DESCRIPTION D'UN NOUVEAU MODELE DE CAROTTIER POUR SEDIMENTS FINS*

G. ROFES**, M. SAVARY**

L'étude des sédiments commencée sur le terrain, puis complétée en laboratoire, fait appel à des techniques diversifiées tenant compte aussi bien de la nature des matériaux prospectés que des composantes à examiner.

Les modèles ayant fait leurs preuves peuvent être classés en trois catégories :
utilisé à partir d'une rive ou d'une embarcation selon l'accessibilité des lieux, qu'il s'agisse d'un cours d'eau, d'un étang, d'un lac, d'une retenue, etc...

Les techniques les plus courantes consistent généralement à recueillir des échantillons de sédiments à l'aide d'appareils conçus tantôt pour râcler les fonds, entaillant de larges surfaces sur de faibles épaisseurs, tantôt pour découper verticalement des échantillons de forme cylindrique à plus faible section, ou « carottes ».

1. — PRINCIPAUX MODES DE PRELEVEMENT DES SEDIMENTS FINS

Les nombreux engins décrits dans la littérature sont utilisés aussi bien en océanographie qu'en biologie, limnologie, sédimentologie, etc.

Les modèles ayant fait leurs preuves peuvent être classés en 3 catégories :

1.1. — les dragues, appareils de forme rectangulaire, conique, etc. Elles peuvent être tirées par un câble, telles les dragues quantitatives ou benthomètres (CHODOROWSKI, 1971), ou être solidaires d'un manche fixe ou inclinable (C.T.G.R.E.F., 1980).

1.2. — les bennes, à mâchoires articulées commandées à distance. Certains modèles courants sont connus de longue date, tels que la benne d'EKMANN (1911), modifiée par BIRGE (1922), puis par BURTON et FLANNAGAN (1973), ROWE et CLIFFORD (1973) : la benne de PETERSEN (1911), décrite par KAJAK (1971), CHODOROWSKI (1971) ; la benne de VAN VEEN (*in* THAMDRUP, 1938).

D'autres modèles plus récents, de conception différente, ont été proposés par ALLAN (1952), SMITH-McINTYRE (1954), FORD et HALL (1958), en forme de coupole munie de mâchoires très puissantes (VERNEAUX, 1966), à commande pneumatique (MURRAY et CHARLES, 1975).

1.3. — les carottiers, dispositifs tubulaires découpant des échantillons cylindriques. L'originalité de ces appareils réside dans leur faculté de récupérer des échantillons aussi peu déformés que possible, à l'aide de tubes pourvus de systèmes de fermeture plus ou moins complexes dont le diamètre est de quelques centimètres dans la majorité des cas, pouvant atteindre exceptionnellement 21 cm (BURKE, 1969).

Leur longueur, généralement inférieure au mètre, peut cependant atteindre 6 m (MACKERETH, 1958), et même parfois 12 m (BARTON et BURDEN, 1979) ; dans ces derniers cas il s'agit toujours d'utilisation en milieux lacustres.

2 — COMPACTE DU SEDIMENT ET TYPES DE CAROTTIERS

En présence de sédiments fluides, la fermeture en haut et en bas des tubes doit être parfaitement étanche. Elle est généralement assurée à l'aide de couvercles se rabattant latéralement sous l'action de ressorts (JENKIN, *in* MORTIMER (1942) ; ELGMORK (1962) ; GIANI (1974).

Les difficultés de fermeture apparaissent dès que le sédiment devient consistant. La plupart des tubes sont alors surmontés d'un dispositif d'arrimage, comprenant une valve de fermeture, qui les alourdit et facilite leur enfoncement, mais ils demeurent ouverts à la base.

Certains cependant disposent à ce niveau de lames pivotantes ou de clapets dont le bon fonctionnement dépend de la compacité du sédiment ; d'autres, assez rares, sont pourvus de sphincters (BURKE, 1968 ; WILLIAMS et PASHLEY, 1979).

De nombreux appareils sont munis d'un piston destiné à aspirer l'échantillon au fur et à mesure de l'enfoncement du tube dans le sédiment. Celui-ci est de dimension très variable selon les auteurs : BROWN (1956), $d^{\circ} = 4,6 \text{ cm}$, $l^{\circ} = 1,37 \text{ m}$; MACKERETH

* Brevet ANVAR n° 75 28 502 du 17-9-1975.

** Division Qualité des Eaux, Pêche et Pisciculture. CENTRE NATIONAL DU MACHINISME AGRICOLE DU GENIE RURAL DES EAUX ET DES FORETS (CEMAGREF), 3 Quai Chauveau, 69009 LYON.

(1958), $d^{\circ} = 5$ cm, $l^{\circ} = 6$ m et (1969), $d^{\circ} = 5$ cm, $l^{\circ} = 1$ m ; DAVIS et DOYLE (1969), $d^{\circ} = 2,9$ cm, $l^{\circ} = 1$ à 2 m ; MURRAY (1976), $d^{\circ} = 3,5$ cm, $l^{\circ} = 1,50$ m ; BARTON et BURDEN (1979), $d^{\circ} = 5$ cm, $l^{\circ} = 12$ m ; WILLIAMS et PASHLEY (1979), $d^{\circ} = 10$ cm, $l^{\circ} = 1$ m. ($d^{\circ} =$ diamètre, $l^{\circ} =$ longueur).

L'efficacité du piston est améliorée dans certains cas par un dispositif pneumatique actionné à distance (MACKERETH, 1958), ou directement sur le fond par un plongeur (WALKER, 1967).

Dans d'autres cas, les appareils disposent d'un faisceau de tubes permettant de multiplier le nombre de prélèvements, tel que le « triple carottier » de KEMP et al. (1971), ou bien le « carottier multiple » de HAMILTON et al. (1970).

Certaines techniques ont recours à la congélation, l'échantillon se figeant autour d'une aiguille cryogénique remplie d'azote liquide (STOCKER et WILLIAMS, 1972), ce mode d'échantillonnage convenant plus particulièrement aux milieux riches en sables, graviers, galets.

Enfin, certains dispositifs destinés à l'observation des couches superficielles du sédiment « *in situ* » (10 à 20 premiers centimètres), sont munis d'un appareil photographique monté sur une chambre biseautée à 45°, le tout immergeable jusqu'à 100 m (RHOADS et CANDE, 1971).

Les difficultés d'utilisation des carottiers résident aussi bien dans la pénétration du sédiment que dans la récupération d'échantillons représentatifs, à la fois des couches voisines de l'interface, très maléables et déliquescentes, et des couches profondes accessibles au carottier.

Les causes susceptibles d'entraîner la déformation des échantillons sont multiples : épaisseur des parois, frottements internes, compression des couches entraînant une contraction verticale, tous ces phénomènes étant plus ou moins accentués selon le diamètre du tube et la vitesse de pénétration.

HONGVE et ERLANDSEN (1979), après différents essais en nature et en laboratoire, ont conclu à l'écrasement des couches tendres par les couches plus résistantes dans le cas de sédiments stratifiés, phénomène de compression dont le degré peut atteindre 50 % de l'échantillon, sans l'aide d'un piston. Les meilleurs résultats semblent obtenus avec les tubes de plus fort diamètre et les plus grandes vitesses d'enfoncement de ces derniers.

3. — DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

La nécessité d'effectuer un nombre croissant de prélèvements qualitatifs et quantitatifs, face aux problèmes posés par l'étude des sédiments, a conduit les différents utilisateurs à envisager l'emploi d'un matériel adapté aux besoins et moyens mis en œuvre.

La gamme des matériels de prélèvement utilisable et disponible sur le marché s'est rapidement révélée très limitée. Qu'il s'agisse des bennes ou des carottiers, essentiellement conçus pour les milieux lacustres ou marins, ceux-ci ne prélèvent qu'en surface ou font appel à des moyens d'intervention très lourds pour atteindre les couches profondes.

Dans ces conditions, la nécessité de disposer d'appareils à la fois maniables et suffisamment performants a conduit la Division Qualité des Eaux, Pêche et Pisciculture, à concevoir et mettre au point un nouveau type de carottier.

3.1. - Description

L'appareil se compose d'un bâti métallique (fig. 1.1) en acier inoxydable à forme rectangulaire, de section carrée (12 × 12 cm extérieur, 11 × 11 cm, fig. 1.2), d'une longueur de 110 cm, à trois faces pleines, lisses extérieurement. Une vitre de plexiglass transparente (fig. 1.3), longue de 90 cm, amovible, occupe la face frontale évidée.

Les parois d'une épaisseur de 0,15 cm (fig. 2.1) sont doublées intérieurement sur les deux faces latérales par des plaques de PVC de 0,5 cm d'épaisseur (fig. 2.2), ménageant des gorges le long de la face frontale pour permettre le dégagement de la vitre de plexiglass (fig. 2.3). Le long de la face dorsale (fig. 2.4), ces gorges se terminent en quart de cercle contre la face frontale (fig. 1.4) pour permettre le passage d'une lame de plastique souple (fig. 2.5).

La fermeture haut et bas de la partie du tube recevant les échantillons, longue de 90 cm, est assurée à l'aide de la lame de plastique souple munie d'un tranchant métallique (fig. 1.5.), sur laquelle est fixée au sommet un couvercle métallique disposé à angle droit (fig. 1.6).

3.1.1. - VERSION « CAROTTIER A MAIN »

Le toit du bâti métallique (fig. 1.7) est solidaire en son centre d'un manchon (fig. 1.8) à l'intérieur duquel coulisse une tige (fig. 1.10) solidaire du couvercle (fig. 1.11).

Cette tige et le manchon sont terminés par des embouts filetés (fig. 1.9 et 1.12) pouvant recevoir des manches supplémentaires en 1 ou 2 m, permettant le travail à plus grande profondeur.

Fig. 1 : schéma du carottier à main

Fig. 2 : coupe transversale selon A.A.

3.1.2. - VERSION « CAROTTIER DE LAC »

Pratiquement semblable au modèle précédent, le carottier de lac diffère essentiellement par son mode de sustentation et son système de commande du dispositif de fermeture.

L'appareil est suspendu au câble de rappel par l'intermédiaire d'une courte tige cylindrique (fig. 4.1) couissant dans une embase (fig. 4.2) disposée à l'intérieur du bâti métallique (fig. 4.3).

A la base de cette tige est tendu un câble (fig. 4.4) s'enroulant autour d'une poulie (fig. 4.5) et fixé au levier de commande (fig. 4.6) du dispositif de fermeture, comprenant couvercle et lame souple (fig. 4.7), au sommet duquel il est attaché.

Une languette en forme de U (fig. 4.8) pivote perpendiculairement à l'embase dont elle est solidaire de manière à pouvoir se loger dans une gorge entaillée dans la tige centrale cylindrique (fig. 4 bis). Elle est maintenue dans cette position tant que l'effort de traction occasionné par le poids du carottier sur le câble de rappel est suffisant (fig. 4). Si

cet effort s'atténue et atteint moins de 5 à 7 kg de traction (mise en place dans le sédiment). la languette mue par un ressort de rappel s'esquive (fig. 5 bis) et libère le passage de la tige cylindrique hors de l'embase (fig. 5).

Fig. 3 : Vues comparées du carottier à main (à gauche) et du carottier de lac (à droite).

3.2. - Fonctionnement et manipulation

3.2.1. - CAROTTIER A MAIN

L'appareil est ouvert lorsque la tige centrale solidaire du couvercle est tirée vers le haut et maintenue en position haute (fig. 6).

L'enfoncement du carottier (poids 8,9 kg) dans le sédiment est facilité en appuyant sur le manche solidaire du bâti. A la profondeur voulue, la tige centrale poussée vers le bas permet d'actionner le dispositif de fermeture isolant entièrement l'échantillon du sédiment (fig. 7).

Le carottier est ensuite remonté en surface en tirant sur le manche extérieur, solidaire du bâti.

Fig. 4 : Carottier de lac. Vue schématique du système de commande d'ouverture — fermeture.

Fig. 5 : Position de fermeture.

A. A

Fig. 4 bis : Languette (4.8) en position de blocage de la tige cylindrique (4.1) dans son embase.

B. B

Fig. 5 bis : Languette dégagée. La traction sur le câble de soutien entraîne la fermeture du carottier.

3.2.2. - CAROTTIER DE LAC

Le blocage de la tige cylindrique dans son embase par une languette pivotante (fig. 4 et 4 bis), sous l'effort de traction occasionné par le poids du carottier, permet de maintenir celui-ci en position d'ouverture.

Au fur et à mesure que le carottier s'enfonce dans le sédiment, la traction sur le câble diminue, la languette mue par un ressort reprend sa position initiale et libère le passage dans l'embase. Une nouvelle traction du câble entraîne la fermeture progressive et complète du carottier (fig. 5), puis son dégagement du sédiment et la remontée vers la surface.

L'observation des échantillons à travers la vitre transparente donne un premier aperçu qui peut être confirmé en dégageant progressivement celle-ci vers le bas. L'observation directe peut s'accompagner de mesures « *in situ* » de divers paramètres (température, pH, Eh, rH, ...) avant fractionnement et mise en réserve en milieu réfrigéré en vue des analyses de laboratoire.

Il est également possible de photographier les échantillons en place dans le carottier.

Fig. 6 : Schéma du carottier à main en position d'ouverture.

Fig. 7 : Position de fermeture.

4. — DOMAINES D'APPLICATION — RESULTATS

4.1. - Domaines d'application

Le carottier à main convient plus particulièrement aux milieux relativement peu profonds (5-6 m), recouverts de sédiments fins essentiellement ou type vase. Il a été couramment utilisé en cours d'eau, étangs, lagunes...

En présence de milieux moins accessibles, le carottier de lac a été essayé avec succès par 60 m de fond dans le lac du BOURGET, par 90 m de fond dans la retenue de SERRE-PONÇON sur la DURANCE, les échantillons remontés atteignant de 60 à 85 cm de haut.

4.2. - Quelques résultats

Les divers prélèvements effectués en cours d'eau, en étang ou en lac, ont permis de tester l'efficacité des appareils dans la récolte d'échantillons à partir de sédiments à dominance de particules très fines argilo-limoneuses, mais aussi dans certaines limites à dominance sableuse.

Fig. 8 : Carottage sur le bord d'un cours d'eau.

Fig. 9 : Vue de l'échantillon après dégagement de la vitre transparente (hauteur 61 cm).

Fig. 10 : Vue d'une carotte prélevée par 90 m de fond dans la retenue de SERRE-PONÇON (hauteur 65 cm).

Les carottages effectués à l'aide du carottier à main dans l'Oise par exemple, au point 1 par 2 m de fond, au point 2 sous 1 m d'eau, ont donné lieu aux observations et résultats consignés dans le tableau 1.

Dans le premier cas, l'échantillon d'une hauteur de 90 cm montre assez peu de variations concernant la taille des particules, s'agissant essentiellement de limons et argiles (89 à 98 %).

Dans le second cas (échantillon de 80 cm), les couches profondes diffèrent par l'abondance des fractions sableuses (63 à 84 %) de celles qui les surmontent (3 à 5 %).

Les autres paramètres évoluent normalement avec la profondeur, qu'il s'agisse du pH, du pouvoir réducteur (rH), de la teneur en eau (sous l'effet du tassement) ou des éléments suivants.

Les meilleurs résultats de carottages ayant entraîné le minimum de déformation des échantillons ont été obtenus en opérant à vitesse lente, aussi bien à l'enfoncement du carottier qu'à l'extraction. Cette manœuvre à faible profondeur, conduite manuellement, est relativement aisée. A plus grande profondeur, elle est contrôlée en agissant à la fois sur le nombre de lests additionnels dont dispose le carottier de lac et sur le tarage du ressort de rappel de la languette bloquant le dispositif en position d'ouverture.

Les carottages effectués en différents points de la retenue de SERRE-PONÇON ont permis de prélever des échantillons de 60 à 80 cm de haut (fig. 10) dans la zone la plus profonde (90 m).

Afin de faciliter l'observation et les mesures le long du profil (fig. 11), le carottier a dû être incliné vers l'arrière pour empêcher l'échantillon de fluer et de se déformer. Les analyses pratiquées en laboratoire font apparaître qu'il s'agit bien de sédiments très fins contenant 98 à 99 % de particules argilo-limoneuses, mais assez pauvres en eau (68 à 76 % du poids sec), coïncidant avec une concentration de matière sèche par litre de vase en moyenne très élevée (910 à 956 g/l). La teneur en carbone organique paraît plutôt faible (1,3 %), celle des carbonates élevée (32 à 33 %).

Fig. 11 : SERRE-PONÇON - Résultats des mesures effectuées « in situ » sur une carotte prélevée par 90 m de fond.

5. — CONCLUSION

Parmi les nombreux types d'appareils susceptibles de prélever des échantillons de sédiments non sableux, les carottiers présentent des avantages signalés et discutés par de nombreux auteurs (MORTIMER, 1942 ; BRINKHURST *et al.*, 1969 ; FLANNAGAN, 1970 ; HAMILTON *et al.*, 1970 ; KAJAK, 1971, etc.).

Les contraintes imposées par certaines utilisations conduisent parfois à des réalisations complexes et sophistiquées (WILLIAMS et PASHLEY, 1979).

Les résultats obtenus à l'aide du carottier à main et du carottier de lac semblent donner jusqu'à présent satisfaction dans la prospection de milieux aussi divers que les cours d'eau, étangs, lagunes, lacs, retenues, etc., en présence de sédiments relativement fluides à légèrement compacts ou sableux, ces derniers types de milieu étant plus faciles à prospecter à l'aide du carottier à main.

Il semble également que le travail à vitesse plutôt lente permette de minimiser les effets de paroi, de compression, de remise en suspension des couches de l'interface lors de la remontée, en raison de la section relativement importante des appareils, de la faible épaisseur des parois et du tranchant des bords d'attaque.

Enfin, la présence d'une vitre transparente amovible constitue un avantage précieux dans l'observation des carottes, les mesures de certains paramètres et l'échantillonnage.

Aucun appareil ne peut cependant donner entière satisfaction dans la récolte d'échantillons de sédiments et notamment de la faune qui leur est associée, en raison des déformations induites et des pertes pouvant survenir au cours de la remontée. En l'absence de méthode universelle, le choix d'un appareil de prélèvement doit tenir compte des types de substrat ainsi que des groupes faunistiques à échantillonner (FLANNAGAN, 1970 ; GIANI, 1974).

TRAVAUX CITES

- ALLAN J.R.H., 1952. A hand operated quantitative grab for sampling river beds. *J. Anim. Ecol.* (21) (1), 159-160.
- BARTON C.E. et BURDEN F.R., 1979. Modification to the MACKERETH corer. *Limnol. Oceanogr.* 24 (5), 977-983.
- BIRGE E.A., 1922. A second report on limnological apparatus. *Trans. Wis. Acad. Sci. Arts Lett.*, 20, 533-552.
- BURKE J.C., 1958. A sediment coring device of 21 cm diameter with sphincter core retainer. *Limnol. Oceanogr.*, 13 (4), 714-718.
- BURTON et FLANNAGAN J.F., 1973. An improved EKMAN type grab. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30, 287-290.
- BRINKHURST R.O., CHUA K.E. et BATOOSINGH E., 1969. Modifications in sampling procedures as applied to the studies on the bacteria and tubificid oligochaetes inhabiting aquatic sediments. *J. Fish. Res. Board Can.*, 26 (10), 2581-2593.
- BROWN S.R., 1956. A piston sampler for surface sediments of lake deposits. *Ecology*, 37 (3), 611-613.
- CHODOROWSKI A., 1971. L'échantillonnage des peuplements d'invertébrés des eaux continentales stagnantes. In LAMOTTE M. et BOURLIERE F. *Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques*. Masson et Cie Edt., Paris, 294 p.
- C.T.G.R.E.F., Janv. 1980. Etude des sédiments — Méthodes de prélèvement et d'analyses. Etude N° 47 - 50 p.
- DAVIS R.B. et DOYLE R.W., 1969. A piston corer for upper sediment in lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 14 (4), 643-648.
- EKMAN S., 1911. Neu Apparate zur qualitativen und quantitativen Untersuchung der Bodenfauna der Binnensen. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 3, 553-561.
- ELGMORK K., 1952. A bottom sampler for soft mud. *Hydrobiologia*, 20 (2) 167-172.
- FLANNAGAN J.F., 1970. Efficiencies of various grabs and corers in sampling freshwater benthos. *J. Fish. Res. Board Can.*, 27 (10) 1691-1700.
- FORD J.B. et HALL R.E., 1958. A grab for quantitative sampling in stream muds. *Hydrobiologia*, 11 (3-4), 198-204.
- GIANI N., 1974. Description d'un nouveau type de carottier pour les sédiments très fluides. *Annls. Limnol.*, 10 (1) 99-108.
- HAMILTON A.L., BURTON W., FLANNAGAN J.F., 1970. A multiple corer for sampling profundal benthos. *J. Fish. Res. Board Can.*, 27 (10) 1867-1869.
- HONGVE D. et ERLANDSEN A.H., 1979. Shortening of surface sediment cores during sampling. *Hydrobiologia*, 65 (3), 283-287.
- KAJAK Z., 1971. Benthos of standing water. In EDMONDSON W.T. et WINBERG G.G. *A manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters*. I.B.P. Handbook N° 17., Blackwell Scient. Publ. Oxford and Edinburgh, 358 p.
- KEMP A.L.W., SAVILE H.A., GRAY C.B. et ALENA MUDROCHOVA, 1971. A simple corer and a method for sampling the mud water interface. *Limnol. Oceanogr.*, 16 (4), 689-694.
- MACKERETH F.J.H., 1958. A portable core sampler for lake deposits. *Limnol. Oceanogr.*, 3 181-191.
- MACKERETH F.J.H., 1969. A short core sampler for subaqueous deposits. *Limnol. Oceanogr.*, 14, (1) 145-151.
- MORTIMER C.H., 1942. The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes. *J. Ecol.*, 30, 145-201.
- MURRAY D.A. 1976. A light weight corer for sampling soit subaqueous deposits. *Limnol. Oceanogr.*, 2 (2), 341-344.
- MURRAY T.D. et CHARLES W.N., 1975. A pneumatic grab for obtaining large, undisturbed mud samples : its construction and some applications for measuring the growth of larvae and emergence of adult Chironomidae. *Freshwat. Biol.*, 5, 205-240.
- PETERSEN C.G.J., 1911. Valuation of the sea. 1. Animal life of the sea-bottom, its food and quantity. *Rep. Danish Biol. Sta.*, 20, 1-76.
- RHOADS D.C. et CANDE S., 1971. Sediment profile camera for *in situ* study of organism — sediment relations. *Limnol. Oceanogr.*, 16 (1) 110-114.
- ROWE G.T. et CLIFFORD C.H., 1973. Modifications of the BIRGE-EKMAN box corer for use with SCUBA or deep submergence research vessels. *Limnol. Oceanogr.*, 18 (1) 172-175.

- SMITH W. et McINTYRE A.D., 1954. A spring-loaded bottom sampler. *J. Marine Biol. Assoc. U. K.*, 33, 257-264.
- STOCKER Z.S.J. et WILLIAMS D.D., 1972. A freezing core method for describing the vertical distribution of sediments in a stream bed. *Limnol. Oceanogr.* 17 (1) 136-138.
- THAMDRUP H.M., 1938. Der VAN VEEN Bodengreifer. Vergleichende Versuche über die Leistungsfähigkeit des VAN VEEN und des PETERSEN - Bodengreifers. *J. Conseil*, 13 (2) 206-212.
- VERNEAUX J., 1966. Sur une technique d'analyse benthique quantitative. Adaptation de deux modèles d'échantillonneurs de fond aux prélèvements quantitatifs de la faune benthique en rivière profonde (type Doubs). *Ann. Fac. Sci. BESANÇON, Zool.*, 2. 27-35.
- WALKER B., 1967. A diver - operated pneumatic core sampler. *Limnol. Oceanogr.*, 12 (1) 144-146.
- WILLIAMS J.D.H. et PASHLEY A.E., 1979. Lightweight corer designed for sampling very soft sediments. *J. Fish. Res. Board Can.*, 36 (3) 241-246.