

UN EXEMPLE DE SEDIMENTATION LACUSTRE : LA RETENUE DU CHAMBON (ROMANCHE, ALPES FRANCAISES)

Par Laurent SIKIRDJI*, Jacques PERRIAUX*, Jean-Pierre USELLE*

RESUME. - Le barrage du Chambon, sur la Romanche (Alpes françaises) fut mis en eau en 1935. La vidange totale de 1981 permit d'observer directement les sédiments déposés. La description des faciès et des figures sédimentaires, les analyses granulométriques et les données météorologiques permirent de préciser le mode de mise en place des sédiments par des courants d'inféoflux, responsables de ce "faciès à lamines", différent d'un faciès varvé.

ABSTRACT. - The Chambon Dam, on the river Romanche (French Alps) was completed in 1935. The lake was drained in 1981, providing an unusual opportunity to observe directly the deposits accumulated since 1935. One of us aims was to specify how the sediments was deposited by looking at the sedimentary structures, grain-size analysis and by studying the meteorological reports. So, it became possible to explain that the facies and the sedimentary structures observed was necessarily the result of underflows currents.

I - INTRODUCTION

En 1981, la vidange totale de la retenue du Chambon sur la Romanche (Alpes françaises) permit d'étudier les sédiments accumulés depuis la première mise en eau en 1935 et de comprendre les phénomènes sédimentologiques qui aboutissent à des dépôts lacustres finement stratifiés rattachés aux "varves" par certains auteurs.

II - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le barrage du Chambon est situé à 63 km de Grenoble, sur la Romanche, au sein des reliefs de l'Oisans, à 1040 mètres d'altitude, dans les Alpes françaises. En plus des eaux de la Romanche, le lac est alimenté par plusieurs torrents dont le plus important a édifié un delta en rive gauche (torrent de la Pisse). Long de 3,3 km, le lac couvre une superficie de 140 ha. Sa capacité totale est de 54.10^6 m³ pour une profondeur maximale de 90 mètres (fig. 1).

III - GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT

Dans le bassin versant de la retenue du Chambon, d'une superficie de 254 km², on distingue trois ensembles géologiques (fig. 2).

* Institut Dolomieu, Université de Grenoble.

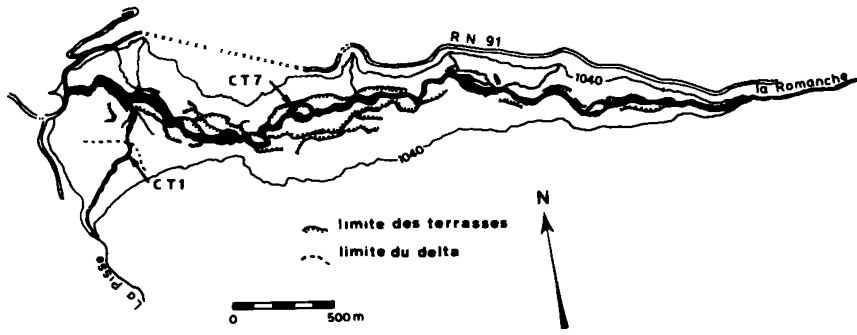


Fig. 1 : La retenue du Chambon.

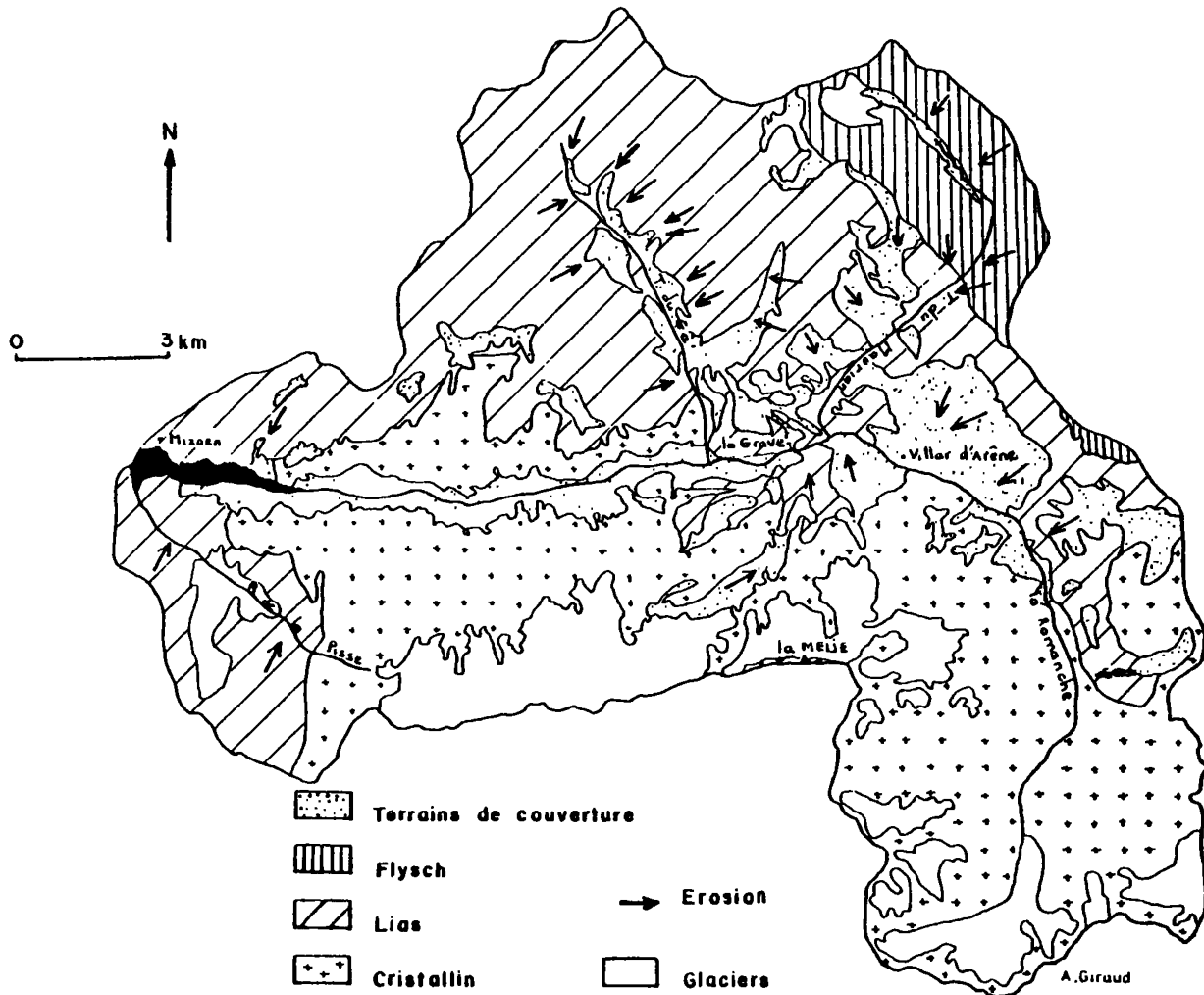


Fig. 2 : Carte géologique simplifiée du bassin versant de la Romanche à l'amont du barrage de Chambon.

1) Le cristallin. Le massif de la Meije (3983 m) est constitué d'un granite leucocrate fortement quartzitique, intrusif dans des granites migmatitiques et des gneiss (LEFORT, PECHER, 1971). Ce massif est présent en rive gauche de la Romanche. Des terrains cristallins plus restreints affleurent aussi en rive droite (massif du Combeynot).

2) Les terrains sédimentaires. Ils se rencontrent surtout en rive droite et sont essentiellement représentés par une alternance de bancs de grès grossiers et de schistes (Flysch des Aiguilles d'Arves) et par un Lias schisteux.

3) Les terrains de couverture. Ce sont les formations glaciaires wurmiennes et les formations actuelles (glaciaires, éboulis, cônes de déjection) dispersées sur toute l'étendue du bassin versant.

La répartition areale de ces trois ensembles est la suivante :

- terrains cristallins : 47 % ;
- terrains sédimentaires : 43 % ;
- terrains de couverture : 10 %.

Les glaciers recouvrent 11 % de la superficie du bassin versant.

IV - DONNEES CLIMATIQUES ET HYDRAULIQUES

La station météorologique de la Grave (altitude 1780 m) indique une moyenne de 185 jours de gel par an dont 41 jours sans dégel. Les moyennes des températures y sont de - 2,2°C de janvier à mars, de 6,4°C d'avril à juin, de 11,2°C de juillet à septembre et de 1,9°C d'octobre à décembre. Les précipitations moyennes annuelles sont de 939 mm pour 136 jours de précipitations dont 61 sous forme de neige.

Les données de la station de jaugeage "Chambon amont" (altitude 1057 m) permettent de tracer les courbes de probabilité des débits moyens mensuels (fig. 3). On observe une augmentation des débits fin avril jusqu'à un maximum fin juin. Les débits restent élevés jusqu'en août. La moyenne annuelle est de 7,5 m³/s pour un minimum mensuel de 0,53 m³/s en février et un maximum de 35,4 m³/s en juin. La lame d'eau équivalente annuelle est de 1070 mm. Le débit spécifique est élevé (q = 35 l/s/km). Le minimum et le maximum mensuels varient dans une proportion de 1 à 67.

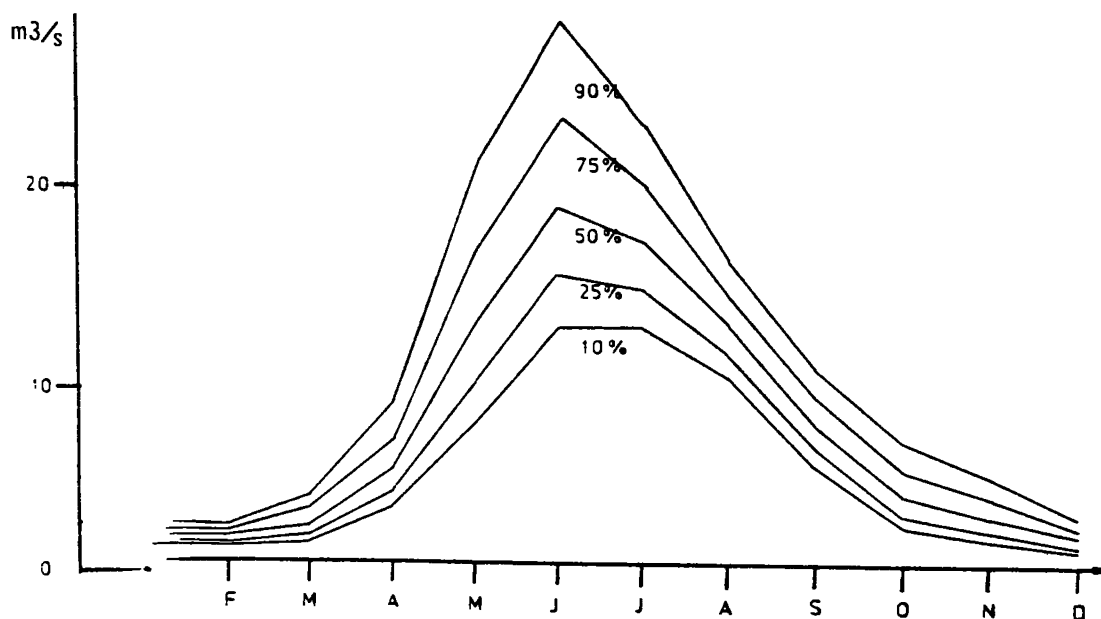


Fig. 3 : Courbes de probabilité des débits moyens mensuels de la Romanche à la station Chambon amont de 1936 à 1975.

Les données précédentes caractérisent le régime nivoglacière de la Romanche. En comparant les données des températures et celles des précipitations, on constate que, de novembre à avril, la presque totalité des précipitations est stockée sous forme de neige. A la fin du mois d'avril, la couverture neigeuse fond, puis les glaciers prennent le relai. Les eaux de fonte et les précipitations alimentent la Romanche jusqu'au mois d'octobre.

V - MORPHOLOGIE DES DEPOTS

La vidange totale de la retenue du Chambon a fourni l'occasion de décrire une morphologie sous-lacustre typique.

1) Le chenal

Sur toute la longueur du lac, le chenal est entretenu. Ce phénomène est accentué du fait des turbinages qui augmentent la vitesse des courants de fond.

2) Les terrasses

Les dépôts forment des terrasses que le chenal découpe en falaises (jusqu'à 15 m de haut) qui facilitent l'observation.

On y découvre une succession de lamines subhorizontales, généralement silteuses, gris-noir, exceptionnellement ocres, d'épaisseurs variables (0,5 mm à plusieurs dizaines de cm). Des niveaux argileux sont visibles, toujours inférieurs à 3 mm d'épaisseur. Le contact est toujours brutal entre la lamine argileuse et la lamine supérieure silteuse et progressif entre la lamine argileuse et la lamine inférieure silteuse, montrant ainsi un granoclassement d'échelle millimétrique.

3) Le delta du torrent de la Pisse

Le torrent de la Pisse est responsable de la formation d'un delta digité. La partie sommitale est constituée de chenaux divergents imbriqués. Cette formation est classique en régime périglaciaire du fait de la charge importante des eaux de fonte des neiges et glaces, ainsi que de la forte énergie des courants sous-lacustres. De ce fait, l'édification du delta est conditionné par une chenalisation divagante.

Chacun des termes constitutifs d'un delta, définis par GILBERT (1885), y sont observables : "topset, bottomset, frontset" (fig. 4).

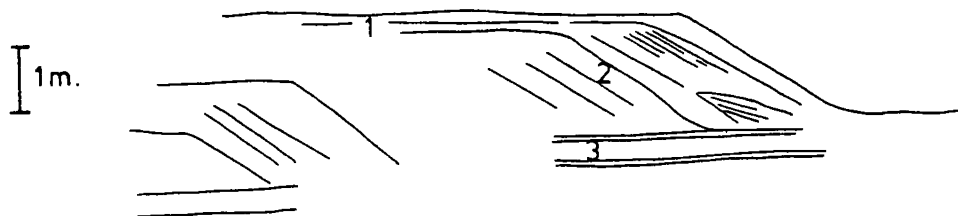


Fig. 4 : Morphologie du delta du torrent de la Pisse.

1. Couches sommitales ("topset") ; 2. couches frontales ("frontset") ; 3 couches basales ("bottomset").

4) Les figures sédimentaires

- Stratification entrecroisée : Les coupes en bordure des terrasses montrent une stratification entrecroisée dans des niveaux silto-sableux ou sableux, interrompant le faciès à lamines silto-argileuses. Cette disposition est caractéristique du phénomène de chenalisation divagante.

- Une turbidite : Le torrent de la Pisse a dégagé une coupe fraîche lors de la vidange du Chambon. Ainsi, en aval du delta de progradation, signalé précédemment, on a observé, de bas en haut (fig. 5) :

- des argiles litées (1) ;
- 31 cm de galets et graviers à matrice argileuse qui ravinent la couche précédente, montrant ainsi que les argiles ont été érodées (2 et 3) ;
- 5 cm de sable en lamines parallèles passant rapidement à un sable à stratification entrecroisée ;
- deux couches de sable très fin à lamines parallèles, sur 27 cm (6 et 7) ;
- 2 cm d'argiles litées.

Le contact entre chacun de ces termes est brutal, sauf pour les niveaux 2 et 3 qui ont été artificiellement séparés.

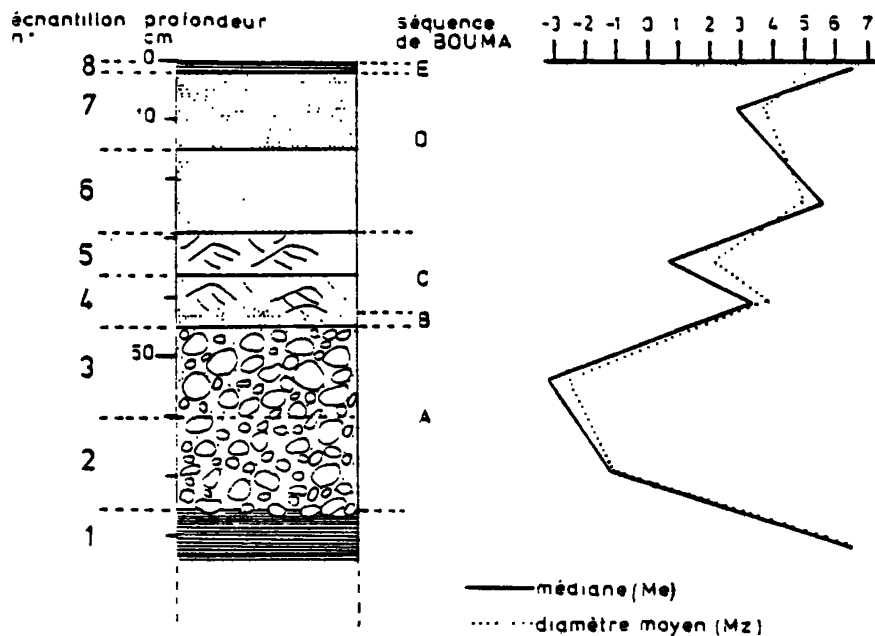


Fig. 5 : Coupe détaillée et paramètres granulométriques du prélèvement C21 (une "turbidite").

Cette description est proche de celle faite par BOUMA (1962), lorsqu'il définit un modèle de faciès turbiditique, appelé depuis "séquence de BOUMA". Les courbes granulométriques (fig. 6) montrent que les ensembles (2,3), (4,5), (6,7) correspondent chacun à deux épisodes distincts de la sédimentation.

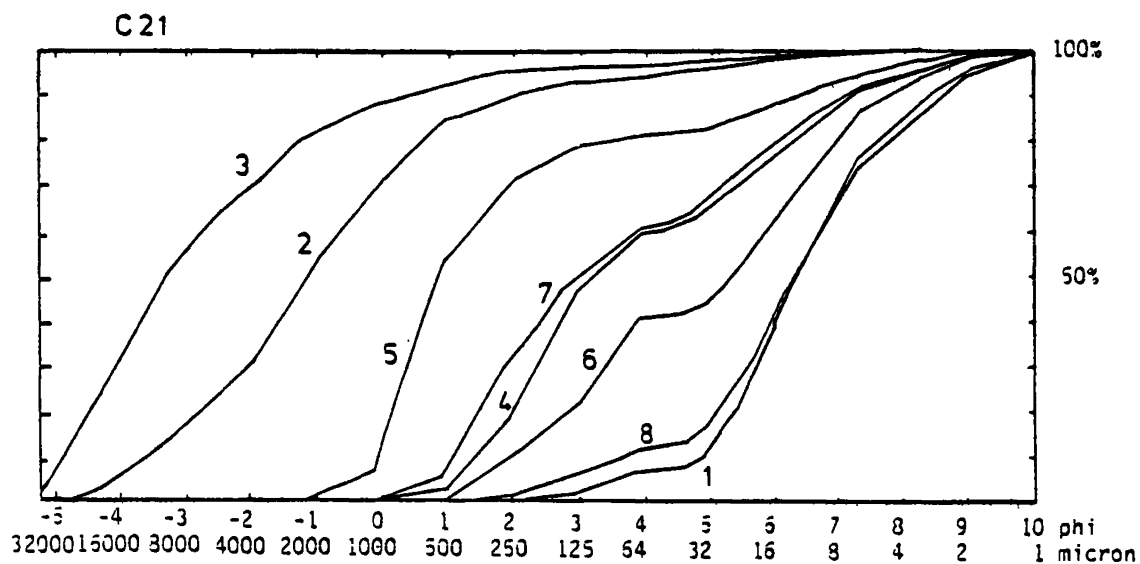


Fig. 6 a : Courbes granulométriques cumulatives en ordonnée arithmétique du prélèvement C21.

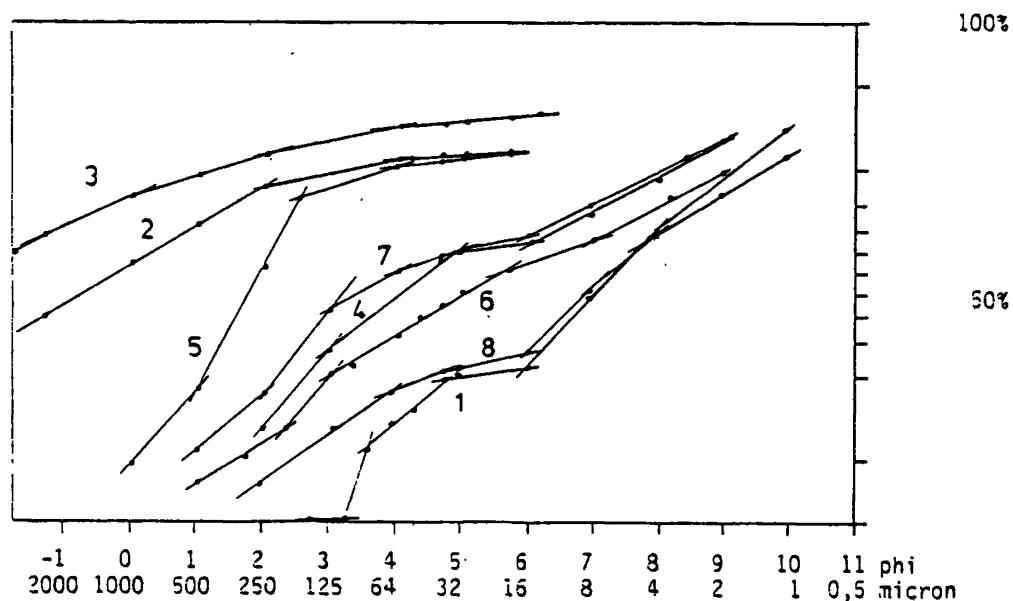


Fig. 6 b : Courbes granulométriques cumulatives en ordonnée de probabilité du prélèvement C21.

Les courbes cumulatives et le calcul de la déviation standard (σ_1) montrent que, selon la classification de FOLK et WARD (1957), les échantillons 1 et 8 sont moyennement classés. Ceux constituant la séquence de BOUMA sont mal classés.

Numéro d'échantillon	Médiane (Me)	Diamètre moyen (Mz)	Déviatión standard σ_1	Asymétrie (Sk_1)
8	6,3	5,5	1,1	- 0,15
7	2,9	3,8	2,5	0,67
6	5,3	5,0	2,1	- 0,17
5	0,8	2,2	2,5	0,76
4	3,2	3,8	2,4	0,34
3	- 3,4	- 2,6	2,3	0,59
2	- 1,2	- 1,15	2,5	0,3
1	6,3	6,4	1,1	0,02

Paramètres granulométriques des échantillons du prélèvement C21 (en phi).

La valeur du "skewness" ou asymétrie de distribution (Sk_1), visualisée par la position de la médiane (Me) et de la moyenne (Mz) sur la figure, montre que l'échantillon 1 est symétrique. Les échantillons 6 et 8 ont une asymétrie négative, c'est à dire vers les éléments grossiers.

La description et les résultats précédents caractérisent un sédiment déposé sous l'action de courants de fond de forte énergie ou courants d'inféroflux.

- Les convolutes : Des convolutes ont été observées au niveau de la couche sommitale d'une terrasse, en rive droite (photo 1). Elles montrent une succession de lamines millimétriques plissées. Deux hypothèses existent pour expliquer leur formation:

. en accord avec SANDERS (1965), on peut y voir l'intervention de très forts courants de turbidité plissant la couche après l'avoir décollée, le matériau étant très hydroplastique ;

. en accord avec KUENEN (1953), on peut envisager un dépôt par un courant de fond, sur des "ripples-marks", accentuant leur géométrie par un effet de pression dans les creux et d'aspiration autour des crêtes.

Ces deux hypothèses soulignent l'existence et l'action de courants de forte énergie.

- Les rides de plage ou "ripple-marks" : Ces figures sédimentaires ont été observées à proximité du lit de la Manche, donc dans les niveaux les plus profonds de la retenue. Deux types peuvent être rencontrés : lingoïde, c'est à dire à crête discontinue, et ondulé à crête continue, pouvant se suivre sur plusieurs mètres. Les ondulations peuvent se présenter en phase. Le premier type nécessite des courants de plus forte énergie que le second (REINECK et SINGH, 1973).

- Les "bourrelets" : Lors de la vidangé de 1981, la surface du fond de la retenue montrait une figure sédimentaire dont la genèse reste énigmatique (photo 2). Des bourrelets, d'une épaisseur d'environ quinze centimètres, avaient dessiné un réseau polygonal dont les côtés étaient métriques à décamétriques. Leur disposition était quelconque par rapport à la pente de la surface. Le tracé des bourrelets pouvait montrer des formes particulières : rectilignes, courbes, anguleuses, en baïonnette, excluant une mise en place par glissement d'un matériau hydroplastique. Aucune relation n'a pu être mise en évidence avec les autres figures sédimentaires, fentes de dessiccation notamment (SIKIRDJI, 1982).

- Les "varves" : Depuis DE GEER, le mot "varve" a souvent été utilisé improprement, soit pour décrire des dépôts lacustres montrant plus de deux lamines par an (HANSON, 1932 ; STURM et MATTER, 1978 ; SCHWARZBACH, 1940 ; JARNEFORS, 1956 ; STUMPF, 1961 ; BERGSTROM, 1968 ; LAMBERT, 1979), soit même en milieu non lacustre (ROSS, DEGENS, 1975 ; DEGENS, KEMPE, 1978 ; SCHRADER et al., 1980). C'est pourquoi nous avons proposé d'utiliser le terme "faciès à lamines" dans le cas d'une sédimentation rythmique de plus de deux lamines par an et le terme de "faciès varvé" dans le cas d'un dépôt de deux lamines par an hors des conditions de sédimentation glaciolacustre (SIKIRDJI, 1982).

VI - DESCRIPTION DE TROIS PRELEVEMENTS

La vidange de la retenue a provoqué l'érosion des terrasses, y découpant des falaises, en bordure desquelles des demi-tubes en P.V.C. de 10 cm de diamètre et d'1 m de long ont été enfoncés. Ces tubes étaient immédiatement scellés dans des gaines plastiques afin de préserver la teneur en eau naturelle des échantillons.

Le prélèvement CT1 (fig. 7) :

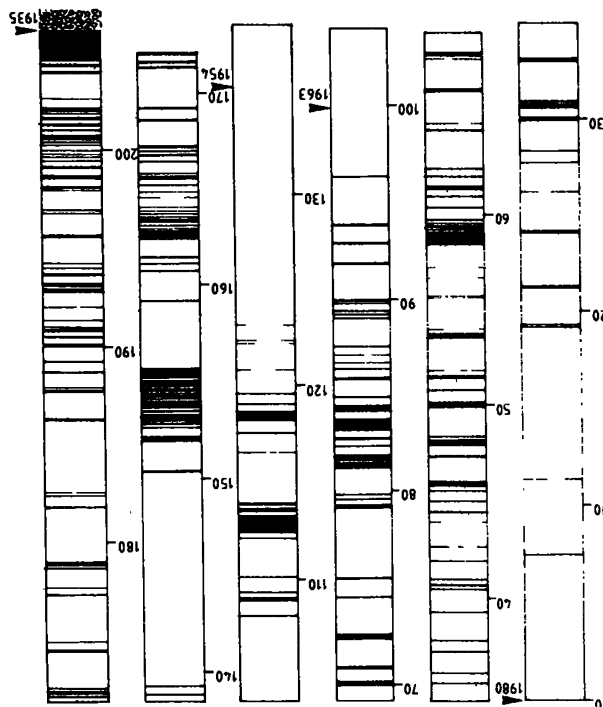


Fig. 7 : Coupe détaillée du prélèvement CT1. En blanc, le matériau silto-argileux ; en noir, le matériau plus grossier. Les années 1963 et 1954 sont repérées par les analyses des teneurs en Césium 137, dont les résultats sont publiés par ailleurs (la Houille Blanche).

Il est situé en rive gauche de la Romanche, en rive droite du torrent de la Pisse (fig. 1). A la base de CT1 (2,10 m de haut), la présence du paléosol (graviers dans une matrice ocre) indique que ce prélèvement correspond à la totalité de la sédimentation en ce point depuis la première mise en eau (1935). Il est ainsi aisé d'y estimer le taux d'alluvionnement moyen, soit 4,5 cm par an. 24 analyses granulométriques ont été réalisées sur ce prélèvement. Pour la représentation des résultats, nous avons utilisé la classification de SHEPARD (1954) : graviers (- 1 phi ou 2 mm), sables (4 phi ou 64 mm), silts (8 phi ou 0,004 mm), argiles.

Les courbes cumulatives, le diagramme triangulaire, le diagramme de PASSEGA, permettent de distinguer trois ensembles (fig. 8) :

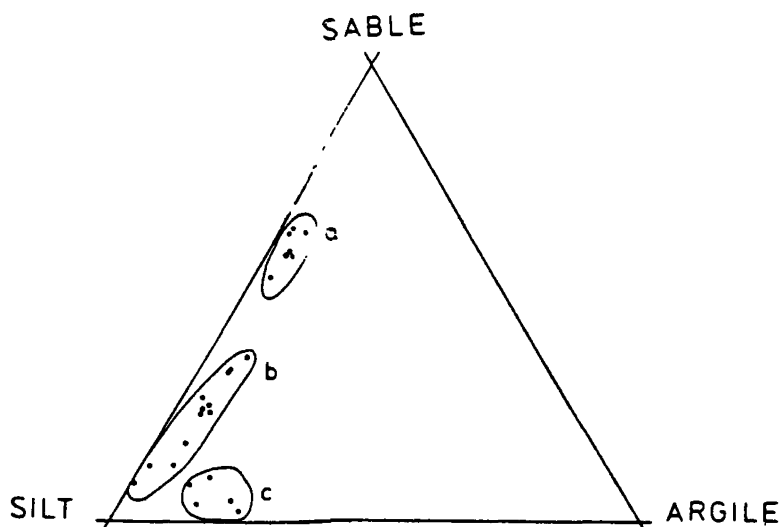
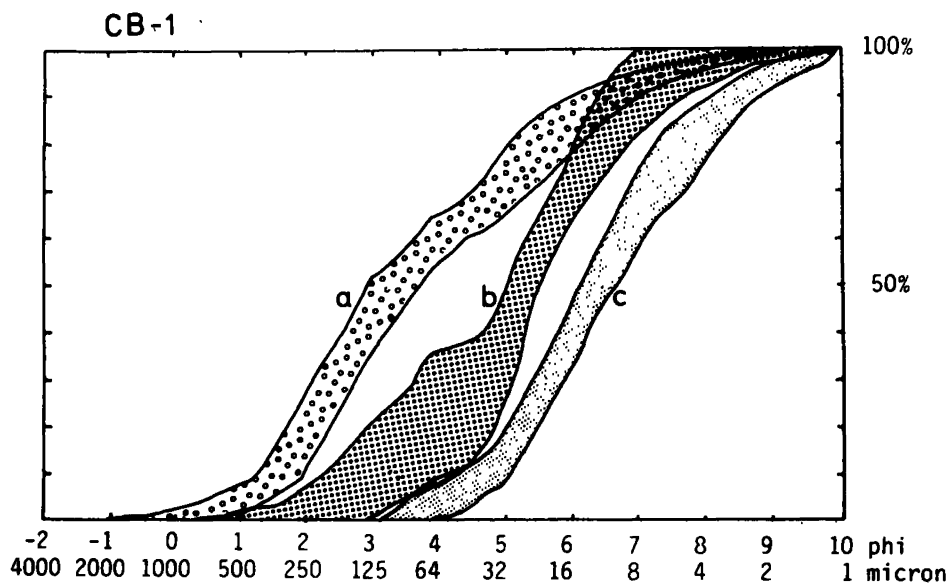


Fig. 8 a : Granulométrie du prélèvement CT1 : courbes cumulatives en ordonnée arithmétique et diagramme triangulaire (argile, silt, sable).

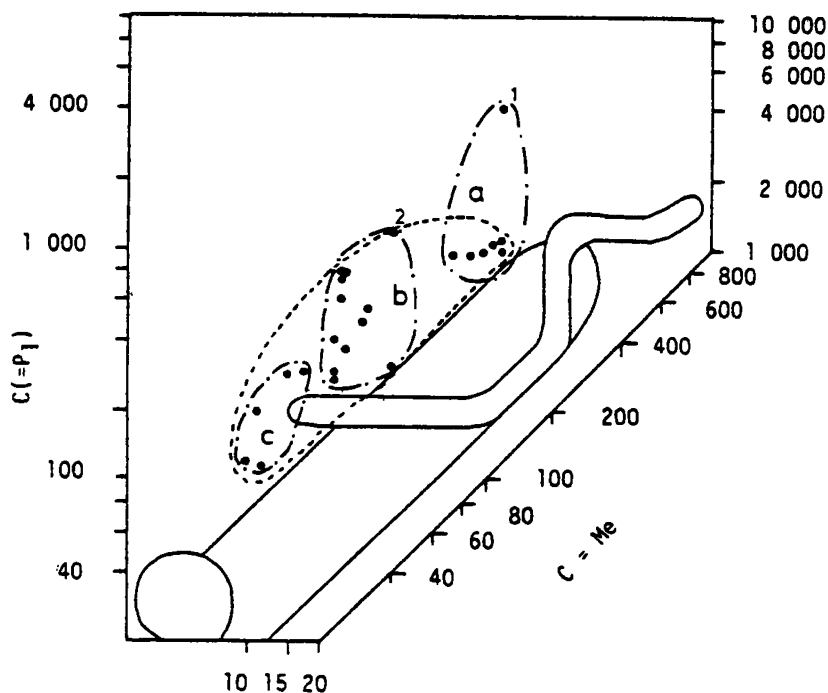


Fig. 8 b : Situation des échantillons du prélèvement CT1 dans le diagramme de PASSEGA.

- l'ensemble "a" (7 échantillons) contient 53 à 65 % de sable, 31 à 43 % de silt, 2 à 6 % d'argile : "sable silteux" ;
- l'ensemble "b" (12 échantillons) contient 8 à 36 % de sable, 56 à 91 % de silt, 1 à 8 % d'argile : "silt sableux" ;
- l'ensemble "c" (5 échantillons) contient 2 à 10 % de sable, 74 à 82 % de silt, 11 à 24 % d'argile : "silt argileux".

Séparément, à chacun des échantillons, sont associées des courbes cumulatives de forme brisée ; des histogrammes de fréquence simple plurimodaux leur correspondent. Ces faits sont à mettre en relation avec la localisation du prélèvement, point de rencontre de trois apports sédimentaires, le torrent de la Pisse (dont le delta est très proche, en amont, fournit l'essentiel du matériau sableux), la Romanche qui charrie des dépôts plus fins, le lac lui-même où décantent les argiles.

L'étude de ces prélèvements à l'aide du diagramme de PASSEGA montre que tous les échantillons, sauf un, se situent dans une zone parallèle à celle des turbidites (fig. 8 b).

Le prélèvement CT7 : Il est situé en rive droite de la Romanche, en bordure d'une terrasse découpée par la vidange de 1981 (fig. 1). Le prélèvement, d'une hauteur d'environ 8 m, a été interrompu dans du sable, au niveau du lit actuel de la Romanche.

Le paléosol n'a pas été atteint. Des lamines silto-argileuses et des niveaux sableux se succèdent. Plusieurs figures de stratification entrecroisée, témoignant d'une chenalisation divagante, étaient identifiables dans les niveaux sableux.

Les résultats de 63 analyses granulométriques, concernant les 60 cm supérieurs, montrent des courbes cumulatives en ordonnées simples, se groupant dans un faisceau dont 4 se séparent totalement et 3 partiellement, du fait d'une granularité plus grossière ; 2 échantillons montrent une teneur en sable supérieure à 5 % (fig. 9 a).

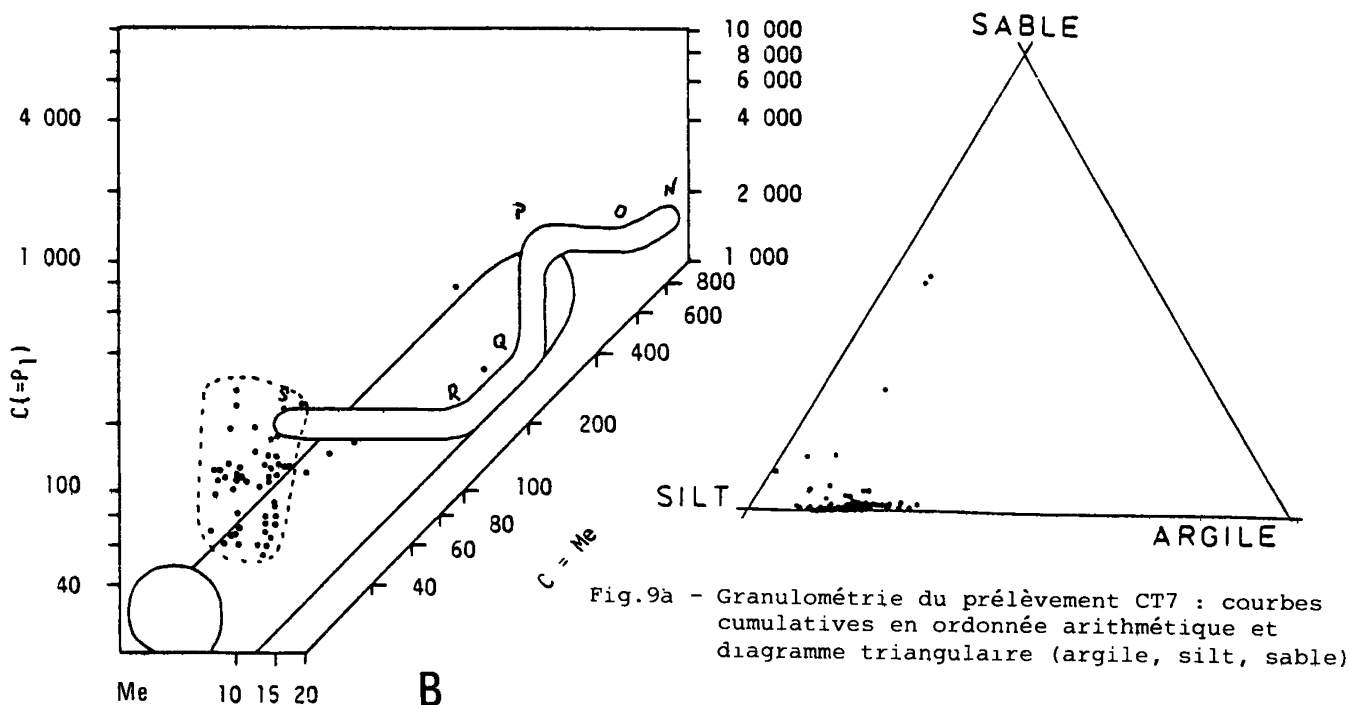
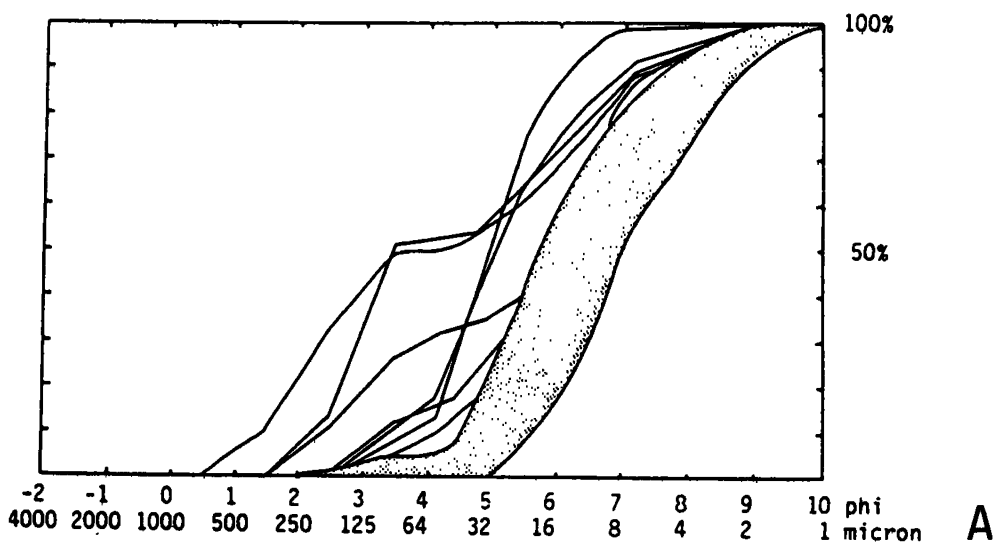


Fig.9a - Granulométrie du prélèvement CT7 : courbes cumulatives en ordonnée arithmétique et diagramme triangulaire (argile, silt, sable)

Fig.9b - Situation des échantillons du prélèvement CT7 dans le diagramme de Passega.

Les médianes des courbes cumulatives du faisceau sont comprises entre 5,7 et 7 phi. L'asymétrie est comprise entre -0,25 et 0,35 phi pour la totalité des échantillons et entre -0,1 et 0,3 pour 57 d'entre eux ; 15 montrent une asymétrie négative, 48 une asymétrie positive. Cela indique un classement plus important du côté des éléments grossiers. Les valeurs de l'aplatissement varient de -1 à 1,8 phi pour les 63 échantillons et entre 0,38 et 1 phi pour 58 d'entre eux ; 21 montrent un aplatissement négatif, 42 un aplatissement positif. Ces résultats témoignent d'une granulométrie relativement étalée.

Le diagramme de PASSEGA montre qu'une partie des échantillons est groupée dans la zone des turbidites au sens strict ; la deuxième partie en est proche, mais témoigne d'un courant de plus forte énergie (fig. 9 b) ; 58 échantillons sur les 63 étudiés se regroupent dans un ensemble parallèle au segment PQ du diagramme, c'est à dire à la zone des sédiments granoclassés avec quelques particules roulées. Cette interprétation conforte l'idée d'une mise en place des sédiments par courants de forte énergie.

Le prélèvement C23 : L'intérêt de ce prélèvement est qu'il représente la sédimentation de mai 1980 à janvier 1981, ce qui correspond à la période entre deux vidanges. Il est situé au pied du delta du torrent de la Pisse (fig. 1) ; 17 échantillons ont été séparés, représentant un total de 54 lamines sur 6,8 cm, soit une moyenne de 1,25 mm par lamine (fig. 10).

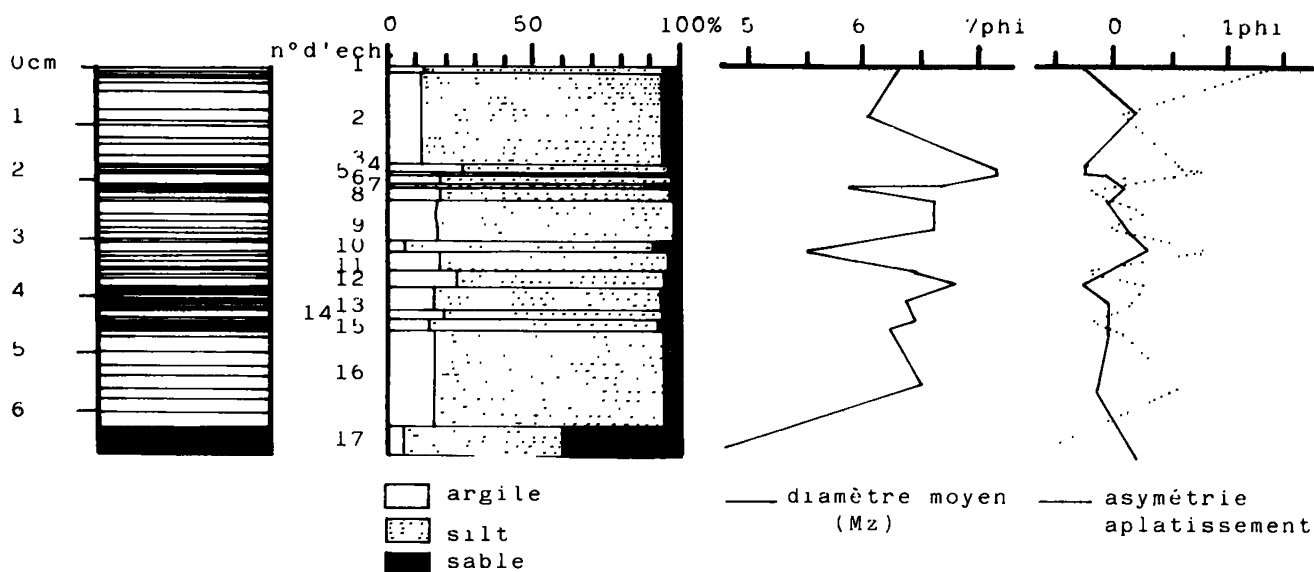


Fig. 10 : Coupe détaillée (1) et paramètres granulométriques (2) du prélèvement C23.

Les courbes granulométriques se regroupent en un faisceau d'où 3 se dégage du fait d'une granularité plus élevée. L'homogénéité apparente de la granularité des lamines n'est pas confirmée par l'étude de l'asymétrie et de l'aplatissement. L'asymétrie varie de 0,29 à -0,24 et l'aplatissement de 1,35 à 0,6. L'échantillon correspondant à la base du prélèvement montre la granularité la plus élevée et

l'aplatissement le plus négatif. Il date de la vidange de 1980. Il résulte du ruissellement sur les terrasses. Si on compare le diagramme de PASSEGA de ce prélèvement (fig. 11) à celui du prélèvement CT7 (fig. 9 b), on constate que C23 correspond à un dépôt par des courants de plus forte énergie que pour CT7.

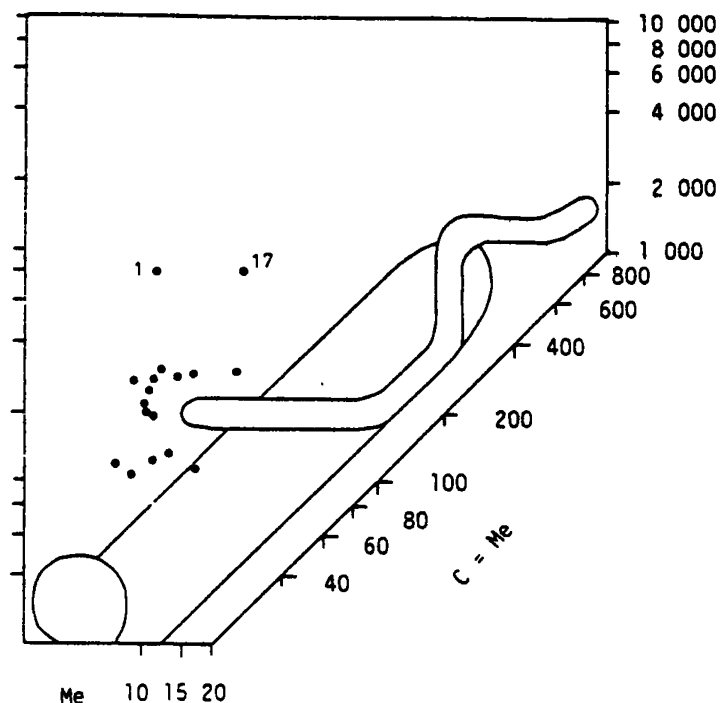


Fig. 11 : Situation des échantillons du prélèvement C23 dans le diagramme de PASSEGA.

VII - DISCUSSION

La morphologie sous-lacustre du Chambon, les figures sédimentaires rencontrées sont caractéristiques d'une sédimentation orchestrée par des courants de forte énergie.

Les résultats des analyses granulométriques forment un ensemble d'où se dégagent des caractéristiques communes. Les courbes cumulatives en ordonnées arithmétiques se groupent dans un faisceau relativement homogène permettant de caractériser le matériau comme étant "silty-sableux". Quelques lamines sont plus grossières, témoignages d'épisodes de transports par des courants de très forte énergie. Inversement, les lamines argileuses proviennent des périodes calmes pendant lesquelles les courants sous-lacustres sont très faibles ou absents, principalement pendant la pose hivernale. Ces lamines argileuses sont toujours très fines et claires.

L'allure brisée des courbes caractérise la multiplicité des apports. Ce phénomène est d'autant plus remarquable à proximité du torrent de la Pisse.

La majorité des échantillons montre un classement fort du côté des éléments grossiers (asymétrie positive), ce qui contribue à militer en faveur des courants de forte énergie. Les conclusions sont identiques lorsqu'on étudie les valeurs de l'aplatissement. En effet, la plupart témoignent d'une granularité étalée (aplatissement positif).

La validité de l'utilisation du diagramme de PASSEGA est acquise du fait du grand nombre d'analyses effectuées. De ce fait, on constate que le matériau étudié est mis en place par des courants caractérisant la formation des turbidites et des sédiments roulés avec quelques particules en suspension.

Ainsi, l'ensemble des observations précédentes et des résultats d'analyses granulométriques aboutit à la même conclusion : ces sédiments se sont déposés dans la retenue du Chambon sous l'action de courants de forte énergie. Mais il existe différents types de courants de forte énergie. Suivant leur densité, les eaux affluents peuvent se répandre en surface (courants de surface), entre deux eaux (courants d'interflux), en profondeur (courants d'inféroflux ou de turbidité) (STURM et MATTER, 1978).

Les figures sédimentaires observées témoignent de l'action d'un courant sur le fond, ce qui est confirmé par la présence d'un chenal divaguant. Cela est à mettre sur le compte de la forte densité de l'eau pénétrant dans le lac due à la charge solide plus qu'à une différence de température des eaux du lac. En effet, les apports dans le lac du Chambon se font par des torrents exerçant une forte action érosive dans le bassin versant, en particulier sur les schistes du Lias. Celle-ci est illustrée par la valeur élevée du débit spécifique de la Romanche ($q = 35 \text{ l/s/km}^2$) avec une grande variation entre le minimum et le maximum mensuels (rapport de 1 à 67).

VIII - CONCLUSION

En 1981, la vidange totale de la retenue du Chambon (Romanche - Alpes françaises) a permis de réaliser des prélèvements et des observations des figures sédimentaires directement sur le fond du lac. La mise en évidence d'un régime nivo-glaciaire, les nombreuses analyses granulométriques effectuées, ainsi que la description des figures sédimentaires rencontrées déterminent les conclusions suivantes: les alluvions de la retenue du Chambon peuvent être définies comme un dépôt mis en place par des courants d'inféroflux (courants de turbidité). Leur périodicité est responsable de la formation de nombreuses lamines successives par an, ce qui les distingue des varves. Pour éviter toute confusion, nous proposons de nommer ce dépôt "faciès à lamines".

BIBLIOGRAPHIE

- BERGSTROM R. (1968). - Stratigraphy and ice recession in the southern part of Väasterbotten. In : County. Sver. Geol. Unrers., Ser. C., n° 634, 76 p.
- BOUMA A .H. (1962). - Sedimentology of some flysch deposits. Elsevier, Amsterdam, 168p.
- DE GEER E.H. (1962). A geochronology of the last 12000 years. 11th Int. Geol. Congr., 1910, I., pp. 241-253.
- FOLK R.L., WARD X.T. (1957). - Brazos River Bur., a study in the signifiante of grain size parameters. J. Sed. Petrol., 27, pp. 3-27.
- GILBERT G.K. (1885). - The topographic features of lake shores. Am. Report U.S. Survey, 5, pp. 69-123.
- HANSON G. (1932). - Varved clays of Tide Lake, British Columbia. Trans. Soc. Can., sect. 3, pp. 225-341.
- JÄRNEFORS B. (1956). - Isrecessionem inom Uppsalaomradet. Geol. Fören. Förhandl, 78, pp. 301-315.

- KUENEN P.H. (1953). - Significant features of graded bedding. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 37, pp. 1044-1066.
- LAMBERT A. (1979). - Non annual cycles of varve like sedimentation in Walensee, Switzerland. Sedimentology, 26, pp. 453-461.
- LEFORT P., PECHER A. (1971). - Géologie des terrains cristallins de la Meije (Alpes du Haut-Dauphiné, France). Géologie Alpine, 47, pp. 69-78.
- PASSEGA R. (1957). - Texture and characteristic of clastic deposition. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 41, pp. 1952-1984.
- ROSS D.A., DEGENS E.T. (1974). - Recent sediments in Black Sea. Am. Ass. Petrol. Geol. Mem., 20, pp. 183-199.
- SANDERS J.E. (1965). - Primary sedimentary structures formed by turbidity currents and related resedimentation mechanisms. In Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation. Ed. Middleton ; Soc. Econ. Paleonto. Miner., Sp. publ., 12, pp. 192-219.
- SCHWARZBACH . (1940). Das diluviale Klima während das Höchststandes einer Vereisung. Z. Deut. Geol. Ges., 92, pp. 565-582.
- SIKIRDJI L. (1982). - Etude sédimentologique et géotechnique des alluvions déposées dans la retenue du Chambon (vallée de la Romanche - Isère) après 45 ans d'exploitation. Thèse Doct. Spéc. Géologie Appliquée, Univ. Scient. et Méd. de Grenoble, 195 p.
- SIKIRDJI L., FABRE D., GIRAUD A. (1982). - L'envasement de la retenue du Chambon après un demi-siècle d'exploitation. IV° Int. Congr. I.A.E.G., New-Delhi, India, dec. 1982.
- SHEPARD F.P. (1954). - High velocity turbidity currents, a discussion. Royal Soc, London, Proc., series A, 222, pp. 323-326.
- STUMPF W. (1916). - Methode der Deltavermessungen der Abteilung für Wasserwirtschaft. Ann. Schweiz. Landeshydrographie, 2.
- STURM M., MATTER A. (1978). - Turbidites and varves in lake Brienz (Switzerland); deposition of clastic detritus by density currents. Sp. Publ. Int. Ass. Sediment., 2, pp. 147-168.