

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 19 (1966)
Heft: 2

Artikel: Évolution paléoclimatologique des sédiments du lac Léman
Autor: Serruya, C. / Vergnaud-Grazzini, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-739330>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

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

ÉVOLUTION PALÉOCLIMATOLOGIQUE DES SÉDIMENTS DU LAC LÉMAN

PAR

C. SERRUYA¹ et C. VERGNAUD-GRAZZINI²

Dans le cadre d'une étude générale des sédiments du lac Léman entreprise par l'une de nous (C. S.), la carotte Léman 44, qui peut être considérée comme type des sédiments côtiers, fait l'objet d'une étude que nous présentons ici.

La carotte Léman 44 a été prélevée au carottier à piston Züllig par 32 m de fond à l'ouest de Thonon-les-Bains.

ÉTUDE SÉDIMENTOLOGIQUE

Tous les caractères sédimentologiques de cette carotte présentent une variation rapide vers 150 cm.

De 0 à 150 cm, le sédiment est strié de laminations noires correspondant à un enrichissement périodique en monosulfures.

Au-dessous de 150 cm le facies se modifie: les microstrates noires disparaissent totalement et le sédiment devient plus compact et plus clair. Vers 440 cm, le sondage atteint une formation très grossière à graviers.

La séparation granulométrique sous l'eau à 40 microns nous montre que la fraction grossière ne dépasse pas 2%. La teneur en eau³ voisine de 150% jusqu'à 50 cm décroît ensuite jusqu'à 60%. Le pouvoir réducteur⁴ suit une évolution parallèle et passe de 2% à 0,4 %.

La courbe granulométrique accuse une augmentation de la fraction grossière qui atteint 10% à 320 cm et 20 à 30% au-delà. Le quartz y domine, mais on trouve aussi d'abondants carbonates, des micas, de l'épidote, de l'amphibole, du zircon, etc.

A l'augmentation granulométrique correspond une décroissance de la teneur en eau qui tombe à 20%. Le pouvoir réducteur est stable vers 0,3%. La partie fine

¹ Centre de Recherches géodynamiques, 74 Thonon.

² Laboratorio di Geologia nucleare, 22 via Santa Maria, Pisa.

³ La teneur en eau est exprimée en pourcentage par rapport au poids sec de l'échantillon.

⁴ Le pouvoir réducteur a été mesuré par la méthode d'Anne.

contient de 20 à 50 % de carbonate, du quartz, des feldspaths, des micas, des argiles, illite et chlorite principalement.

Ces caractéristiques indiquent que les couches superficielles se sont déposées dans un milieu riche en matière organique et à saisons alternées, alors que les sédi-

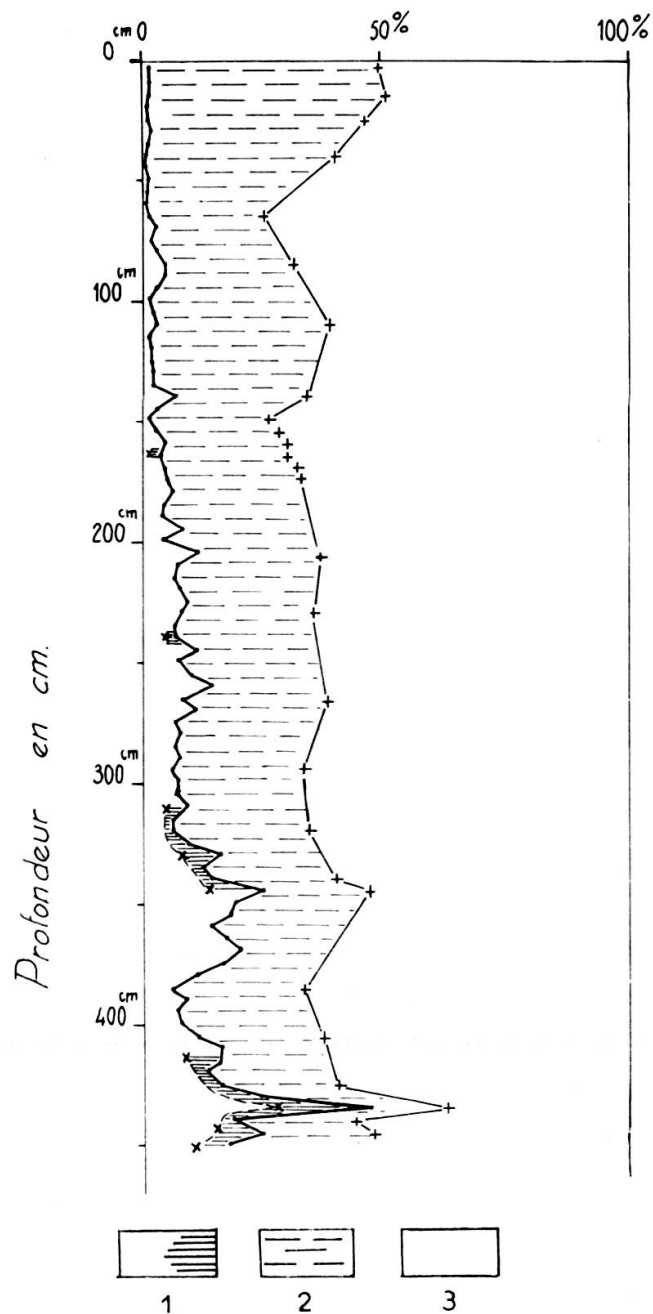


Fig. 1.

Répartition granulométrique des minéraux.

- 1: Fraction où les grains sont supérieurs à 40μ . La partie hachurée représente le calcaire grossier. La zone blanche la fraction grossière non calcaire.
- 2: Fraction calcaire à grains inférieurs à 40μ (calcaire fin).
- 3: Fraction fine non calcaire.

ments sous-jacents se sont formés dans un milieu plus pauvre en matière organique, plus oxydant et à saisons peu marquées (C. SERRUYA 1966).

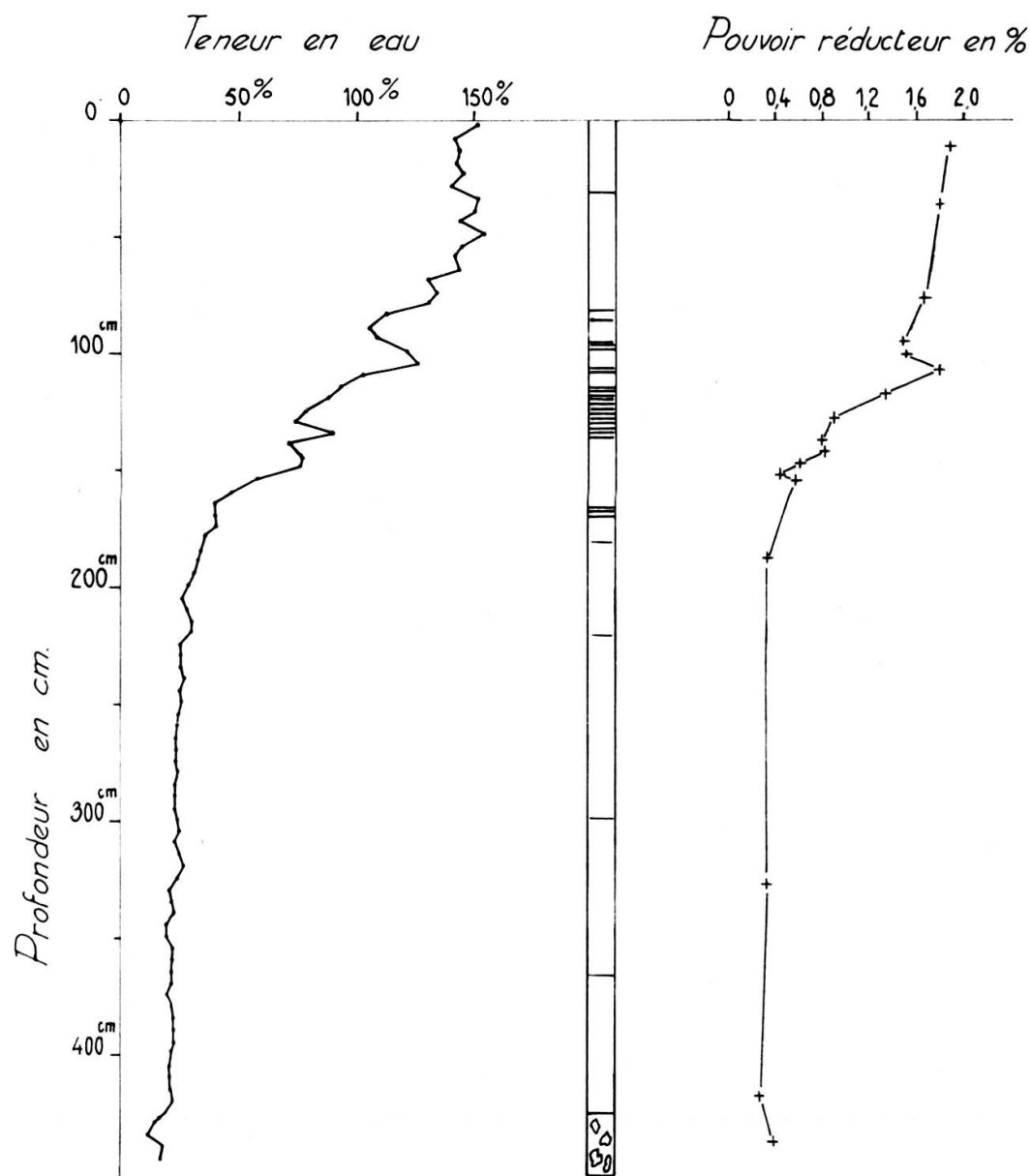


Fig. 2.

Coupe de la carotte 44. Teneur en eau et pouvoir réducteur.

Les déterminations palynologiques confirment cette idée: en effet, jusqu'à 200 cm, le sondage recoupe une formation boréale puis traverse le Préboréal jusqu'à 350 cm et entre alors dans les sédiments du Dryas.

Une telle série tardiglaciaire et postglaciaire a été retrouvée dans toutes les carottes côtières aussi bien sur la rive française que sur la rive suisse (C. SERRUYA, J. SAUVAGE 1966). Il faut noter la faible épaisseur des sédiments récents ou actuels qui échappent aux carottiers ordinaires et ne peuvent être prélevés qu'avec un échantillonneur de surface de type Mortimer-Jenkins.

Problème du carbonate de calcium.

Les sédiments du lac Léman étant généralement assez calcaires, nous nous sommes spécialement appliquées à déterminer les propriétés et l'origine du carbonate de calcium; les conclusions de cette étude sont à la fois d'ordre sédimentologique et paléoclimatologique.

Variations de la calcimétrie (fig. 2).

Nous avons dosé le calcaire d'une part sur la fraction fine et d'autre part sur certains niveaux de la fraction grossière

Calcaire fin :

Dans les premiers 20 cm, le calcaire fin représente 50 % de la fraction fine; étant donné le faible pourcentage de la fraction grossière on peut dire que ce calcaire fin constitue la moitié du sédiment total.

Puis ce pourcentage diminue; de 20 cm à 340 cm, le calcaire fin ne représente pas plus de 25 à 30 % du sédiment total à l'exception du niveau 100-110 cm où on arrive à 36 %. Enfin de 340 cm à 450 cm le calcaire fin ne correspond plus qu'à 20 à 25 % du sédiment total avec un minimum de 15 % à 435 cm.

Calcaire grossier :

Dans la partie supérieure de la carotte, le calcaire grossier est pratiquement inexistant. Puis son importance croît avec la profondeur; par rapport au sédiment total, il représente: 1,7 % à 162 cm, 2,75 % à 310 cm, 11 % à 342 cm, 19 % à 434 cm et 8 % à 450 cm.

THERMOLUMINESCENCE ¹

Nous avons constaté que les sédiments du Léman présentait des pics de thermoluminescence de la calcite, d'intensité variable. Une étude systématique de ce phénomène a été entreprise et nous avons réalisé une vingtaine d'enregistrements sur les sédiments de la carotte Léman 44.

La figure 3 donne, avec quelques-unes des courbes, l'évolution générale du phénomène. Le pic principal observé est le pic de la calcite à 270° C (pic A). Un autre pic correspondant au pic 380° C de la calcite (pic C) se rencontre dans tous les enregistrements; mais l'intensité de ce pic est certainement influencée par le broyage auquel ont été soumis les échantillons (DEBENETTI 1958, FORNACA-RINALDI, TONGIORFI 1960, D'ALBISSIN 1963).

¹ Les mesures de thermoluminescence et les analyses isotopiques ont été effectuées au Laboratoire de Géologie nucléaire de Pise.

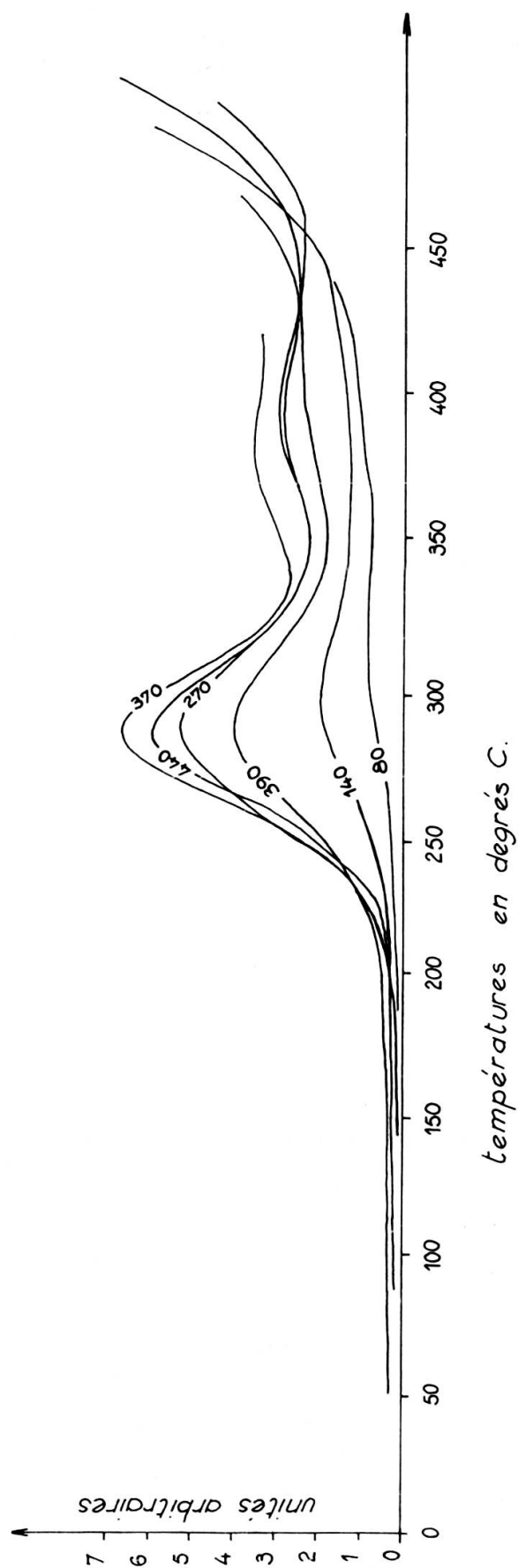


Fig. 3.

Variation du pic 270° C de la calcite le long de la carotte 44.
Les nombres figurés sur les courbes représentent en centimètres la profondeur des niveaux étudiés.

Si nous reportons sur un système d'axes la surface des pics 270°C déduite par planimétrie, en fonction de la profondeur, nous voyons que les points se répartissent en deux groupes très distincts et que la coupure se situe vers 150 cm (fig. 4). Les

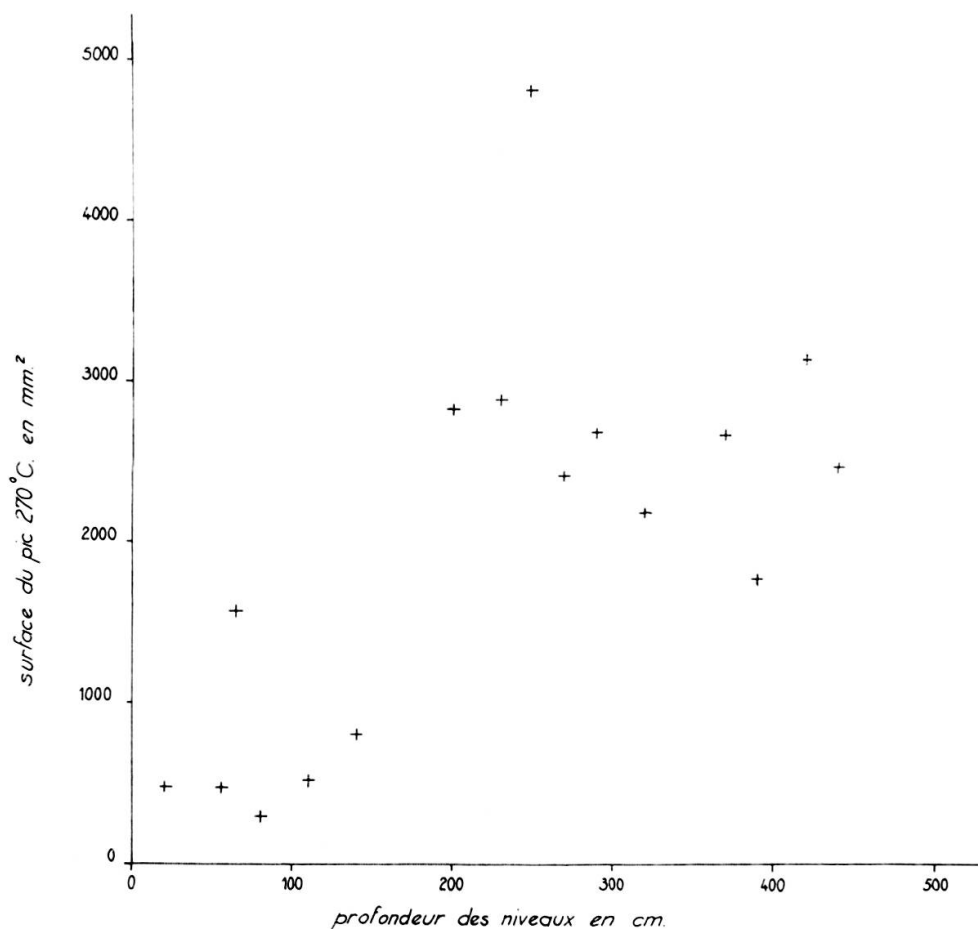


Fig. 4.

Diagramme de la surface des pics de thermoluminescence en fonction de la profondeur des niveaux.

niveaux inférieurs à 150 cm ont des pics très faibles, tandis que pour les pics des niveaux supérieurs à 150 cm, on trouve une intensité environ trois fois plus forte. Il n'existe pas de valeur de transition entre ces deux groupes de résultats; on a donc un passage assez brutal d'un type de sédimentation à un autre.

On peut donner de ces observations l'interprétation qui suit: au Dryas, les glaces provenant de cette dernière avancée froide ont apporté une quantité importante de matériaux détritiques, pour partie calcaires. En fondant, les glaces ont déposé pêle-mêle ces matériaux. La fraction calcaire provient essentiellement de l'érosion des formations calcaires alpines; la thermoluminescence qu'elle présente est donc « héritée ». Puis lors de la disparition des glaces, la fraction déritique a progressivement diminué alors que le réchauffement climatique permettait la formation de

calcaire de précipitation chimique ou biochimique qui peu à peu devint prépondérant. Ce calcaire néo-formé ne présente donc pas de phénomène de thermoluminescence et les pics d'enregistrement des niveaux supérieurs ont une faible intensité. Cette interprétation concorde avec les résultats obtenus pour les carbonates biochimiques

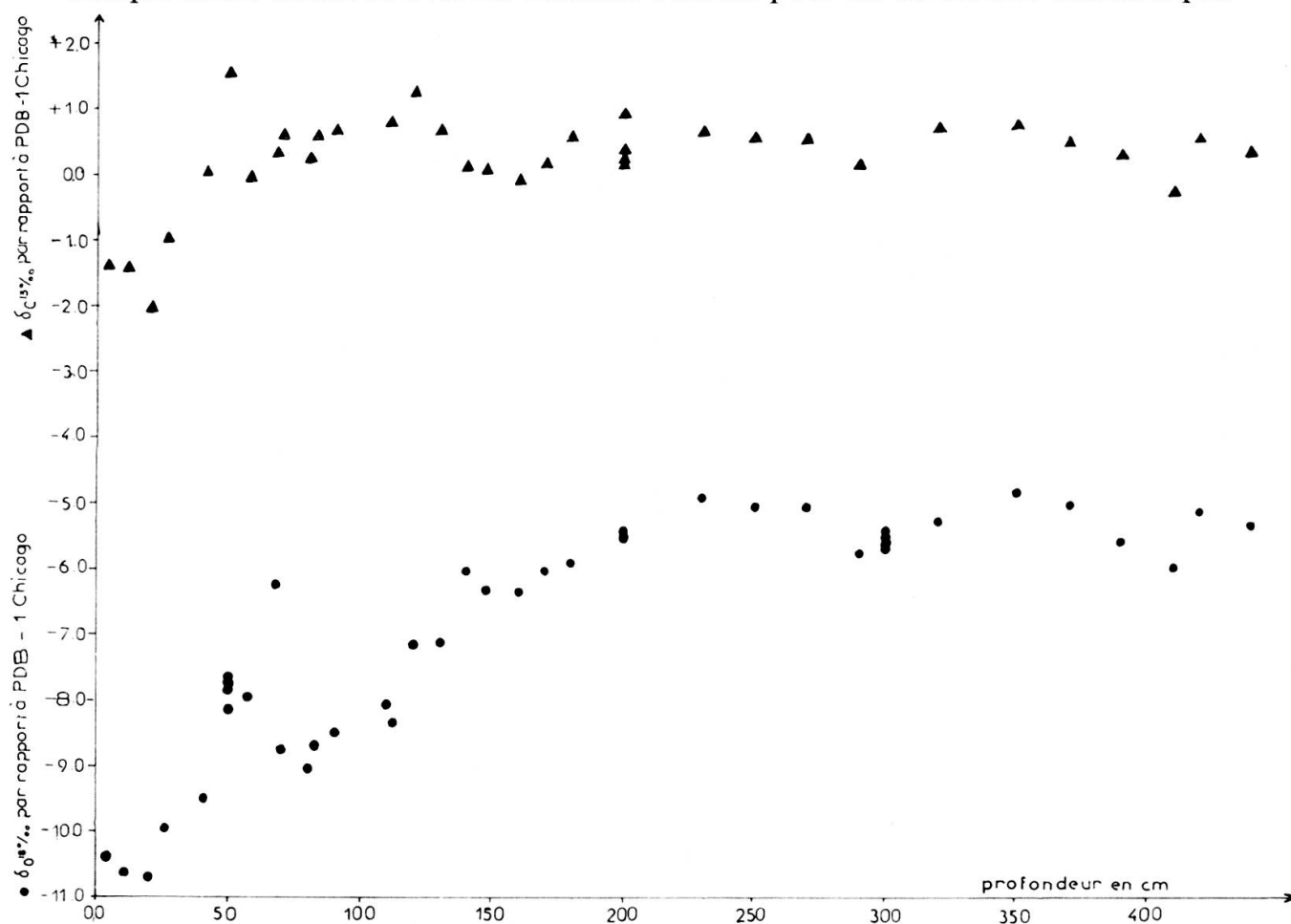


Fig. 5.

Variations de $\delta O^{18}\%$ et $\delta C^{13}\%$ (par rapport à PDB. I Chicago) le long de la carotte.

de Nantua; ces derniers, dus à l'activité photosynthétique d'algues microscopiques très abondantes, ne présentent aucun pic de thermoluminescence (C. SERRUYA 1964).

Afin de vérifier cette interprétation, nous avons étudié les variations des rapports isotopiques de l'oxygène et du carbone des carbonates.

COMPOSITION ISOTOPIQUE DES CARBONATES DE LA CAROTTE LÉMAN 44

La détermination de la composition isotopique de l'oxygène et du carbone des carbonates de la carotte Léman 44 a été effectuée en utilisant les techniques établies par H. C. UREY et ses collaborateurs (1951, 1953).

Les mesures ont porté sur 43 échantillons prélevés à différents niveaux de la carotte.

Nous avons utilisé pour les analyses un spectromètre de masse Atlas-Werke M 86 à double collecteur de type NIER. Les résultats sont exprimés en δC^{13} et δO^{18} , c'est-à-dire en parts pour mille de la différence entre le rapport isotopique dans l'échantillon considéré et de ce même rapport dans le standard international de référence le PDB-1 Chicago, selon les relations:

$$(1) \quad \delta O^{18} = \left\{ \frac{O^{18}/O^{16} \text{ échantillon}}{O^{18}/O^{16} \text{ standard}} - 1 \right\} \times 1000,$$

$$(2) \quad \delta C^{13} = \left\{ \frac{C^{13}/C^{12} \text{ échantillon}}{C^{13}/C^{12} \text{ standard}} - 1 \right\} \times 1000.$$

Le standard de travail, obtenu à partir du marbre statuaire de Carrare, diffère du standard international de -1.59 .

La reproductibilité des analyses est de $0,2\%$.

Résultats.

Les résultats sont reportés dans le tableau I figurant en annexe.

Dans le tableau II ont été reportées les valeurs des compositions isotopiques trouvées pour les carbonates de la carotte Léman 5 dont l'étude sédimentologique

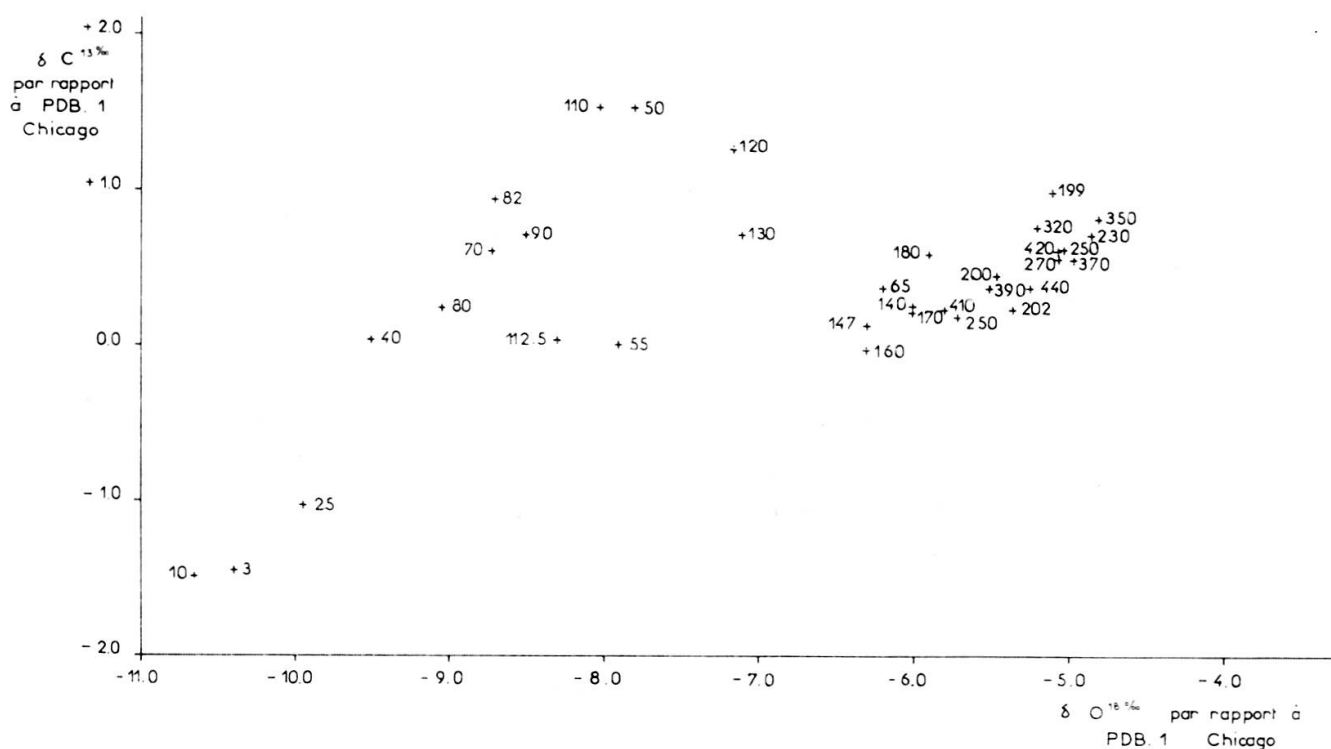


Fig. 6.

Variations relatives de δO^{18} et δC^{13} .

Les nombres figurant près des points indiquent la profondeur des échantillons.

a fait l'objet d'un travail précédent (C. SERRUYA 1964). Chaque résultat représente la moyenne des valeurs obtenues pour deux échantillons ou plus du même niveau de la carotte. Pour les niveaux 50 cm, 199 cm et 300 cm nous avons effectué une séparation plus fine des couches de sédiment (épaisseurs inférieures au mm); mais les compositions isotopiques ne présentent pas de variations significatives à cette échelle.

La figure 5 montre la répartition des compositions isotopiques en fonction de la profondeur du sédiment analysé; sur un système d'axes (fig. 6) nous avons reporté pour chaque échantillon la valeur du δO^{18} en abscisse et du δC^{13} en ordonnée.

La figure 6 met en évidence deux groupes de points: un groupe homogène de points très rapprochés et qui correspondent à des sédiments prélevés au-dessous de 140 cm; un groupe hétérogène dont les points s'alignent approximativement sur une droite et dans l'ordre croissant des profondeurs (font exception à cette disposition les sédiments répondant aux cotes 112, 130 et 55).

La répartition des compositions isotopiques de la carotte Léman 44 met donc en évidence deux types de sédiments: des sédiments profonds, au-dessous de 140 cm, aux caractéristiques isotopiques homogènes dans leur ensemble, et des sédiments superficiels au-dessus de 140 cm présentant un déficit croissant en isotopes lourds à mesure que l'on se rapproche du haut de la carotte.

La même distinction peut se faire sur les courbes de la figure 5. Ces deux courbes sont d'allures très voisines.

La courbe des δO^{18} .

Cette courbe présente deux régions:

- dans la région qui correspond aux sédiments plus superficiels et aussi plus récents c'est-à-dire compris entre 140 cm et la surface, les carbonates montrent un déficit croissant en isotope O^{18} , le δ variant de -6.00 pour le niveau 140 à -10.70 pour le niveau 0;
- dans la région qui correspond aux sédiments plus profonds, au-dessous de 140 cm, la valeurs de δO^{18} oscillent autour d'une moyenne de -5.40 .

La courbe des δC^{13} .

On distingue ici aussi deux régions:

- pour des échantillons prélevés entre 0 et 125 cm environ, les carbonates présentent un déficit croissant en isotope lourd C^{13} en allant vers la surface, le δ passant d'une valeur de $+1.00$ à une valeur de -2.00 ;
- au-dessous de 125 cm, les valeurs de δC^{13} oscillent entre 0.0 et $+1.0$. Ces oscillations sont à peu près parallèles à celles des δO^{18} des niveaux correspondants.

De la comparaison des tableaux I et II il ressort que les compositions isotopiques des carbonates de la carotte Léman 44 pour les niveaux plus profonds que 140 cm sont voisines de celles trouvées pour les niveaux compris entre la surface et 91 cm,

de la carotte Léman 5. La séparation granulométrique montre, en outre, que la fraction grossière ($40\ \mu$) croît d'une manière parallèle à partir de 150 cm pour la carotte Léman 44 et à partir de la surface pour la carotte Léman 5. Cela se comprend aisément puisque la partie inférieure de la carotte Léman 44, tout comme la carotte Léman 5, datent du Dryas.

Il s'ensuit que les carbonates de ces niveaux sont essentiellement d'origine détritique. On peut alors demander pourquoi ces carbonates donnent à l'analyse des valeurs de δO^{18} voisines de -5.0 alors que les carbonates marins ont un δO^{18} généralement voisin de 0.

Nous nous sommes donc préoccupés de savoir comment se présentaient les calcaires du Chablais du point de vue de leur composition isotopique, dans la zone traversée par la Dranse; cette rivière a sans aucun doute été l'agent de transport principal de la fraction détritique calcaire actuellement sédimentée dans la baie de Thonon-les-Bains.

Le tableau II donne les résultats des analyses (δO^{18} et δC^{13}) effectuées pour des échantillons prélevés à différents étages.

Les calcaires du Chablais présentent tous un déficit en isotope O^{18} par rapport aux calcaires marins normaux alors que les valeurs de δC^{13} restent dans les limites de l'intervalle de variation connu pour les calcaires marins. La valeur de δO^{18} trouvée pour les nodules d'altération des cargneules triasiques, -2.46 , supérieure de 5 unités de δ à la valeur trouvée pour la partie non altérée du même échantillon, correspond sans doute à la présence d'une fraction dolomitique dans le premier cas.

En particulier, les valeurs très négatives des calcaires liasiques, jurassiques et crétacés sont sans doute à mettre en relation avec des phénomènes d'altération; il y a probablement eu rééquilibration isotopique avec des eaux de circulation superficielle, mais surtout de circulation hydrothermale.

Quoiqu'il en soit, la composition isotopique des sédiments de la carotte, au-dessous de 140 cm, correspond assez bien à la moyenne des compositions isotopiques mesurées pour les calcaires de la région du Chablais ($\delta = -4.20$ environ); le déficit en isotope lourd O^{18} des carbonates sédimentés en profondeur dans le lac est donc lui aussi un caractère « hérité »: ces carbonates sont essentiellement d'origine détritique.

Au-dessus de 140 cm, l'appauvrissement croissant en O^{18} et C^{13} à mesure que l'on se rapproche de la surface correspond à deux phénomènes superposés et liés entre eux:

a) La composition isotopique des carbonates dépend de la température de dépôt et dans les conditions d'équilibre vérifie la relation établie par EPSTEIN et al. (1953):

$$(3) \quad t = 16.5 - 4.3 (\delta - A) + 0.14 (\delta - A)^2$$

où

t = température de déposition du carbonate;

$A = \delta O^{18}$ de l'eau où a eu lieu la rééquilibration selon (3); le standard de référence est le SMOW, composition isotopique moyenne de l'eau océanique définie par CRAIG (1961);

$\delta = \delta O^{18}$ du carbonate selon (1).

Une diminution du δ peut donc correspondre à un accroissement de température du milieu de dépôt, ce qui est assez vraisemblable pour une période qui va du Dryas à l'époque actuelle.

b) Une augmentation de température est en même temps favorable:

à la précipitation de carbonates selon un processus purement chimique;

à l'accroissement de la productivité primaire et par conséquent à la précipitation de carbonates selon un processus biochimique.

Des carbonates déposés en eau douce sont toujours plus négatifs de 5 à 10 unités par rapport aux carbonates marins, toutes choses égales par ailleurs.

Au-dessus de 140 cm, par conséquent, nous serions en présence d'un mélange de *carbonates d'origine détritique, rééquilibrés avec des eaux en voie de réchauffement et de carbonates d'origine chimique et biochimique*.

Au niveau de la surface enfin, les valeurs de δO^{18} trouvées correspondent à des carbonates de précipitation chimique et biochimique; une contamination par des eaux chargées en matière organique n'est pas à exclure ($\delta = 10.70$).

Le déficit croissant en isotope C^{13} à partir de 125 cm peut dépendre de la présence de CO_2 d'origine organique; ceci est en accord avec le développement d'une végétation lacustre toujours plus abondante.

Nous remercions M. le professeur TONGIORGI qui a bien voulu mettre à notre disposition les appareils du Laboratoire de Géologie nucléaire de Pise pour les enregistrements de thermoluminescence et les analyses isotopiques et qui nous a fait bénéficier de ses conseils.

Nous remercions également M^{lle} M. D'ALBISSIN qui a bien voulu nous faire profiter de son expérience dans le dépouillement et l'interprétation des données de la thermoluminescence.

TABLEAU I

Compositions isotopiques des carbonates de la carotte Léman 44

Profondeurs en cm	$\delta O^{18}\%$ par rapport au PDB. I Chicago	$\delta C^{13}\%$ par rapport au PDB. I Chicago
3- 5	- 10.40	- 1.47
10- 12	- 10.65	- 1.49
22- 22,5	- 10.68	- 2.07
25- 27	- 9.95	- 1.02

Profondeurs en cm		$\delta O^{18}\%$ par rapport au PDB. I Chicago	$\delta C^{13}\%$ par rapport au PDB. I Chicago
40- 42		— 9.50	+ 0.04
50	1	— 7.82	
	2	— 7.60	+ 1.53
	3	— 7.72	
	4	— 8.10	
55- 57,5		— 7.90	0.00
65- 67		— 6.20	+ 0.36
70		— 8.72	+ 0.61
80		— 9.05	+ 0.24
80- 82,5		— 8.70	+ 0.94
90		— 8.50	+ 0.71
110		— 8.03	+ 1.53
110-112,5		— 8.30	+ 0.04
120		— 7.15	+ 1.27
130		— 7.10	+ 0.71
140-142		— 6.00	+ 0.14
147		— 6.30	+ 0.11
160		— 6.30	— 0.04
170		— 6.00	+ 0.22
180		— 5.90	+ 0.59
199	1	— 4.70	
	2	— 5.50	+ 0.97
200		— 5.45	+ 0.43
200-202		— 5.35	+ 0.21
230-232		— 4.85	+ 0.69
250-252		— 5.02	+ 0.60
270-272		— 5.06	+ 0.55
290-292		— 5.71	+ 0.18
300	1	— 5.36	
	2	— 5.58	
	3	— 5.47	
	4	— 5.57	
320-322		— 5.20	+ 0.74
350-352		— 4.80	+ 0.80
370-372		— 4.97	+ 0.54
390-392		— 5.50	+ 0.36
410-412		— 5.90	— 0.22
420-422		— 5.05	+ 0.59
440-442		— 5.25	+ 0.37

TABLEAU II

Compositions isotopiques des carbonates de la carotte Léman 5

Profondeurs en cm	$\delta O^{18}\%$ par rapport au PDB. I Chicago	$\delta C^{13}\%$ par rapport au PDB. I Chicago
7,5-10	– 5.95	+ 0.35
10 -15	– 5.65	+ 0.40
40 -48	– 5.97	+ 0.69
57 -62	– 5.95	+ 0.92
84 -86	– 5.90	+ 0.52
86 -91	– 5.80	+ 0.57

TABLEAU III

*Compositions isotopiques des calcaires du Chablais
prélevés dans la vallée de la Dranse*

Etage d'origine		$\delta O^{18}\%$ par rapport au PDB. I Chicago	$C^{13}\%$ par rapport au PDB. I Chicago
TRIAS	Calcaires	– 0.30	– 2.34
	Cargneules	– 7.13	– 2.90
	(nodules d'altération des cargneules)	– 2.46	– 0.05
LIAS	Calcaires	– 5.75	+ 0.72
JURASSIQUE SUP.	Calcaires	– 7.02	+ 1.47
MALM	Calcaires	– 1.92	+ 1.85
CRÉTACÉS	Calcaires marneux	– 3.10	+ 1.42

BIBLIOGRAPHIE

- ALBISSIN, M. D'. 1963. Les traces de déformations dans les roches calcaires. Thèse. *Rev. Géog. phys. et Géol. dyn.*, Paris, vol. 5, fasc. suppl.
- CRAIG, H. 1961. Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen 18 in natural waters. *Science*, n° 133, pp. 1833-1834.
- DEBENEDETTI, A. 1958. On mechanical activation of thermoluminescence in calcite. *Nuovo cimento*, Italia, vol. 7, pp. 251-254.
- EPSTEIN, S., R. BUSCHBAUM, H. A. LOWENSTAM, H. C. UREY. 1953. Revised carbonate water isotopic temperature scale. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 64, pp. 1315-1326.
- FORNACA-RINALDI, G. et E. TONGIORGI. 1960. The influence of grinding on the thermoluminescence glow curves of limestones, in *Summer Course on Nucl. Geol. Varenna*, Lab. Geol. nucl. Pisa ed., 1962, pp. 254-262.

- GONFIANTINI, R., V. TOGLIATTI, E. TONGIORGI. 1962. Il rapporto O^{18}/O^{16} nell'acqua del lago di Bracciano e delle falde a Sud-Est del lago. *Com. Naz. Energia nucl.*, n° 6.
- OANA, S., DEEVEY E. 1960. Carbon 13 in lake waters and its possible bearing on paleolimnology. *Am. Journ. Sc., Bradley*, vol. 258-A, pp. 253-272, 6 tab., 1 fig.
- SAUVAGE, J. et C. SERRUYA. 1964. Au sujet de la présence d'un Dryas dans les sédiments du lac Léman au large de Thonon-les-Bains. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 259, pp. 3110-3113.
- SERRUYA, C. 1965. Note sur la diagénèse primaire des sédiments du lac Léman. *Arch. Sc. de Genève*, vol. 18, fasc. 3.
- C. et J. SAUVAGE. 1966. Stratigraphie tardi et postglaciaire des sédiments du lac Léman. *C.R. Acad. Sc. Paris*, n° 24, série D, p. 2397.
- S. 1964. La thermoluminescence des vases du lac de Nantua. In *Rapport annuel 1964 de la D.G.R.S.T.*

Manuscrit reçu le 28 juillet 1966.
