Les processus de sédimentation récents dans le Haut-Lac (Léman) d'après la morphologie et analyse sédimentologique des dépôts superficiels

Autor(en): **Loizeau, Jean-Luc**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société**

Band (Jahr): **51 (1998)**

Heft 1

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-740140

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Archs Sci. Genève	Vol. 51	Fasc. 1	pp. 13-25	Avril 1998

LES PROCESSUS DE SÉDIMENTATION RÉCENTS DANS LE HAUT-LAC (LÉMAN) D'APRÈS LA MORPHOLOGIE ET L'ANALYSE SÉDIMENTOLOGIQUE DES DÉPÔTS SUPERFICIELS

PAR

Jean-Luc LOIZEAU*

ABSTRACT

Recent sedimentary processes in the «Haut-lac» (Lake Geneva), inferred from bottom morphology and sedimentological analyses of surficial deposits. - The lake bottom in the eastern part of Lake Geneva (Haut-lac) consists of a sublacustrine fan, with a 15 km long valley occuring from the Rhone River mouth to the deepest part of the lake. Numerous echosounding profiles collected in this part of the lake has been able to identify the fan morphology and to trace the precise location of the valley on the lake bottom. Grain size measurements and geochemical analyses of surficial bottom sediments show that the sedimentary processes that created the fan are still active.

Key-words: sedimentary processes, sediment grani size, carbonates, sublacustrine cone, sublacustrine valley.

INTRODUCTION

Le Léman est un lac dont la sédimentation est complexe. Elle comprend des apports allochtones très variables suivant les régions (apports détritiques du Rhône, de la Dranse, des rivières du plateau suisse), ainsi qu'une production autochtone non négligeable (GANDAIS, 1989). Toute la partie orientale du lac, appelée Haut-lac et située entre l'embouchure du Rhône au Bouveret et une ligne passant approximativement entre Lutry et Meillerie (Fig. 1), est dominée par des processus sédimentaires liés aux apports détritiques du Rhône. Le trait caractéristique du Haut-lac est la présence d'un important édifice sédimentaire sous-lacustre, traversé par un ravin principal partant de l'embouchure du Rhône et se terminant dans la Plaine centrale, à plus de 300 m de profondeur. Ce ravin a été découvert par FOREL (1888, 1892), lors du premier levé bathymétrique du Léman, puis étudié par DUSSART (1966) et HOUBOLT & JONKER (1968). La présence de ravins sous-lacustres n'est pas exceptionnelle, quoique peu courante. Des exemples de telles structures sont rapportés pour le lac de Constance (MÜLLER, 1966; LAMBERT, 1989), le lac de Brienz (STURM, 1975), ou le lac Mendota (LATHBURY & BRYSON, 1958).

La recherche présentée ici permet de préciser la morphologie du ravin lui-même et du cône sous-lacustre dans son ensemble, ainsi que de démontrer que les processus sédimentaires ayant mené à la construction d'un tel édifice sont encore actifs.

* Centre d'études en sciences naturelles de l'environnement et Institut F.-A. Forel, Université de Genève, 10, route de Suisse, CH-1290 Versoix. Jean-Luc.Loizeau@terre.unige.ch

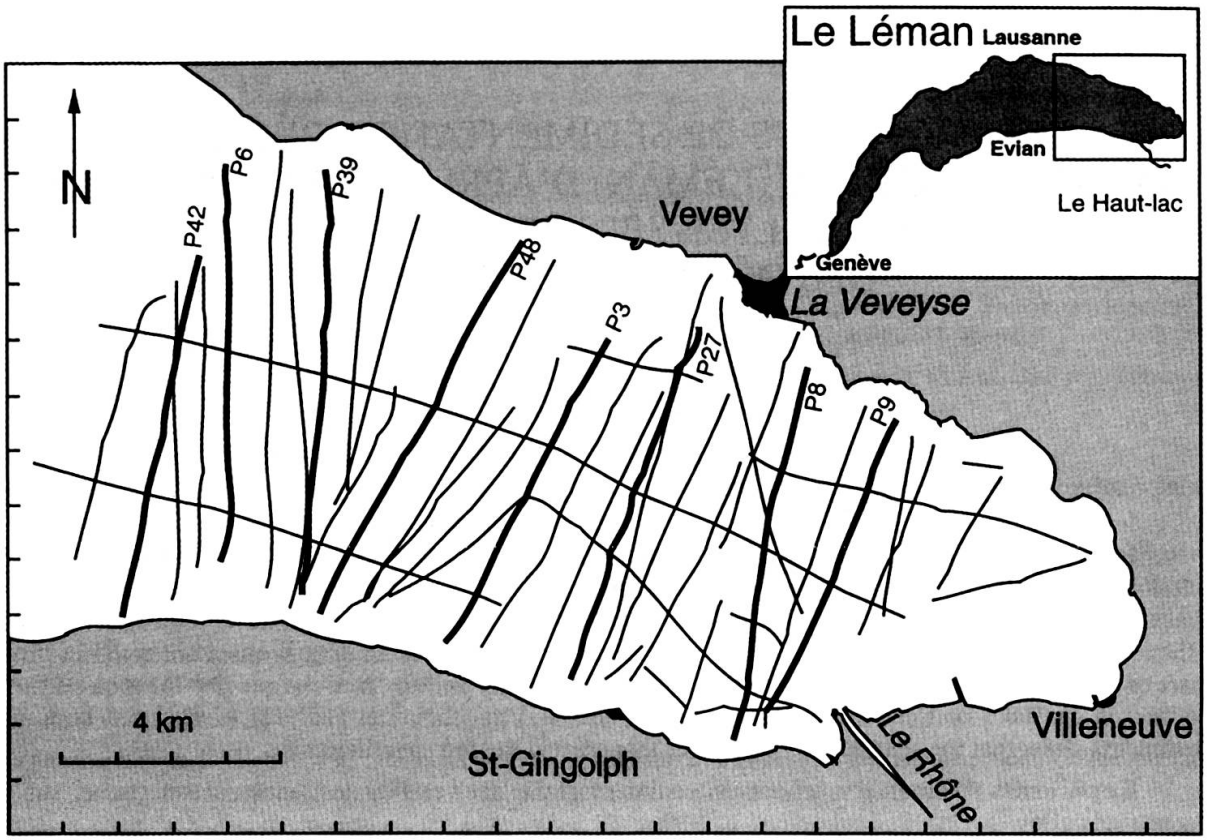

FIG. 1.

Localisation du Haut-lac et des 250 km de profils échosondeurs levés au cours de cette étude. Les profils numérotés sont présentés dans la Fig. 2.

MÉTHODES

La morphologie du Haut-lac a été déterminée par le levé d'environ 250 km de profils bathymétriques (Fig. 1) à l'aide d'un échosondeur Atlas Echograph 450 Krupp. Les sédiments ont été échantillonnés par carottage et bennage (carottiers gravitaires Benthos et Ambühl, benne Shipek, cf. MURDOCH & MACKNIGHT, 1991). Les résultats présentés ici englobent également des échantillons récoltés lors de campagnes de prélèvements effectués pour le compte de la CIPEL (Commission internationale pour la protection des eaux du Léman; ARBOUILLE *et al.*, 1989). Le positionnement des profils et des échantillons de sédiment a été assuré par photographie d'images radar et report sur carte topographique au 1:50 000. La précision absolue du positionnement se situe entre 100 et 200 m.

Des analyses sédimentologiques courantes ont été effectuées sur les échantillons: la granulométrie des particules sédimentaires a été déterminée par diffraction laser suivant la méthode décrite par LOIZEAU *et al.* (1994); les teneurs en carbonates ont été mesurées par volumétrie (JAQUET *et al.*, 1971) sur la fraction < 63 µm. Au total 77 échantillons de surface ont servi de base à l'étude de la distribution spatiale de la granulométrie, et 59 échantillons pour celle des carbonates. La totalité des résultats d'analyse est donnée par LOIZEAU (1991).

RÉSULTATS

Morphologie du Haut-lac

La morphologie de l'édifice peut être subdivisée en six zones distinctes, dont la plupart sont exprimées sur la figure 2:

1) la *zone de l'embouchure* du Rhône, formant un cône de dépôt sur une surface d'environ 2 km^2;

2) les *ravins sous-lacustres*, dont nous parlerons plus en détail dans le paragraphe suivant;

3) les *levées* bordant sur une grande distance le ravin principal. Les levées nord et sud sont dissymétriques car le ravin principal ne se trouve pas au milieu du lac mais est proche de la rive sud, induisant ainsi une large levée nord et une levée sud butant rapidement contre la pente latérale. Cette dissymétrie s'exprime par des surfaces de 26,7 km^2 pour la levée nord et 9,3 km^2 pour la levée sud. De plus, afin de mieux décrire ces levées, il faut ajouter le terme de proéminence. Comme le montre le profil 9 de la figure 2, les zones adjacentes aux ravins présentent, jusqu'à 200 mètres de profondeur, des élévations du fond par rapport à la pente générale des levées. Ces proéminences peuvent atteindre une vingtaine de mètres de hauteur.

4) la *pente lacustre*, située au nord des levées, est la zone la plus profonde par rapport à des profils transverses au lac (Fig. 2). Le gradient de pente diminue en s'éloignant de l'embouchure, dans l'axe du lac, passant de 12% sur le premier kilomètre à 2% puis à 1% à 5 km et 10 km, respectivement. La limite entre les levées et la pente lacustre n'est pas toujours marquée. Cette zone est bien développée à l'extrémité orientale du lac, dans la baie de Villeneuve, et en face de Vevey. Elle couvre une surface de 32 km^2.

5) l'*éventail* formant la quasi-totalité de la partie inférieure du Haut-lac avec ses 36 km^2 de surface. Suivant un profil perpendiculaire à l'axe du ravin, l'éventail est pratiquement plat, seulement entaillé par le ravin principal et des chenaux latéraux. Il se termine dans la Plaine centrale.

6) les *pentes latérales*, escarpées, délimitant au sud comme au nord la cuvette lacustre. La pente latérale sud est simple allant directement de la surface au fond du lac avec une pente d'environ 35%. La pente latérale nord est plus complexe, car en deux régions, elle est entrecoupée par 1 à 3 gradins.

Les ravins sous-lacustres

Les ravins sous-lacustres sont un des éléments clés pour la compréhension des processus sédimentologiques se déroulant dans le Haut-lac. La méthode de levé bathymétrique utilisée dans ce travail ne permet pas de corréler à coup sûr les profils pour déterminer les connections entre les différents ravins observés. Toutefois deux ravins se distinguent nettement par leur ampleur: le ravin principal au sud et le ravin du «Vieux Rhône» au nord (Fig. 2).

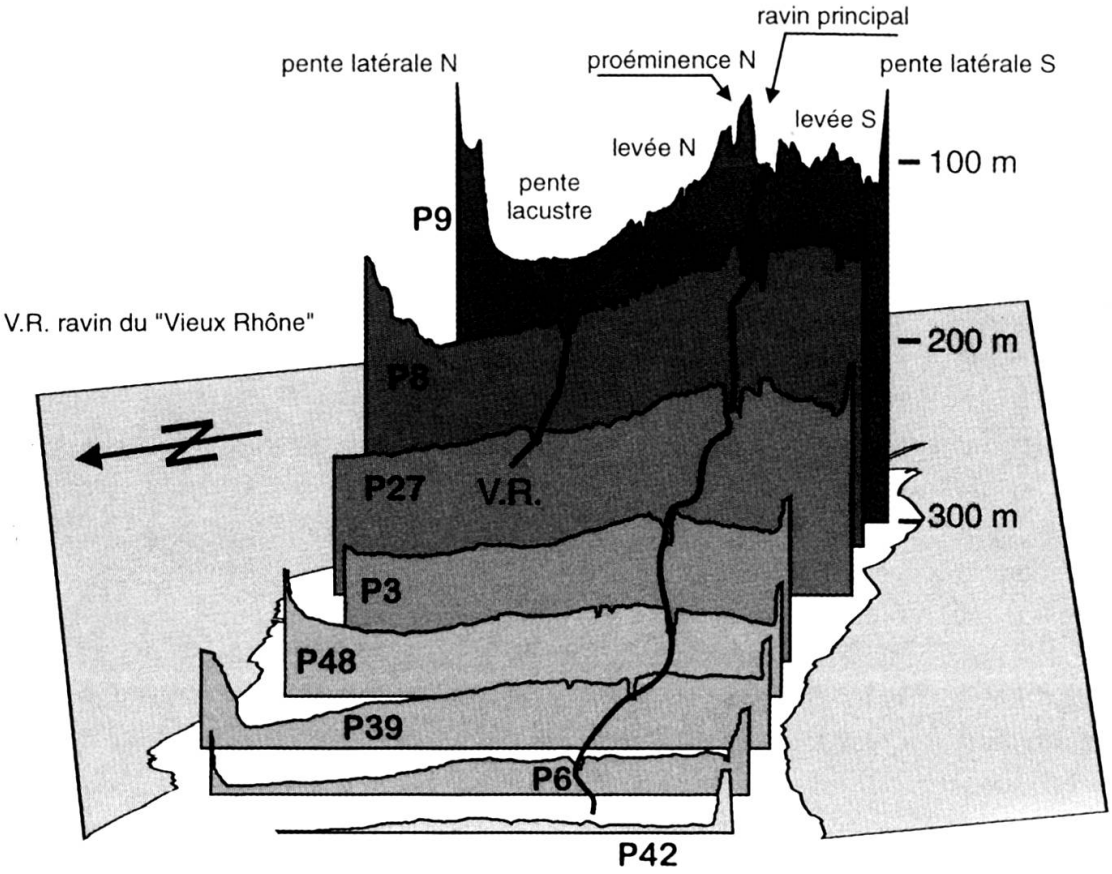

FIG. 2.

Exemples de profils échosondeurs levés dans le Haut-lac, qui permettent de localiser le passage du ravin principal et de celui du «Vieux Rhône». Les termes utilisés pour décrire la morphologie du fond du lac sont indiqués.

Le ravin principal est bien individualisé à environ 1 km de l'embouchure du Rhône et à 100 m de profondeur d'eau. A cet endroit, la profondeur du ravin est d'environ 30 m pour 400 m de largeur. Le bord du ravin est constitué par des proéminences importantes, principalement sur le flanc nord (Fig. 2, profil P9). Les levées s'estompent entre 5 et 6 km de l'embouchure et 200 m de profondeur (profil P27). A 9 km de distance et 240 m de profondeur, le ravin n'occupe plus le centre de l'édifice sous-lacustre, des petits chenaux latéraux apparaissent (profil P48). Ces chenaux se poursuivent sur environ 5 km jusqu'aux abords de la Plaine centrale. Entre 14 et 15 km de distance de l'embouchure et entre 290 et 300 m de profondeur, le ravin disparaît pour laisser place à la Plaine centrale (profil P42).

Le ravin du «Vieux Rhône», situé au nord du ravin principal, est le prolongement dans le lac de l'ancien bras du Rhône qui a été condamné lors de l'endiguement total du cours du Rhône à la fin du siècle passé (DE KALBERMATTEN, 1964). Il a été identifié sur plus de 6 km, passant de 200 m de largeur et 10 m de profondeur à 2 km de l'embouchure de l'ancien bras du Rhône (profil P9), à 100 m de largeur et 4 m de profondeur à

6 km de l'embouchure (profil P27). Plus en aval, il n'est plus décelé, mais un bombement du fond indique sa zone d'influence.

La sédimentation dans le Haut-lac

Une première caractéristique des sédiments, indicative des processus se déroulant dans le lac, est leur granulométrie. Les dépôts de surface du Haut-lac ont un diamètre moyen de 17,9 µm, avec un minimum de 7,4 et un maximum de 112,2 µm. De manière générale, ces sédiments sont des silts, des silts argileux et des silts sableux, selon la classification de SHEPARD (1953) (Fig. 3). Quelques échantillons provenant du ravin principal ou de l'embouchure du Rhône sont des sables ou des sables silteux. La prédominance de la fraction silteuse se retrouve dans les suspensions du Rhône

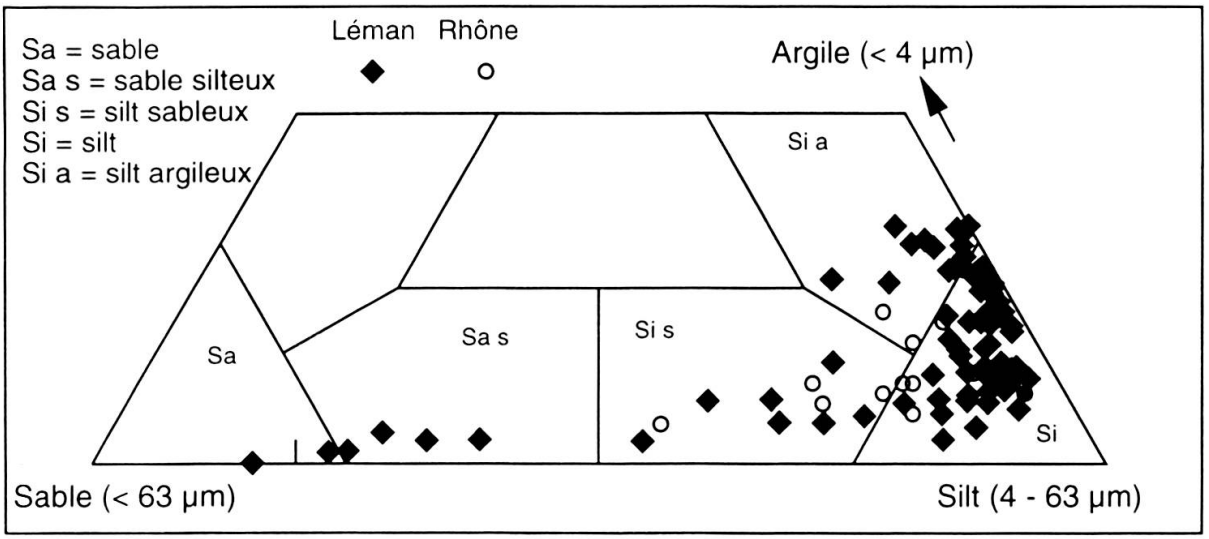

FIG. 3.

Classification des sédiments superficiels du Haut-lac selon leur granulométrie (SHEPARD, 1953). La majorité des échantillons correspondent à des silts. Les résultats des mesures des particules en suspension dans le Rhône (SANTIAGO, 1991) sont indiqués pour comparaison.

(SANTIAGO, 1991) avec un diamètre moyen de 20,7 µm. Le diagramme ternaire de la figure 3 montre les deux types de sédiments, ceux du Rhône et ceux du Haut-lac. Les points correspondant aux échantillons du Rhône se situent dans la même partie que ceux du Haut-lac. Ces suspensions du Rhône contiennent toujours une proportion de sable supérieure à 5%, alors que les sédiments du Haut-lac sont généralement en dessous de cette valeur. Inversement la teneur en argiles des suspensions du Rhône n'excède pas 20%, tandis qu'un quart des échantillons du Haut-lac ont des teneurs supérieures à cette valeur. On observe là un fractionnement granulométrique, toutefois relativement peu prononcé. Les sédiments superficiels du Haut-lac ont des caractéristiques très semblables à celles des suspensions du Rhône.

Spatialement, les sédiments du Haut-lac sont séparés granulométriquement suivant l'axe du lac par l'isoplèthe 15 µm de diamètre moyen (Fig. 4). On trouve au sud la zone du ravin principal, dans laquelle les valeurs sont généralement comprises entre 15 et 28 µm, avec des valeurs supérieures à 28 µm dans la zone de l'embouchure du Rhône. Dans la zone septentrionale, le diamètre moyen des particules est compris entre 8 et 15 µm. On remarque que la courbe 11 µm est absente au large de Vevey, repoussée de part et d'autre de cette zone. On observe là l'influence des apports de la Veveyse.

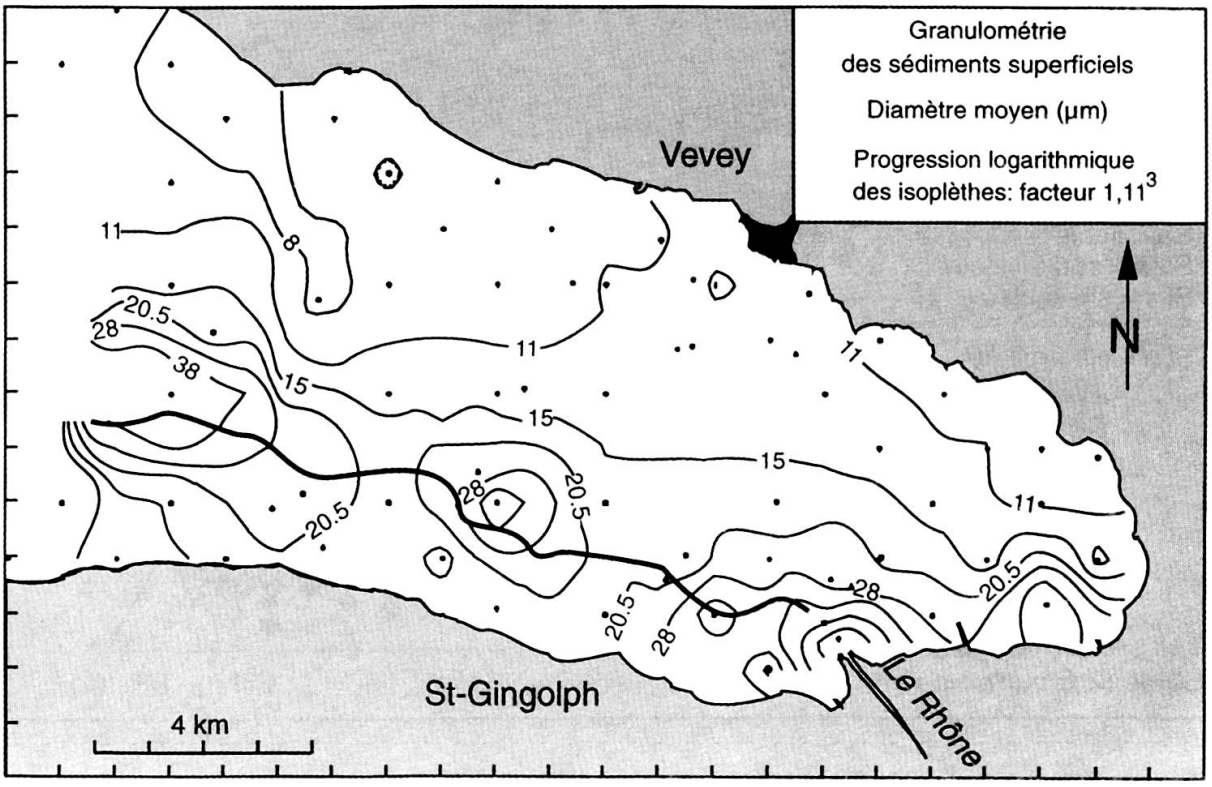

FIG. 4.

Carte du diamètre moyen (µm) des sédiments superficiels du Haut-lac. Les points indiquent les sites d'échantillonnage, le trait gras l'axe du ravin principal.

Ces différentes distributions sont clairement visibles sur le diagramme présentant le diamètre moyen des particules en fonction de leur éloignement de l'embouchure du Rhône (Fig. 5). Premièrement on observe une diminution du diamètre moyen dans la zone de l'embouchure du Rhône, mis à part deux échantillons provenant du ravin principal. A quelques dizaines de mètres de l'embouchure, le diamètre est de 112 µm puis en s'éloignant, des valeurs entre 25 à 30 µm sont rapidement atteintes. La moyenne des échantillons est de 26,4 µm.

Les sédiments de la zone du ravin principal, mis à part les échantillons provenant directement du fond du ravin lui-même, montrent des valeurs relativement constantes, indépendamment de leur distance à l'embouchure. Leur taille moyenne est de 16,5 µm.

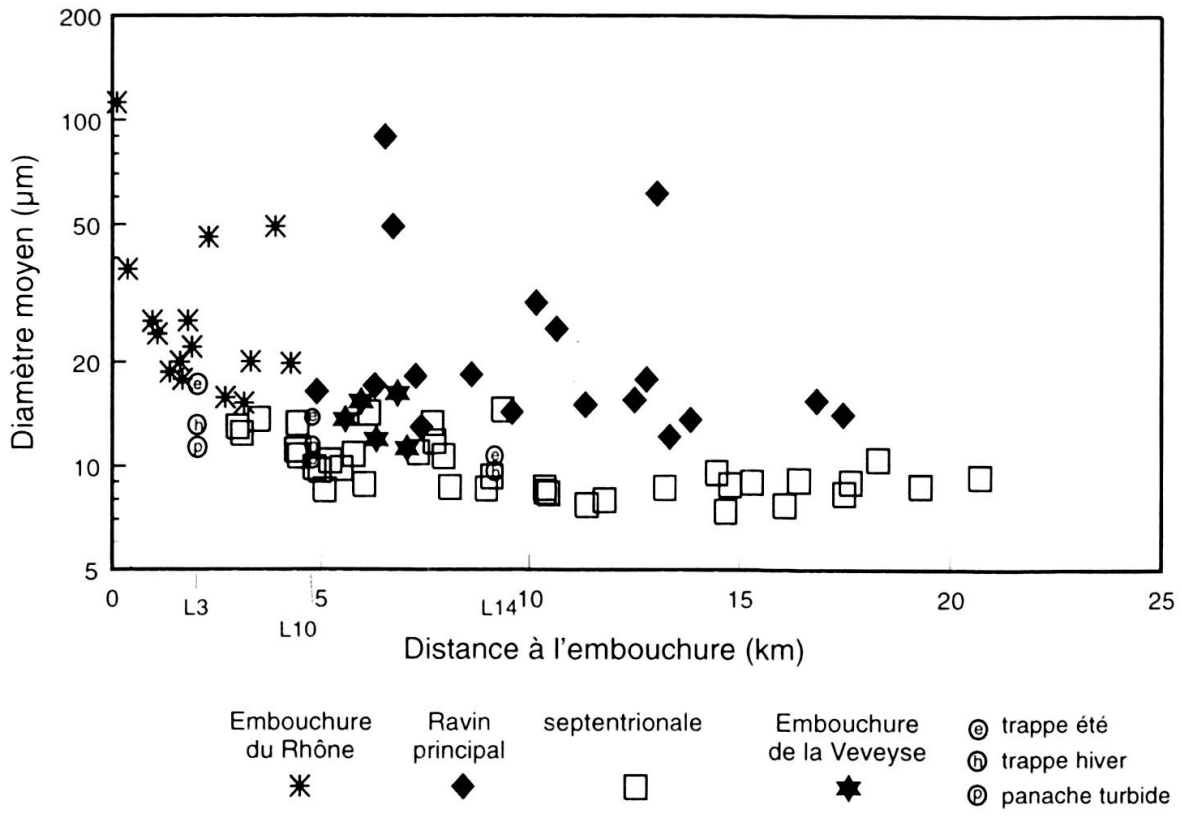

FIG. 5.

Evolution du diamètre moyen (µm) des sédiments superficiels du Haut-lac en fonction de leur distance à l'embouchure du Rhône dans le lac. Les résultats des échantillons de trappes à sédiments (GIOVANOLI & DOMINIK, non publié) sont également indiqués.

Pour les sédiments de la zone septentrionale, une légère diminution de taille est marquée entre 3 et 5 km, puis les valeurs restent stables entre 7 et 10 µm, jusqu'à plus de 20 km de l'embouchure. Cette zone présente la moyenne des tailles la plus faible du Haut-lac avec 9,8 µm. Situé dans cette zone, le ravin du «Vieux Rhône» et ses abords ne s'expriment pas dans les analyses granulométriques, contrairement au ravin principal. Dans la zone de l'embouchure de la Veveyse, le diamètre moyen des sédiments se situe entre les deux précédents, avec une valeur moyenne de 13,5 µm.

Les teneurs en carbonates

La carte des teneurs en carbonates (Fig. 6) est intéressante dans la mesure où elle montre une distribution spatiale très différente de celle de la granulométrie. Le nombre d'échantillons est plus restreint que dans l'étude de la granulométrie, mais les tendances sont bien définies.

La tendance d'une augmentation des teneurs avec la distance est très marquée, et certains échantillons proches des côtes ont des valeurs nettement élevées par rapport au reste du Haut-lac. Mis à part ces derniers échantillons, les teneurs varient de moins de 10% de carbonates à 20% et plus, en passant de la zone de l'embouchure à la partie

occidentale du Haut-lac. On remarque également une augmentation des teneurs en direction de la baie de Villeneuve à l'Est. La zone présentant les plus faibles valeurs est située au large de l'embouchure du Rhône, sur la droite de l'axe de celui-ci. Cette zone s'étend en direction de Vevey, sur près de 5 km.

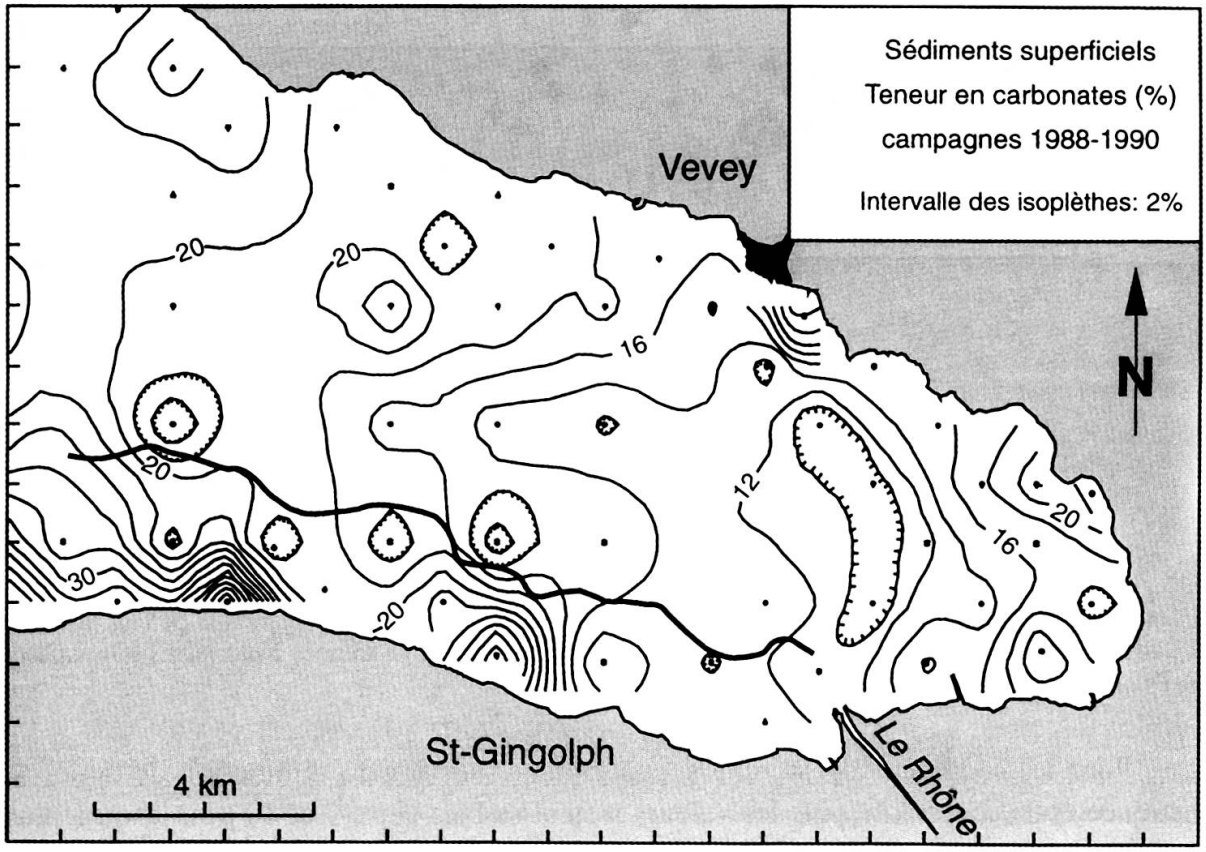

FIG. 6.

Carte des teneurs en carbonates des sédiments superficiels du Haut-lac (d'après les données de ARBOUILLE *et al.*, 1989).

Les échantillons provenant du ravin principal sont toujours plus pauvres en carbonates que les prélèvements alentours.

Les échantillons de l'embouchure de la Veveyse ne sont pas sensiblement plus riches en carbonates que ceux du reste du Haut-lac, malgré un bassin versant beaucoup plus carbonaté. Cependant les analyses d'échantillons à l'embouchure de cette rivière montrent des teneurs supérieures à 40% (ROMIEUX, 1930). Cette différence est très probablement due au fait que les carbonates se situent principalement dans la fraction grossière du sédiment (>63 μm), et que les analyses ont été effectuées sur la fraction fine (<63 μm).

MODÈLE DE SÉDIMENTATION

Les résultats des analyses granulométriques, et principalement la répartition des diamètres moyens des échantillons (Fig. 4) et leur évolution en fonction de la distance à l'embouchure du Rhône (Fig. 5) permettent de différencier les processus de transport et de dépôts.

Dans cette partie du lac, le Rhône est le principal pourvoyeur de sédiment et les processus agissant sur la sédimentation ont comme point de départ l'embouchure du Rhône. Ces processus sont connus de longue date dans les lacs, tels les courants de turbidité ou la formation de panache turbide interstratifié. Les effets de ces différents processus sont bien caractérisés dans le Haut-lac par le diamètre moyen des particules. En partant de l'embouchure du Rhône, une particule sédimentaire peut suivre, suivant sa taille et les conditions hydrodynamiques du moment, plusieurs voies. Les numéros ci-après correspondent à ceux indiqués sur la figure 7:

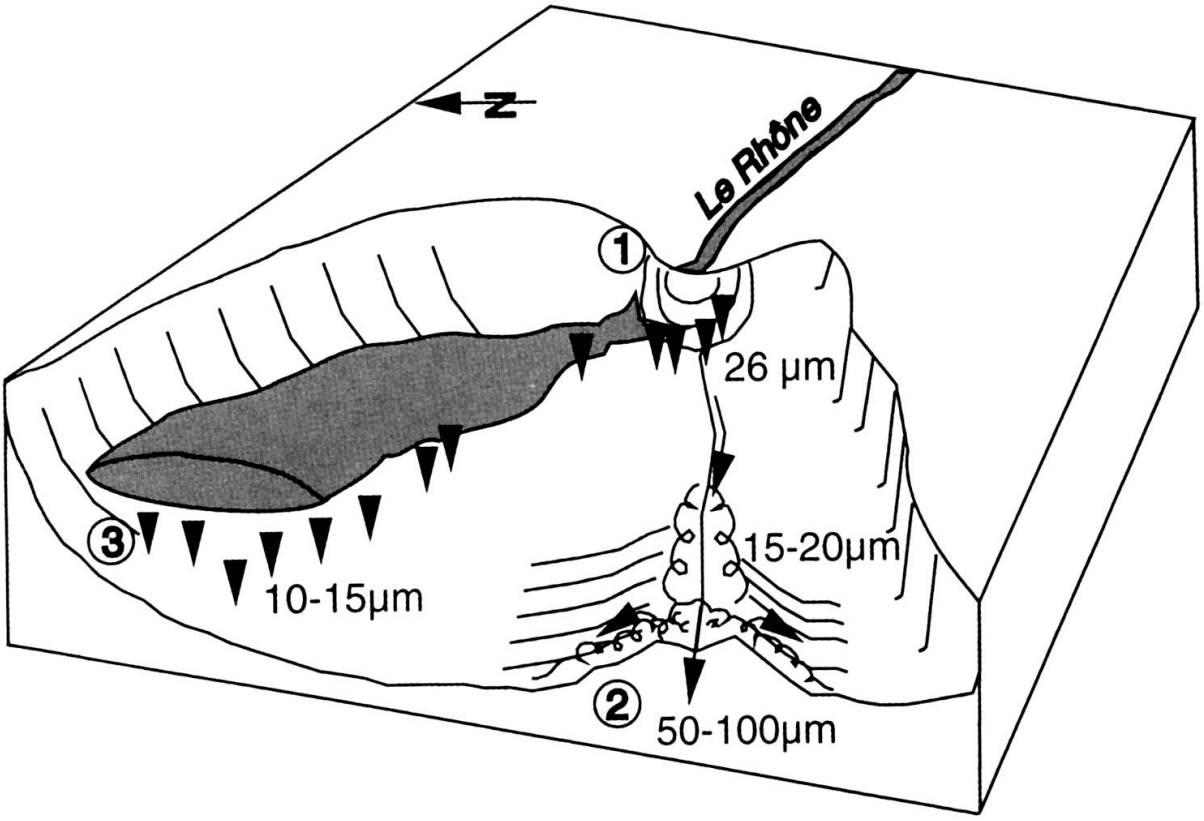

FIG. 7.

Modèle conceptuel de sédimentation dans le Haut-lac. Le diamètre moyen (µm) des sédiments récents est indiqué pour chaque zone. Les numéros cerclés correspondent aux processus décrits dans le texte: 1) sédimentation directe à l'embouchure du Rhône; 2) transports dans le ravin par courants de densité; 3) sédimentation à partir du panache turbide.

1. Si cette particule est relativement grossière et arrive dans le lac en période normale, elle va sédimenter rapidement dans la zone de l'embouchure du Rhône. Les plus grosses particules se déposeront plus près de l'embouchure, induisant un granoclassement spatial. On observe une décroissance exponentielle du diamètre moyen en fonction de la distance au Rhône (Fig. 5). Cette décroissance est due à la diminution de la compétence du courant à transporter les particules grossières, car la vitesse du courant décroît avec l'éloignement du Rhône. GIOVANOLI & LAMBERT (1985) ont mesuré des vitesses passant de 0,45 à 0,15 m/s à respectivement 0,35 et 2 km de l'embouchure du Rhône.

2. Si cette particule arrive en période de hautes eaux ou même de crues, un courant de densité peut couler sur le fond du lac en suivant le ravin principal. Si cette particule est grossière, elle va rester sur le fond du ravin ou se déposer au débouché de celui-ci. Si elle est plus fine, et si le courant est suffisamment important, elle peut déborder du ravin et se déposer sur ses flancs. Ces débordements sont à l'origine de l'édification des structures sous-lacustres décrites dans les paragraphes précédents. Ces deux types de dépôt se trouvent dans la zone du ravin principal. La capacité de ces courants à transporter sur de longues distances les sédiments relativement grossiers est démontrée par l'absence, dans la zone du ravin principal, d'une diminution de la taille moyenne des particules en fonction de la distance à l'embouchure (Fig. 5). De manière plus directe, LAMBERT & GIOVANOLI (1988) ont enregistré dans le ravin, à l'aide de courantomètres et thermistors, un nombre important de courants de turbidité en été et ont montré la double origine de ces courants: intrusions directes du fleuve chargé en particules et avalanches sous-lacustres induites par des éboulements dans la zone de l'embouchure du Rhône.

3. Finalement cette particule peut être entraînée dans le panache turbide du Rhône, s'interstratifiant au niveau de la thermocline. Dû à la force de Coriolis, ce panache turbide est généralement dévié vers la droite, soit au nord de la bouche du Rhône, entre celle-ci et Vevey (DOMINIK *et al.*, 1983; GIOVANOLI, 1990). Les sédiments de la zone septentrionale (Fig. 4) dérivent en partie des dépôts provenant de ce panache turbide. On observe une légère diminution du diamètre moyen de cette zone en direction de l'ouest, mais l'influence de ce processus sur les sédiments se fait beaucoup plus sentir dans l'évolution des carbonates (Fig. 6).

L'origine des carbonates des sédiments est double:

– une origine détritique, résultat de l'érosion des roches carbonatées du bassin versant. Des mesures dans les sédiments récoltés dans une trappe exposée à environ 2 km de l'embouchure du Rhône, montrent une teneur annuelle moyenne de 11,7% de $CaCO_3$ (GIOVANOLI & DOMINIK, non publié). Le flux de sédiments est évalué à 45,9 kg $m^{-2}an^{-1}$, soit 5,36 kg $m^{-2}an^{-1}$ de calcite, pour la période 1982-1983.

– une origine autochtone, par précipitation directe de calcite, due à une sursaturation créée par l'activité photosynthétique du phytoplancton qui utilise le CO_2 dissous dans l'épilimnion (KELTS & HSÜ, 1978). Dans des trappes à sédiments exposées au centre du lac entre 1987 et 1988, GANDAIS (1989) a mesuré des flux annuels moyens de

calcite de 420 g $m^{-2}an^{-1}$, dont 10% est considéré comme allochtone. On peut donc estimer le flux d'origine autochtone à 370 g $m^{-2}an^{-1}$. Les cristaux de calcite précipités ont un diamètre compris entre 10 et 20 µm, qui peut diminuer par dissolution dans les niveaux plus profonds du lac lors de la sédimentation (DOMINIK *et al.*, 1983). Ces cristaux de calcite auront une faible influence sur le diamètre moyen des sédiments car les suspensions du Rhône sont à peu près de la même taille.

En postulant une production annuelle autochtone de calcite constante dans le temps et dans l'espace (soit sur l'ensemble du lac), il faut soustraire 370 g $m^{-2}an^{-1}$ de précipitation autochtone aux 5,36 kg $m^{-2}an^{-1}$ de carbonates déposés dans la trappe de la bouche du Rhône. Il reste ainsi environ 5 kg $m^{-2}an^{-1}$ de carbonates détritiques, soit 11% du flux détritique total. Cette valeur peut être considérée en première approximation comme représentative de la teneur annuelle moyenne en carbonates des suspensions du Rhône. Ces 11% de carbonates sont très proches des valeurs observées sur une majeure partie du Haut-lac entre la bouche du Rhône et Vevey (Fig. 6). En s'éloignant de cette zone, les teneurs en carbonates augmentent, reflétant la diminution de l'importance des apports du Rhône au profit des particules autochtones.

Le cas du ravin du «Vieux Rhône» est particulier, car il ne se marque pas par une variation granulométrique ou géochimique. Avant l'endiguement du Rhône en amont du Léman, le bras dit du «Vieux Rhône» était une embouchure active du fleuve. Des processus sédimentaires identiques à ceux décrit pour le ravin principal se déroulaient à cette embouchure et ont créé un ravin et son cône sous-lacustre. Les traces de ce cône se retrouvent dans les sédiments enfouis sous les dépôts actuels (LOIZEAU, 1991). La coupure de la connexion de ce bras avec le cours principal du fleuve a complètement arrêté la formation de courant de densité dans le ravin du «Vieux Rhône». Cette structure n'est donc plus active depuis une centaine d'années et est comblée peu à peu par les apports du panache turbide du Rhône.

CONCLUSION

Les résultats des analyses des sédiments superficiels du Haut-lac montrent que les processus ayant participé à la création des structures sous-lacustres, comme le ravin principal avec ses proéminences et ses levées, continuent à exister actuellement, malgré les modifications apportées au bassin versant, principalement l'édification de nombreux barrages sur les affluents principaux du Rhône (LOIZEAU *et al.*, 1997). Ceux-ci pourraient avoir des impacts négatifs sur le fonctionnement du Léman, en diminuant le nombre et l'importance des courants de densité par une réduction des apports de matière en suspension (LOIZEAU & DOMINIK, en prép.). Cette diminution des courants de densité pourrait avoir des conséquences négatives sur l'oxygénation des eaux du fond du Léman. Un arrêt définitif des sources d'apport de matériel détritique, comme cela s'est passé à la fin du siècle passé avec l'endiguement du Rhône et la condamnation du bras du «Vieux Rhône», rend le ravin inactif et le transforme en structure relique.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tous mes collègues de l'Institut F.-A. Forel qui ont collaboré de près ou de loin à cette étude, et plus particulièrement M. J. Peaudecerf pour son aide à l'acquisition tant des profils échosondeurs que des échantillons. Cette recherche a reçu le soutien financier du Fonds national de la recherche scientifique (subside 20.5215.87).

RÉSUMÉ

Le fond de la partie orientale du Léman (Haut-lac) est formé par un édifice sédimentaire remarquable: un cône sous-lacustre et plus particulièrement un ravin partant de l'embouchure du Rhône dans le lac et se terminant dans la zone la plus profonde, à près de 15 km de son point de départ. Un levé de profils bathymétriques a permis de mieux définir le cône sous-lacustre et le ravin en particulier. Des analyses granulométriques et géochimiques des sédiments superficiels montrent que les processus responsables de la formation de ce ravin sont encore actifs actuellement.

Mots-clés: Processus sédimentaires, granulométrie, carbonates, cône sous-lacustre, ravin sous-lacustre.

RÉFÉRENCES

ARBOUILLE, D., H. HOWA, D. SPAN & J.-P. VERNET. 1989. Etude générale de la pollution par les métaux et répartition des nutriments dans les sédiments du Léman: 139-172. *In: Rapport CIPEL campagne 1988, Lausanne.*

DOMINIK, J., D. BURRUS & J.-P. VERNET. 1983. A preliminary investigation of the Rhone river plume in eastern Lake Geneva. *J. Sed. Petrol.*, 53: 159-63.

DUSSART, B. 1966. Limnologie: l'étude des eaux continentales. *Gauthier-Villars, Paris.*

FOREL, F.-A. 1888. Le ravin sous-lacustre du Rhône dans le lac Léman. *Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat.*, 23.

— 1892. Le Léman. *Edition Rouge, Lausanne.*

GANDAIS, V. 1989. Origines et variations spatio-temporelles des flux de matière particulaire au centre du Léman. *Université de Genève, Thèse No 2334.*

GIOVANOLI, F. 1990. Horizontal transport and sedimentation by interflows and turbidity currents: A case study in Lake Geneva, pp. 175-195. *In:* Large Lakes: Physical and Functional Processes (*M.M. Tilzer et C. Settuya, eds*). Springer-Verlag, Berlin.

— & A. LAMBERT. 1985. Die Einsichtung der Rhone im Genfersee: Ergebnisse von Strömungsmessungen im August 1983. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 47: 159-78.

HOUBOLT, J.J.H.C., & J.B.M. JONKER. 1968. Recent sediments in the eastern part of the lake of Geneva. *Geol. Mijnbouw*, 47: 131-48.

KALBERMATTEN DE, A. 1964. La correction du Rhône amont. *Département fédéral de l'Intérieur, service des routes et des digues, Berne.*

KELTS, K. & K.J. HSÜ. 1978. Freshwater carbonate sedimentation, pp. 295-323. *In:* Lakes: chemistry, geology, physics (*A. Lerman, ed.*), Springer-Verlag, New York.

JAQUET J.-M., J.-P. VERNET & J.M. FERRARI. 1971. Détermination quantitative par volumétrie de la calcite et de la dolomite dans les roches. *Archs Sci. Genève*, 24: 259-84.

LAMBERT, A. 1989. Das Rheindelta im See. Vermessung, Photogrametrie, Kulturtechnik, Zürich, 89: 29-32.

—— & F. GIOVANOLI. 1988. Records of riverborne turbidity currents and indications of slope failures in the Rhone delta of lake Geneva. *Limnol. Oceanogr.*, 33: 458-68.

LATHBURY, A. & R.A. BRYSON. 1958. Sublacustrine gullies 1. Studies of physiographic features of Lake Mendota. *Report to Lakes & Streams Investigations Committee* 17, University of Winconsin.

LOIZEAU, J.-L. 1991. La sédimentation récente dans le Delta du Rhône: processus et évolution. *Université de Genève, Thèse No 2514*, 209 pp..

——, D. ARBOUILLE, S. SANTIAGO & J.-P. VERNET. 1994. Evaluation of a wide range laser diffraction grain size analyser for use with sediments. *Sedimentology*, 41: 353-61.

——, J. DOMINIK, T. LUZZI & J.-P. VERNET. 1997. Sediment core correlation and mapping of sediment accumulation rates in Lake Geneva (Switzerland, France) using volume magnetic susceptibility. *J. Great Lakes Res.*, 23: 391-402.

—— & J. DOMINIK, in prep.. Evolution of the Rhone River discharge during the last 80 years and some implications for Lake Geneva. Aquat. Sci.

MÜLLER, G. 1966. The new Rhine delta in Lake Constance, pp. 108-124. In: Deltas (*M.L. Shirley, ed.*), Houston Geol. Soc., Houston.

MURDOCH, A. & S.D. MACKNIGHT. 1991. Handbook of techniques for aquatic sediments sampling. *CRC Press, Boca Raton.*

ROMIEUX, R. 1930. Les carbonates dans les sédiments du lac de Genève. *Université de Genève, Thèse No 875*, 30 pp.

SANTIAGO, S. 1991. Biodisponibilité du phosphore lié aux sédiments en suspension du Rhône et d'autres affluents du Léman. *Université de Genève, Thèse No 2483*, 94 pp.

SHEPARD, F.P. 1953. Nomenclature based on silt sand ratio. *J. Sed. Petrol.*, 24: 151-158.

STURM, M. 1975. Depositional and erosional sedimentary features in a turbidity current controlled basin (Lake Brienz). *Proceeding IXth Inter. Congress Sedimentology*, 2: 385-390.