

# Remises en suspension sédimentaires observées en Méditerranée par 2 000 m de profondeur à l'aide de pièges à particules

Flux particulaire  
Marge continentale  
Méditerranée  
Remise en suspension particulaire

Particulate flux  
Continental slope  
Mediterranean Sea  
Resuspension of particles

Philippe CRASSOUS<sup>a</sup>, Alexis KHRIPOUNOFF<sup>a</sup>, Jacques LA ROSA<sup>b</sup>,  
Juan-Carlos MIQUEL<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER),  
Centre de Brest, B.P. 70, 29263 Plouzané, France.

<sup>b</sup> International Laboratory of Marine Radioactivity, International Atomic Energy  
Agency (IAEA), 19, avenue des Castellans, 98000 Principauté de Monaco.

Reçu le 26/03/90, révisé le 22/08/90, accepté le 11/09/90.

## RÉSUMÉ

Deux lignes de mouillages, comprenant quatre pièges à particules de deux modèles différents associés à des courantomètres, ont été immergées au large de Nice par 2 000 m de profondeur pendant une durée de 70 jours entre avril et juin 1987. La forte décroissance du flux particulaire enregistrée pendant cette expérience, qui passe de 1 000 à 95 mg/m<sup>2</sup>/j en quelques jours, met en évidence la présence d'une remise en suspension du sédiment pouvant être liée à de fortes pulsions du courant sur une hauteur supérieure à 200 m. La concentration en carbone organique des particules, qui passe de 1,8 à 3,7 %, est inversement proportionnelle à l'intensité du flux, indiquant de ce fait l'origine sédimentaire des particules recueillies au début de l'expérience. Bien que distants uniquement de quelques centaines de mètres, les pièges rigoureusement identiques ont récupéré une masse de particules bien différente à la fin de l'expérience. Ces variations du flux démontrent la forte hétérogénéité de la remise en suspension à une faible échelle spatiale horizontale. Il se confirme que les talus continentaux sont le siège d'événements sédimentaires sporadiques mais de grande intensité, localisés dans l'espace, mettant en mouvement une très grosse quantité de matériel particulaire sur de grandes distances.

*Oceanologica Acta*, 1991. 14, 2, 115-121.

## ABSTRACT

Sediment resuspensions observed by means of sediment traps in the Mediterranean Sea at 2 000 m depth

Four sediment traps of two different types and two current meters were deployed fixed to two identical moorings, at a depth of 2 000 m, off the coast at Nice, for 70 days between April and June 1987. The particulate flux measured with sediment traps decreased from 1 000 to 95 mg/m<sup>2</sup>/day during this experiment. The carbonate carbon concentration of the particles also decreased during this period; organic carbon concentrations varied inversely with the flux, increasing from 1.8 to 3.7 % of the particle dry weight. It is concluded that these changes reveal the presence of a deep-sea storm with a significant resuspension of sediment to a height greater than 200 m (distance of the traps from the bottom). By the end of the experiment, identical sediment traps had not collected the same particle weight although the distance between them was only 300 m. This flux variation

indicates the high horizontal heterogeneity of the resuspension. The study confirms that continental slopes are the centre of sedimentary events which, although sporadic, are of great intensity, displacing large masses of particulate material over considerable distances.

*Oceanologica Acta*, 1991. 14, 2, 115-121

## INTRODUCTION

L'existence de remise en suspension sur une grande échelle dans les grands fonds océaniques a pu être mise en évidence depuis une dizaine d'années grâce à l'utilisation de caméras sous-marines positionnées près du sédiment sur de longues périodes (Mc Cave et Hollister, 1985). Ces flux énergétiques, souvent épisodiques, en mettant en mouvement une masse importante de sédiment sur une épaisseur et une distance considérables, peuvent modifier la topographie des fonds à des échelles allant du centimètre (Gross *et al.*, 1988 ; Swift *et al.*, 1985) au kilomètre (Hollister et Mc Cave, 1984). Les conséquences de tels phénomènes hydrodynamiques de forte énergie doivent donc être prises en considération dans les modèles de transfert de matière en milieu profond. Actuellement, l'intensité et l'étendue des remises en suspension dues à des événements physiques se font essentiellement par des mesures de néphélogéométrie (Gardner *et al.*, 1985 ; Vangriesheim et Khrpounoff, 1990). Cependant, cette méthode, si elle s'avère adéquate pour caractériser le nuage de suspension, ne permet que difficilement la quantification du flux particulaire entraîné. A l'opposé, les pièges à particules, utilisés régulièrement pour les mesures de flux verticaux de matière (Honjo, 1980 ; Fowler et Knauer, 1986), peuvent aussi capter ces particules en suspension (Biscaye *et al.*, 1988 ; Honjo *et al.*, 1988 ; Walsh *et al.*, 1988), à condition de se trouver dans des courants n'excédant pas la valeur limite d'utilisation (Gardner *et al.*, 1983).

Dans ce travail, nous présentons les résultats obtenus au moyen de quatre pièges à particules associés à des courantomètres positionnés sur deux mouillages en Méditerranée au large de Nice, par 2 000 m de profondeur. Cette expérience avait pour but les essais des différents équipements à la mer devant être utilisés dans le cadre du programme JGOFS-France. Elle nous a permis aussi de recueillir des informations remarquables sur un phénomène de remise en suspension de forte intensité qui s'est déroulé pendant cette expérience.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

La station sélectionnée pour le mouillage des pièges se situait sur le flanc sud de la ride du Var par 2 100 m de profondeur (43°20N -7°40E ; fig. 1).

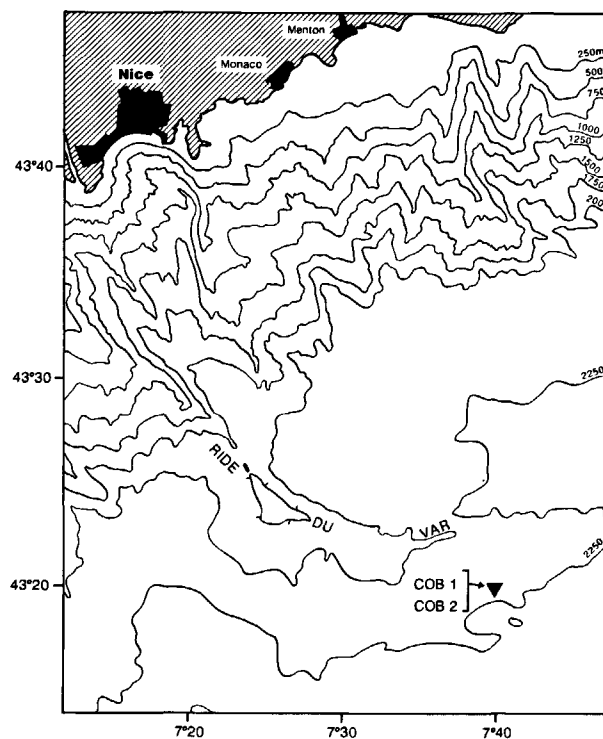


Figure 1

Carte bathymétrique et positionnement de la zone des mouillages.  
Bathymetric chart of the area showing the location of the moorings.

Deux modèles de pièges ont été utilisés :

1) Piège COB modèle PPC : c'est un piège conique en résine époxy - fibre de verre de 0,95m<sup>2</sup> d'ouverture. Il comporte à sa partie inférieure, un plateau-barillet motorisé composé de six flacons permettant de récupérer six prélèvements programmés dans le temps.

2) Piège modèle BNL (Rowe et Gardner, 1979) : c'est un piège cylindrique de 30 cm de diamètre et de 1 m de haut. Il est construit en PVC. Il est à prélèvement unique. Sa fermeture est commandée par une horloge raccordée à un vérin pyrotechnique.

Au total, quatre pièges à particules ont été utilisés sur deux mouillages indépendants (COB1 et COB2) rigoureusement identiques (fig. 2), comprenant chacun : un piège BLN à 150 m du fond, un piège COB à 200 m du fond et un courantomètre Aanderaa à 225 m.

Les deux mouillages ont été positionnés sur une radiale Nord-Est/Sud-Ouest sur le flanc sud de la ride du Var

(COB1 = 43°19'92 N- 7°39'97 E et COB2 = 43°19'77 N- 7°39'87 E). La position géographique de ces deux mouillages a été obtenue par le système de navigation Loran au moment de la mise à l'eau des pièges. La différence d'altitude des deux mouillages était de 35 m (immersions calculées à partir des mesures des capteurs de pression des deux courantomètres).

Au laboratoire, les particules sont rincées à l'eau fraîchement distillée (pH 7), puis séchées à l'étuve, et enfin pesées. Le carbone total et l'azote sont mesurés sur un auto-analyseur Carlo-Erba Ana 1 500. Le carbone organique est obtenu sur l'auto-analyseur Leco après avoir décarbonaté, à HCl 2N, un poids connu des particules. Le carbone minéral correspond à la différence entre carbone total et carbone organique.

## RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### Courantologie

Les deux courantomètres Aanderaa utilisés se situaient chacun à 225 m du fond, et étaient distants d'environ 300 m. Malheureusement, un problème de batteries ne nous a permis d'enregistrer les courants en continu que pendant les quarante cinq premiers jours de l'expérience et par intermittence dix jours de plus. Les deux appareils ont donné des résultats très similaires au cours des trente premiers jours de mesures.

Le courant enregistré se caractérise par deux grandes périodes bien distinctes (fig. 3):

#### Première période (7 avril au 3 mai 1987)

Durant cette période, on remarque trois grandes pulsions de courant (14 avril, 18 avril, 26 avril) qui durent en moyenne une journée. Le maximum de vitesse mesuré atteint 270 mm/s au cours de la première pulsion. L'angle pris par les mouillages par rapport à la verticale est supérieur à 20° au moment de ces pulsions. Le calcul de cet

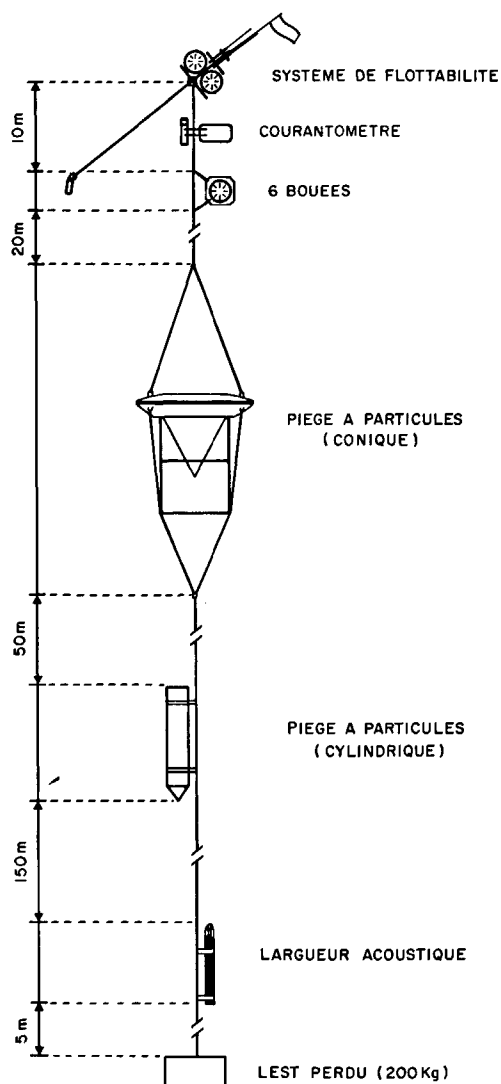


Figure 2

Schéma du mouillage utilisé.  
Design of the mooring line.

angle est effectué à partir des variations de pressions enregistrées par les deux courantomètres (fig. 3).

La direction du courant pendant cette première période est d'abord Ouest-Est, parallèle à la ride du Var pendant toute

Tableau 1

Flux de matière en mg/m<sup>2</sup>/jour pendant les différentes périodes de prélèvement.  
Particulate flux in mg/m<sup>2</sup>/day at different sampling times.

Dates	Heures	Piège COB 1	Piège COB 2	Piège BNL 1	Piège BNL 2
10/04	00 h 00				
29/04	00 h 00	B1 617,4	C1 685,1		
10/05	00 h 00	B2 841,5	C2 1 024,7		
25/05	00 h 00	B3 193,5	C3 302,2	379	535
09/06	00 h 00	B4 107,2	C4 294,7		
22/06	20 h 00		C5 95,5		

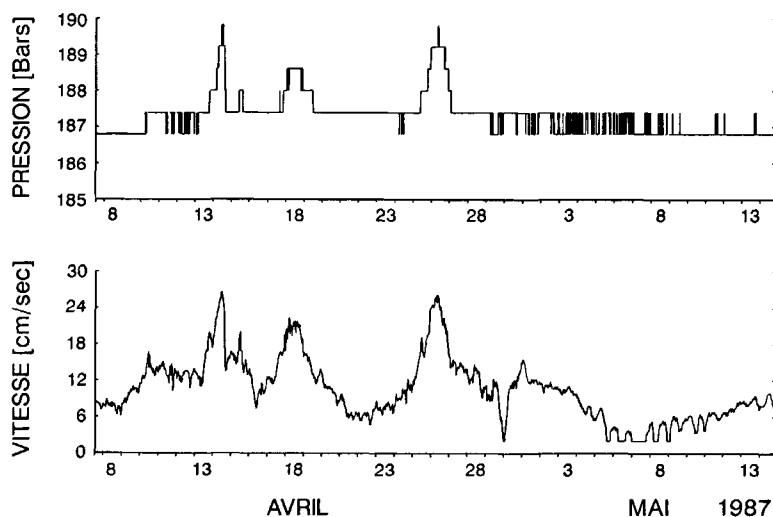


Figure 3

Vitesse des courants et immersion des mouillages.  
Current speed and immersion of traps during the experiment.

la durée de la première pulsion. Elle passe ensuite Sud-Nord au cours de la deuxième pulsion, en direction des hauteurs de la ride, et revient enfin Nord-Sud à la troisième pulsion.

#### Deuxième période

Elle commence vers le 3 mai, et se caractérise par un régime dynamique plus stable. Le courant ne dépasse pas 100 mm/s. La direction est Est-Ouest, puis reprend une composante Sud-Nord à partir du 11 mai. Ces pulsions sous-marines observées au début de l'expérience auraient pour point de départ les courants de surface (en particulier le courant liguro-provençal) qui, en hiver et au début du printemps, deviennent turbulents sous l'effet des vents et créent des tourbillons. Ces derniers peuvent s'étendre depuis la surface jusqu'à des profondeurs de plusieurs milliers de mètres (Taupier-Letage et Millot, 1986). Ces poussées de courant observées au début de notre expérience pourraient être dues au passage de ces tourbillons.

#### Flux particulaire

Le tableau 1 indique les flux de matières mesurés par les différents pièges à particules utilisés pendant l'expérience. Le flux moyen de particules obtenu est de 450 mg de matière sèche/m<sup>2</sup>/jour pendant les 75 jours de mouillage. A titre de comparaison, on observe dans l'Atlantique, à la même profondeur, pendant la même saison, un flux de 170 mg/m<sup>2</sup>/jour (Vangriesheim et Khripounoff, 1990). Mais, comparable à l'Atlantique en zone tempérée, le flux en Méditerranée n'est pas constant dans le temps. Il présente un maximum au début de l'expérience (avril) de 950 mg/m<sup>2</sup>/jour, puis il diminue régulièrement jusqu'à une valeur de 95,5 mg/m<sup>2</sup>/jour à la fin du mois de juin.

Grâce au protocole expérimental choisi pour cette étude, il est possible de comparer les mesures données par les différents pièges en prenant en compte, soit le flux sur de courtes périodes (pièges à barillet COB), soit la somme

Tableau 2

Composition élémentaire des particules récoltées.  
Composition of collected particles.

Piège	Numéro flacon	% carbone organique	% carbone minéral	% azote	C/N
COB 1	B1	1,83	3,25	0,24	7,6
	B2	1,8	3,67	0,24	7,5
	B3	3,02	2,09	0,44	6,9
	B4	3,5	2,06	0,49	7,1
BNL 1	1	2,12	2,88	0,3	7,1
COB 2	C1	1,76	3,11	0,23	7,6
	C2	1,92	3,53	0,25	7,7
	C3	3,36	2,47	0,46	7,3
	C4	3,06	2,9	0,42	7,2
	C5	3,58	2,67	0,5	7,2
BNL2	1	2,35	3,45	0,31	7,6

des flux par piège pour des périodes plus longues (pièges COB et BNL). Sur les deux premières périodes, d'une quinzaine de jours chacune (tab. 1), les pièges COB ont donné des résultats très similaires quand ils se trouvaient dans un milieu très fortement chargé en particules (du 10/04 au 29/04 : flux moyen 651 mg/m<sup>2</sup>/j à 11 %, et du 29/4 au 10/5 : flux moyen 933 mg/m<sup>2</sup>/j à 22 %). A l'opposé, on peut constater que par la suite (par exemple durant la période du 25/5 au 9/6), le piège COB2 a récupéré, à la même période, trois fois plus de particules que le piège COB1. Cette très grande différence entre ces prélèvements ne peut être mise sur le compte de l'imprécision des mesures obtenues par piège, qui est généralement de l'ordre de 30 % (Dymond *et al.*, 1981). De plus, dans notre cas, les pièges COB1 et COB2 sont rigoureusement identiques, et ont montré pendant la période précédente, du 29/4 au 10/5, une concordance des résultats très satisfaisante ( $\approx 20$  % de variation).

Sur la durée de l'expérience (du 10/4 au 9/6), les pièges du premier mouillage COB1 et BNL1 ont prélevé respectivement 425 et 379 mg/m<sup>2</sup>/j (variation 12 %), tandis que les pièges du COB2 et BNL2 du deuxième mouillage ont collecté 493 et 535 mg/m<sup>2</sup>/j (variation 8,5 %). Ces résultats indiquent une bonne concordance entre les données obtenues par des pièges de deux formes bien différentes. On peut aussi remarquer que les variations de flux sont plus importantes entre deux pièges de formes identiques mais positionnés sur deux mouillages distants de quelques centaines de mètres, qu'entre deux pièges différents accrochés sur le même mouillage. Seule, une grande hétérogénéité spatiale des particules du milieu environnant peut expliquer l'amplitude des variations de flux particulières observées sur nos deux mouillages.

### Composition du matériel particulaire

Le flux moyen de carbone organique entre le mois d'avril et le mois de juin est de 10 mg/m<sup>2</sup>/j, soit un flux environ deux fois supérieur à celui mesuré à la même latitude dans l'Atlantique (Vangriesheim et Khrípounoff, 1990).

Pendant la période étudiée, on observe une variation de la concentration en carbone organique des particules inversement proportionnelle à la quantité de matière récupérée. Au début de l'expérience, à la forte charge particulaire dans les pièges correspond une teneur en carbone organique particulièrement faible (1,8 % du poids sec). Cette concentration est dans la gamme des valeurs mesurées dans plusieurs sédiments superficiels à des profondeurs similaires (1,4 à 2,1 % d'après Rowe *et al.*, 1975 ; Nichols et Rowe, 1977 ; Gomez *et al.*, 1987). Ce résultat indique, de façon certaine, une origine secondaire (sédiment remanié) du matériel recueilli. Par la suite, le taux de carbone organique des particules des pièges augmente nettement (3,5 % de poids sec). Dans ce cas, une origine plus pélagique de la grande majorité des particules recueillies est très probable (concentration en carbone

organique des particules pélagiques méditerranéennes comprise entre 3 et 8 % d'après Heussner *et al.*, 1987 ; Miquel, données personnelles). Cette conclusion est confirmée par les mesures effectuées par Buat-Ménard (comm. pers.), indiquant une fraction argileuse élevée dans les particules au début de l'expérience. Au cours du temps, le flux diminue et la concentration en composés organiques augmente. Une décantation progressive des remises en suspension, pauvre en carbone, s'est produite tandis que le flux d'origine pélagique, plus riche en matière organique, est resté plus ou moins constant. L'azote suit les mêmes variations que le carbone organique, avec une concentration minimale au début de l'expérience et une

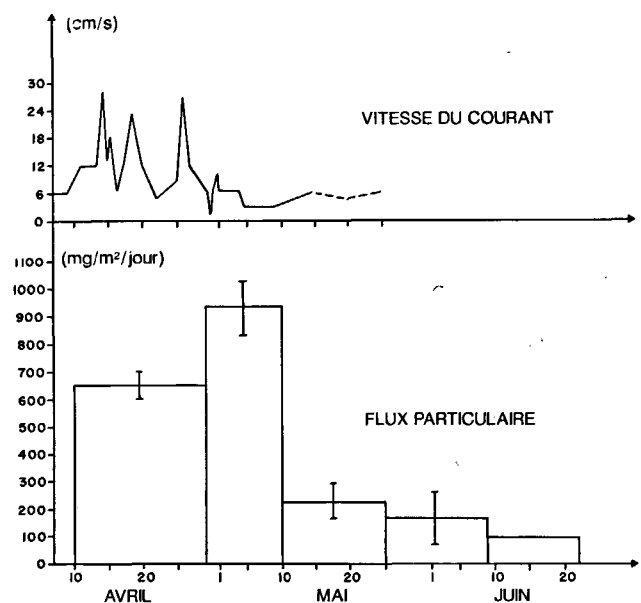


Figure 4

Relation entre la vitesse des courants et le flux moyen particulaire obtenu par les pièges à prélèvements séquentiels.  
Relation between the current speed and the mean particle flux measured by the time-series traps.

forte augmentation vers la fin. En conséquence, le rapport carbone organique/azote ne diminue que très légèrement au cours du temps, de 7,6 à 7. Le carbone minéral, essentiellement sous forme de carbonate, suit les fluctuations du flux total avec un pic de concentration de 3,7 % pendant la période de flux maximal.

Le phénomène de remise en suspension du sédiment, sur de courtes périodes ne dépassant pas quelques jours (par bouffées), a déjà été mis en évidence sur les fonds méditerranéens par Brun-Cottan (1984). Cet auteur, à partir de prélèvements d'eau par bouteilles, observe des augmentations fluctuantes de la concentration particulaire sur plusieurs dizaines de mètres au-dessus du sédiment, indiquant des remises en suspension «en mode impulsif». Ce sédiment en suspension se caractérise principalement par un diamètre particulaire moyen plus élevé que celui des particules en suspension dans cette région. Leur sédimentation en est ainsi facilitée dans les pièges.

## Séquences des événements dynamiques

A partir de l'ensemble des résultats obtenus dans cette expérience, il est possible d'affirmer d'abord que les grandes variations dans le temps des flux mesurés par les pièges sont la conséquence des conditions hydrologiques particulières rencontrées, et non pas des fluctuations de la production primaire de surface. Ensuite, il s'est avéré que le piège COB1 a recueilli, en moyenne, moins de particules que le piège COB2, pourtant rigoureusement identique au premier. Cette différence se retrouve dans les mêmes proportions entre les pièges BNL1 et BNL2 situés à 50 m sous les pièges COB. En fait, les seules différences entre ces deux mouillages sont les 300 m qui les séparent et les 35 m de dénivelé. Ces deux paramètres ont permis de les situer, en fin d'expérience, dans des milieux très différents en concentrations particulaires.

En reprenant en détail chaque période de prélèvement (fig. 4) et les conditions hydrologiques correspondantes, il est possible de décrire les phénomènes hydrodynamiques et sédimentaires qui ont pu se produire au cours de l'expérience :

### *Première période : 10/04 au 29/04*

Cette période se caractérise par un courant ayant trois pulsions d'une journée chacune et d'intensité exceptionnelle à ces profondeurs. Au même moment, une forte charge particulaire est observée sur une hauteur supérieure aux 200 m des mouillages de pièges. La résultante de ce phénomène est le captage par les pièges d'une importante quantité de particules pauvres en matière organique.

L'effet de l'intensité des courants sur l'efficacité de prélèvement des pièges reste actuellement très discuté malgré le grand nombre d'études déjà réalisées sur ce sujet. Ainsi, pour Baker *et al.* (1988), à l'élévation de la vitesse du courant correspond une diminution proportionnelle de l'efficacité des pièges par augmentation du nombre de Reynolds. A l'inverse, Gardner (1985) montre que l'inclinaison des pièges par rapport à l'horizontale (qui serait la conséquence d'un courant fort sur le mouillage) augmenterait la quantité de particules captée par les pièges. Ces résultats contradictoires ne permettent pas dans notre cas de déterminer si nos mesures pendant cette période de pulsions hydrologiques sont ou pas sous-évaluées. Il faut se rappeler aussi que ces engins sont conçus pour recueillir le flux particulaire gravitationnel et non pas advectif. Les valeurs de flux obtenues pendant cette période sont donc à prendre uniquement en relatif.

### *Deuxième période : 29/04 au 10/05*

La vitesse du courant a nettement diminué. Les pièges se sont trouvés dans la meilleure configuration pour travailler correctement. La très forte remise en suspension pouvant être due aux pulsions sous-marines observées précédemment, se retrouve à son maximum d'intensité

dans les pièges. Le nuage des particules autour des pièges est très homogène. Il s'étend sur plusieurs centaines de mètres de hauteur, et englobe l'ensemble des mouillages. La composition de ce flux se caractérise par une concentration en carbone des particules ne dépassant pas 1,9 %.

### *Troisième période : 10/05 au 9/06*

C'est une période de décantation. La grande majorité du nuage chargé de particules a sédimenté, laissant cependant dans le milieu un résidu de suspension stratifié en turbidité. Le flux mesuré par les pièges a nettement diminué, et le taux de carbone organique des particules a doublé. Il semble cependant exister encore un gradient de particules sur la colonne d'eau car le piège COB2, situé légèrement en contrebas sur la ride, recueille deux à trois fois plus de particules que le piège COB1.

Le piège COB1 s'est libéré en grande partie du nuage de remise en suspension. Les particules captées proviennent certainement en majorité du flux vertical d'origine pélagique. Par contre, le piège COB2 se trouve encore en grande partie pendant cette période dans un nuage de remise en suspension à faible extension horizontale (il n'atteint pas les deux autres pièges situés à quelques centaines de mètres) et une extension verticale au moins égale à 200 m. Cette hypothèse peut expliquer que le flux mesuré par ce dernier engin soit encore trois fois plus élevé que celui obtenu dans le piège COB1, et la concentration en carbone organique des particules recueillies un peu plus faible. L'origine de ces remises en suspension localisées au piège COB2 est difficilement explicable uniquement par un retard dans la vitesse de décantation du nuage résultant de la position légèrement en contrebas de ce dernier piège. Il est possible aussi qu'une microtopographie favorise très localement le maintien ou l'extension de particules autour du piège, et explique les variations spatio-temporelles observées dans ce travail.

### *Quatrième période : 09/06 au 22/06*

Le piège COB2 est sorti du nuage de suspension. On retrouve dans ce piège les valeurs de flux et de taux de carbone organique comparables à celles obtenues dans le piège COB1 au cours de la période précédente.

## CONCLUSIONS

L'augmentation de la quantité de particules observée dans les pièges à particules mouillés près du fond par 2 000 m de profondeur résulte d'une resuspension massive des sédiments déposés sur la pente continentale et la ride du Var sous l'effet possible de fortes pulsions de courants. Le flux est augmenté d'un facteur 10 par rapport à la normale sous l'effet de ces remises en suspension.

Le nuage de particules a mis plus d'un mois pour disparaître complètement après l'arrêt des pulsions de courants. Son observation sur la pente continentale méditerranéenne confirme que cette zone est le lieu privilégié pour l'observation de phénomènes de remises en suspensions exceptionnelles à grande profondeur.

Enfin, cette expérience met en lumière la possibilité d'une distribution horizontale hétérogène du flux particulaire au cours de phénomènes sédimentaires ou hydrologiques

erratiques de grande amplitude.

La présente étude, bien qu'orientée à l'origine vers des essais de matériel, nous a permis de mettre en évidence l'existence de fortes remises en suspension et l'utilité de ces pièges dans les études de phénomènes locaux mettant en oeuvre de grandes quantités de matière. Les pièges apparaissent comme des engins particulièrement bien adaptés et complémentaires au néphélomètre pour l'observation de phénomènes d'instabilité sédimentaire.

## Remerciements

Nous remercions les équipages des navires *Catherine Laurence* et *Georges Petit*, qui ont effectué les mouillages et les récupérations des pièges dans des conditions météorologiques difficiles. Nous remercions également MM. Auffret et Millot et Mme Vangriesheim pour leurs conseils

pendant la rédaction du manuscrit. Le laboratoire International de Radioactivité Marine opère dans le cadre de l'accord entre l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique et le gouvernement de la Principauté de Monaco.

## RÉFÉRENCES

- Baker E.T., H.B. Milburn et D.A. Tennant (1988). Field assessment of sediment trap efficiency under varying flow conditions. *J. mar. Res.*, **46**, 573-592.
- Biscaye P.E., R.P. Anderson et B.L. Deck (1988). Fluxes of particles and constituents to the Eastern United States continental slope and rise : SEEP-I. *Continental Shelf Res.*, **8**, 855-904.
- Brun-Cottan J.-C. (1984). Remise en suspension des particules à l'interface eau-sédiment en Méditerranée occidentale, campagne Phycemed 83. *7èmes Journées Études Pollutions, Lucerne, CIESM*, 159-164.
- Dymond J., K. Fischer, M. Clauson, R. Cobler, W. Gardner, M.J. Richardson, W. Berger, A. Soutar et R. Dunbar (1981). A sediment trap intercomparison study in the Santa Barbara basin. *Earth planet. Sci. Letts*, **53**, 409-418.
- Fowler S.W. et G.A. Knauer (1986). Role of large particles in the transport of elements and organic compounds through the oceanic water column. *Prog. Oceanogr.*, **16**, 147-194.
- Gardner W.D. (1985). The effect of tilt on sediment trap efficiency. *Deep-Sea Res.*, **32**, 349-361.
- Gardner W.D., M.J. Richardson, K.R. Hinga et P.E. Biscaye (1983). Resuspension measured with sediment traps in high-energy environment. *Earth planet. Sci. Letts*, **66**, 262-278.
- Gardner W.D. et P.E. Biscaye (1985). Calibration and comparison of the LDGO nephelometer and the OSU transmissometer on the Nova Scotian rise. In : *Deep Ocean Sediment Transport*, A.R.M. Nowell et C.D. Hollister, éditeurs, Elsevier, 323-344.
- Gomez L.S., M.G. Marietta et D.W. Jackson (1987). Compilation of selected deep-sea biological data for the US seabed disposal project. In: Sandia Report, SAND E86-2673 ; UC-70, 1-67.
- Gross T.F., A.J. Williams et A.R.M. Nowell (1988). A deep-sea sediment transport storm. *Nature*, **331**, 518-521.
- Heussner S., A. Monaco et S.W. Fowler (1987). Characterization and vertical transport of settling biogenic particles in the northwestern Mediterranean. *Mitt. geol.-paläont. Inst. Univ. Hamb.*, **62**, 127-147.
- Hollister C.D. et I.N. Mc Cave (1984). Sedimentation under deep-sea storms. *Nature*, **309**, 220-225.
- Honjo S. (1980). Material fluxes and modes of sedimentation in the mesopelagic and bathypelagic zones. *J. mar. Res.*, **38**, 53-97.
- Honjo S., S.J. Manganini et G. Wefer (1988). Annual particle flux and a winter outburst of sedimentation in the northern Norwegian Sea. *Deep-Sea Res.*, **35**, 1223-1234.
- Mc Cave I.N. et C.D. Hollister (1985). Sedimentation under deep-sea current systems : pre-Hebble ideas. In : *Deep Ocean Sediment Transport*, A.R.N. Nowell et C.D. Hollister, éditeurs, Elsevier, 13-25.
- Nichols J.A. et G.T. Rowe (1977). Infaunal macrobenthos off Cap Blanc, Spanish Sahara. *J. mar. Res.*, **35**, 525-536.
- Rowe G.T., P.T. Polloni et R.L. Haedrich (1975). Quantitative biological assessment of benthic fauna in deep basins of Gulf of Maine. *J. Fish. Res. Bd Can.*, **32**, 1805-1812.
- Rowe G.T. et W.D. Gardner (1979). Sediment rates in the slope water of the Northwest Atlantic Ocean measured directly with sediment traps. *J. mar. Res.*, **37**, 581-600.
- Swift S.A., C.D. Hollister et R.S. Chandler (1985). Close-up stereo photographs of abyssal bedforms on the Nova Scotian continental rise. In : *Deep Ocean Sediment Transport*, A.R.M. Nowell et C.D. Hollister, éditeurs, Elsevier, 303-322.
- Taupier-Letage I. et C. Millot (1986). General hydrodynamical features in the Ligurian Sea inferred from the Dyom experiment. *Oceanologica Acta*, **9**, 2, 119-132.
- Vangriesheim A. et A. Khripounoff (1990). Near bottom particle concentration and flux: temporal variations observed with sediment traps and nephelometer on the Meriadzek terrace, Bay of Biscay. *Prog. Oceanogr.*, **24**, 103-116.
- Walsh I., K. Fischer, D. Murray et J. Dymond (1988). Evidence for resuspension of rebound particles from near-bottom sediment traps. *Deep-Sea Res.*, **35**, 59-70.

