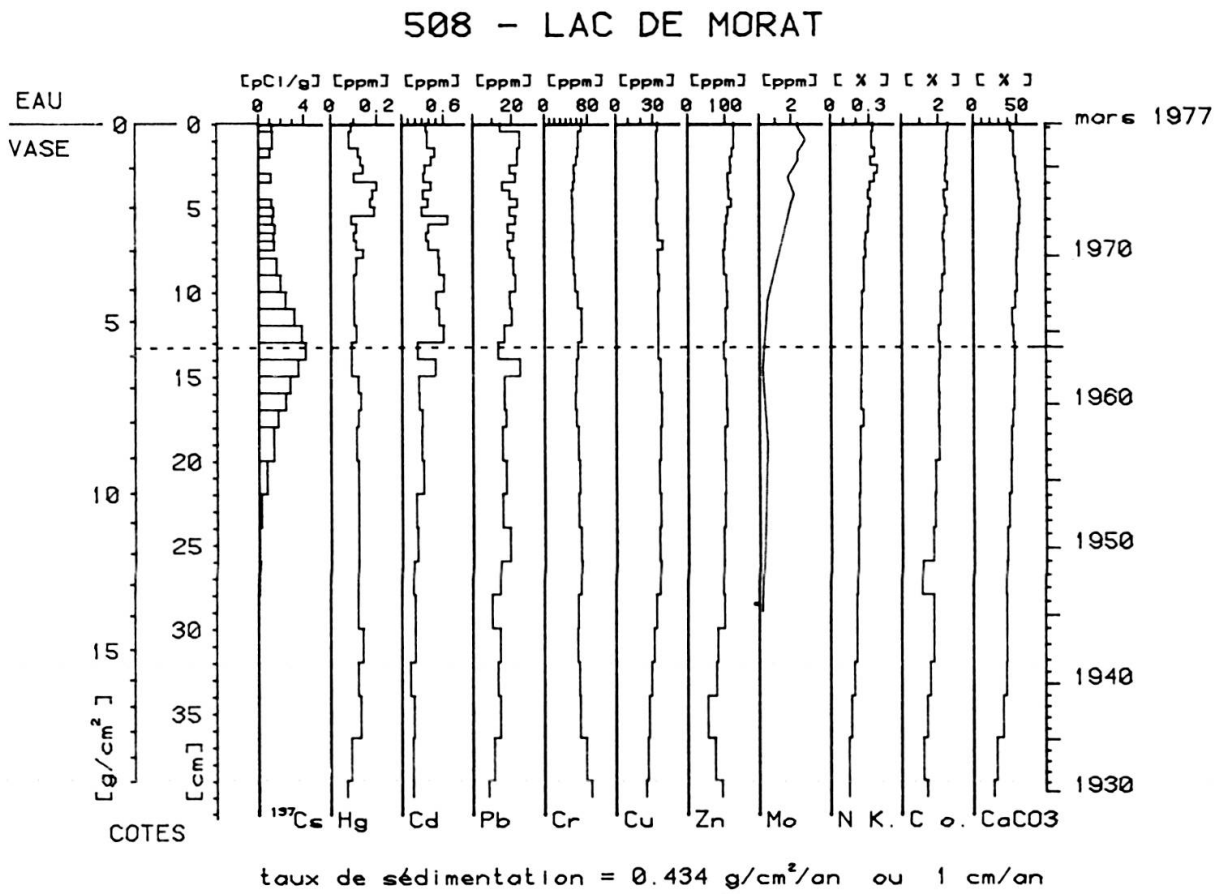


FIG. 10

4. CONCLUSIONS

Ce travail permet de bien se rendre compte des possibilités de la méthode de datation à l'isotope ^{137}Cs (carotte de Morat, fig. 10), mais aussi des difficultés dues au milieu naturel car nous n'avons rejeté aucune des carottes étudiées.

Cette méthode ne présente d'intérêt que si le ^{137}Cs ne migre pas dans la colonne sédimentaire, hypothèse qui se trouve vérifiée sur des carottes du lac de Bienne par NYFFELER (1975) au moyen d'un autre isotope, le ^{210}Pb. Nous avons obtenu la même conclusion sur une carotte du lac de Morat, mais par une toute autre méthode: l'analyse sporo-pollinique (VERNET et al., 1978).

Il semble donc certain qu'en milieu lacustre le ^{137}Cs reste fixé aux particules de sédiment alors qu'en milieu marin le doute subsiste (VERNET et al., 1977).

Le taux de sédimentation est très variable spatialement dans un même bassin: 0,04 g/cm²/an à Clarens et plus de 1 g/cm²/an à Paudex, soit un facteur supérieur à 25. La méthode de datation au ^{137}Cs est donc précise et excellente pour déterminer le taux de sédimentation récent.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à exprimer leur reconnaissance aux personnes suivantes:

le professeur A. DONATH, responsable du service cantonal genevois de contrôle des irradiations et M. M. GENEQUAND, qui les ont aimablement accueillis dans leurs laboratoires et les ont aidés de leurs précieux conseils pour la mesure du ^{137}Cs;

les plongeurs ayant réalisé les prélèvements, en particulier le Dr C. LANG, zoologiste au service de la conservation de la faune du canton de Vaud, qui a effectué seul la plupart des carottages.

BIBLIOGRAPHIE

GAUDETTE, H. E., W. R. FLIGHT, L. TONER and D. W. FOLGER 1974. An Inexpensive Titration Method for the Determination of Organic Carbon in Recent Sediments. *J. Sedim. Petrol.* 44, 249-253.

HACH, W. R. and W. L. OTT 1968. Determination of Sub-Microgram Quantities of Mercury by Atomic Absorption Spectroscopy. *Anal. Chem.* 40, 2085-2087.

JAQUET, J.-M., J.-P. VERNET et J.-M. FERRARI 1971. Détermination quantitative par volumétrie de la calcite et de la dolomite dans les roches. *Arch. Sc. Genève* 24, 259-284.

JONASSON, I. R., J. J. LYNCH and L. J. TRIP 1973. Mercury in Ores, Rocks, Soils, Sediments and Water. *Geol. Surv. Can. Paper* 73-21.

KJELDAHL, J. 1883. A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. *Z. Anal. Chem.* 22, 366.

NYFFELER, U. 1975. Kurzzeitdatierung der Bielerseesedimente Anhand von Pb-210 und Cs-137. Lizentiatsarbeit, Anorg. Chem. Institut der Universität Bern, 73 p.

PENNINGTON, W., R. S. CAMBRAI and E. M. FISCHER 1973. Observations on Lake Sediments Using Fallout Cs-137 as a tracer. *Nature* 242, 324-326.

RAVERA, O. and G. PREMAZZI 1971. A Method to Study the History of Any Persistant Pollution in a Lake by the Concentration Cs-137 from Fallout. IN: Radioecology applied to the Protection of Man and his Environment, Comm. Europ. Communities, *Publ. Biol. Directorate* 679, 1-16.

RITCHIE, J. C. and J. R. MCHENRY 1976. A Rapid Method for Determining Recent Deposition Rates of Freshwater Sediments. Sil-UNESCO, Symposium on Interaction between Sediments and Freshwater, Amsterdam.

RITCHIE, J. C., J. R. MCHENRY and A. C. GILL 1973. Dating Recent Reservoir Sediments. *Limnol. Oceanogr.* 18, 254-263.

RITCHIE, J. C., P. H. HAWKS and J. R. MCHENRY 1975. Deposition Rates in Valleys Determined Using Fallout Cesium-137. Geol. *Soc. Amer. Bull.* 86, 1128-1130.

VERNET, J.-P., E. DAVAUD, M. COSANDEY et J. BERLIE 1975. Analyse de la radioactivité gamma des sédiments des lacs Léman et de Morat. *Eclogae Geol. Helv.* 68, 87-96.

VERNET J.-P., P.-Y. FAVARGER and C. REYNAUD 1978. Sedimentation Rates in Lakes Morat, Joux and Léman Computed by Means of Both ^{137}Cs and Pollen-Analysis Methods. INTERCOL, Second International Congress of Ecology, Jerusalem.

VERNET, J.-P., F. RAPIN, P.-Y. FAVARGER et F. FERNEX 1977. Contamination des sédiments marins (Côte d'Azur) par les métaux lourds Hg et Pb. *Rev. Int. Oceanogr. Med.* Tome XLVII, 91-95.