

RÉPARTITION INHOMOGÈNE DU MATÉRIEL DÉPOSÉ
DANS LES ZONES PRODELTAÏQUES DE LA MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

Daniel SPAN, François FERNEX, Claude SERRA et Lazaro V. FERNANDES

Laboratoire de Géodynamique Sous-Marine du Centre d'Etudes Océanologiques,
U.A. CNRS 715, Villefranche-sur-Mer (France)

INTRODUCTION - Généralement, les sédiments déposés près de l'embouchure d'un fleuve contiennent certaines substances ou éléments en des concentrations plus élevées que les sédiments déposés plus loin. Par exemple la matière organique, ou, parmi les argiles, la chlorite, ou encore les métaux.

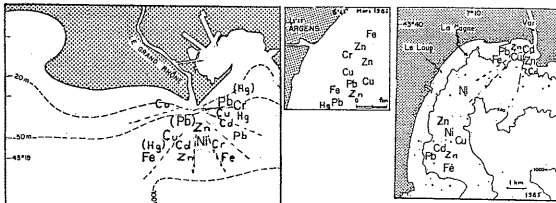
DESCRIPTION DES RÉPARTITIONS - On observe en particulier une nette diversité de répartition devant le Delta du Rhône, où la zone d'épanchement du matériel déversé est pourtant peu accidentée (Addé et al., 1980, 1983; Ringot, 1980; Addé, 1981). Le débit moyen est d'environ 1500 à 2000 m³/s. En considérant la zone devant l'embouchure du Grand Rhône, ces auteurs ont constaté que les diverses radiales à partir de l'embouchure sont caractérisées par la relative abondance d'un métal et aussi par la faible charge en tel ou tel autre : -la radiale qui va de l'embouchure vers l'E est caractérisée par ses relativement fortes concentrations en Hg (et en matière organique) et par ses faibles teneurs en Ni; -la radiale vers le SE est caractérisée par de relativement fortes concentrations en Pb (et en silts) et des faibles concentrations en Cr; etc. -celle vers le S l'est par des fortes concentrations en Cr et en Ni, et des faibles en Cd; etc. Ainsi, en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre on a la succession suivante : Hg, -(Cr), -Fe, -Pb, Ni et Cr (surtout au large), -(Fe), -(Pb), -Cd, -Zn, -Cu, -Co (par faibles fonds). Les parenthèses indiquent que les éléments se trouvent en fortes concentrations le long de la radiale mais pas les plus élevés.

Pour la zone d'épanchement de l'Ebre, fleuve qui a aussi construit un promontoire deltaïque, la succession décrite par A. Maldonado et B. Alonso (1983) et par X. Modamio (1983) apparaît la suivante (en considérant les plus fortes concentrations des métaux dosés) : Cd, -Hg, -Pb, -Zn, -Cd, -Pb, -Ni qui est bien représenté au large (le Cu et le Fe n'ont malheureusement pas été dosés).

La Siagne est une petite rivière qui se jette dans le Golfe de Cannes-La Napoule. La zone n'étant pas trop exposée aux vents dominant, un petit delta a été formé. La succession dans la zone prodeltaïque paraît (le Cd n'ayant malheureusement pas été dosé) : (Ni), -Pb, -Zn, -Cu, -Pb, -Fe, -puis plus au large Cr puis Ni.

Le Var (à l'W de Nice) est un torrent dont le débit peut atteindre 300 m³/s. Il a construit un promontoire deltaïque. Cependant, le plateau continental est ici très étroit et le pro-delta est entaillé par le Canyon sous-marin jusqu'à l'embouchure. La succession est : Cd, Zn, -Cu (environ dans l'axe du canyon), -Zn, -Pb, -Fe, -Ni (surtout un peu au large). Plus loin, le long du Cap d'Antibes qui canalise les eaux du Var, on a du large (ou de l'E) vers le Cap (l'W) : -Ni, -(Fe), -Cu, -Zn, -Cd, -Pb.

Traversant la ville de Nice, le Paillon, est une petite rivière polluée (Rapin, 1980). Ici, il n'existe pas de plateau continental, ni de pro-delta. L'ordonnance est : -Ti, -Fe, -(Zn), Cd, -(Fe), -Zn, -Cu, (Ni), -Pb, Ba, Ptot, -(Hg). Les relativement fortes concentrations en Cr et en Ni se retrouvent plus au large, semblent liées à des particules en provenance de l'E. Le cas de l'Argens, petit fleuve qui se jette dans la Baie de Fréjus-St Raphaël, est différent. L'embouchure est exposée aux vents d'E dominants et il n'existe pas de pro-delta. Les fortes concentrations ne se trouvent pas juste devant l'embouchure mais un peu au large. On reconnaît l'ordonnance suivante -Fe, (Hg), -(Cr), Zn, -Cu, -Pb, Cu, -Zn, (Fe), -Pb, -Hg.



PO RIVER DELTA
PART I. BOTTOM SEDIMENTS OFF THE MAIN MOUTH (PO DELLA PILA)

Giovanni BORTOLUZZI, Franca FRASCARI and Stefano GUERZONI
Istituto di Geologia Marina, CNR, Via Zamboni 65, Bologna (Italia)

The Po (mean q 1500 m³/sec, 14Mt/year[1]) drains the most industrialized northern Italian regions, and affects the sedimentary and oceanographic processes of the entire Adriatic Sea [2]. Part of the riverine fine materials settle in the prodelta (15-25 mt), while the remaining portion is distributed in the basin according to meteorological conditions. On a large extent, the Po outflows behave as follows: (a) during winter they turn southwards, forced long-shore by anticyclonic currents and density gradients, while (b) during summer they are pushed directly into the upper basin. The sediment budget of the area must consider the input from the northern rivers (traced by a lower smectite [3] and higher dolomite [4] content) which is in part deposited at the foot of the prodelta slope and further offshore. We focused the marine area off today's main mouth, Po della Pila, that is formed by three distributaries and collects 50% of total liquid discharge).

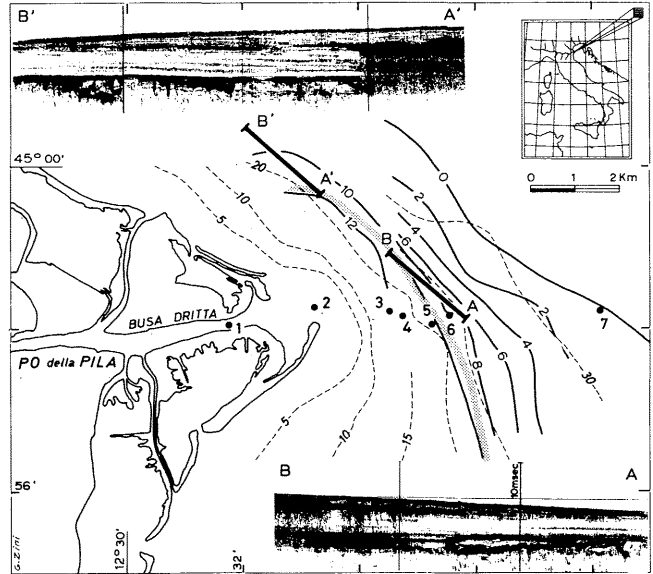


Figure 1: Studied area. Dashed lines show bathymetry, heavy lines show thickness (meters) of holocene sediments (computations after [12]). Numbered dots are the sampling stations. Seismic profiles are examples of UNIBOOM records. Gray line maps the acoustic anomaly (see UNIBOOM records).

We emphasized the prodelta zone, due to its potential capability to accumulate riverborne substances at a possible high sedimentation rate. We planned to investigate bottom and suspended sediments, and hydrologic properties on a seasonal time scale. The paper is divided in two parts and reports data taken during a typical summer situation (July 19-25 1985), when low water discharge and marked stratification of the water column occurred.

The holocene evolution of the area is evidenced by a SE elongated wedge of muddy sediments (fig.1), laying over a marked reflector of reworked sands, that in turn cover the eroded surface of the Würmian subaerial plan (approximately 6000 years B.P., [5]). Two different sedimentary cycles may be pointed out by a secondary reflector (fig.1). The hypothesis can be made that (a) the lower, older sequence was formed by mud deposition in an offshore environment during the flandrian transgression (maximum sea ingression took place 2000 BP), while (b) the upper, lens-shaped, more recent one resulted by deposition of a regressive sequence, caused by a rapid accretion of the delta, up to the present prodelta environment. The thickness of (b) was found to be higher in front of the northern distributary (4mt), while was 2.5 mt in front of Busa Britta and again 4 mt southward of it. This body may be explained by the history of the modern delta, after it prograded very quickly around 400 years B.P., since several diversions of the main mouths were reported [6,7]. An abrupt disappearance of deeper beds was found in all the seismic records at depth of 20-25 mt (fig.1). Attending more direct evidence, this anomaly is thought to be due to a rapid accumulation area that causes trapping of gas in the lower strata. Accordingly, an average deposition rate of 1 cm/year might be assigned in the area for the past 400 years. However averages over hundred of years may not be relevant to decade scale deposition processes, especially when the sources of new particles are large.

As a matter of fact, a fine-grained core (98X silt-clay fraction) collected at station 5 showed total Pb-210 activities relatively high (2.5 to 5.8 dpm/g) and no low levels are reached to know the Ra-226 supported Pb-210 (approximately 1.5 dpm/g in similar environments). According to these data, the apparent mean sedimentation rate might be 3-4 cm/year for the last decades [8], which is consistent with high values of Cs-137 [9] found at depth of 50-90 cm in some cores sampled in front of the main distributaries. Tab.1 reports chemical data of our core. The values of Fe, TOC, Total Humic Substance (THS) and the muddy composition depict a likely flocculation area. The upper core layers present trace metal values higher than the average surficial concentration off Po della Pila [10]. Furthermore, bottom values show higher figures than any reasonable estimate for background concentration in this area [11], thus again stressing a very high settling rate. A sequential leaching extraction was also applied to the samples and the data showed that Cu and Pb variations are mainly due to the Fe and organic-bound fractions, whilst the "residual" part is almost constant down in the core, with values of 15 and 20 ppm for Cu and Pb.

depth (cm)	Zn ppm	Ni ppm	Co ppm	Mn ppm	Fe %	TOC %	THS %	Cu ppm	Pb ppm
0-3	168	84	17	546	2.5	0.83	0.31	30	54
9-12	192	80	16	656	2.5	==	==	==	==
19-22	232	60	14	573	2.2	1.73	0.33	60	84
30-33	173	53	13	454	2.0	0.86	0.29	33	64
40-43	234	77	15	513	2.5	0.79	0.25	44	77
56-58	133	67	15	589	2.1	==	==	==	==
70-73	169	51	13	494	1.9	==	==	==	==
102-105	89	62	14	455	2.1	0.47	0.14	20	26
(a)	181	49	13	464	1.0	0.54	==	47	64
(b)	70	35	12	?	?	?	?	15	20

Table 1: Vertical profiles of total trace metals and organic matter versus depth in the core at station 5; (a) surface values [10]; (b) background values [11]; Cu and Pb: cold hydrochloric extraction.

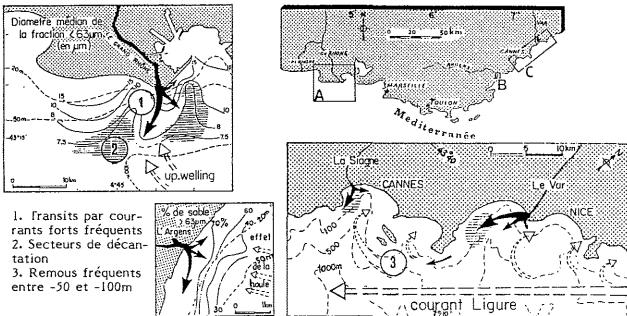
Le cas du petit fleuve Gravona-Prunelli qui se jette dans le Golfe d'AJaccio (W Corse) semble intermédiaire entre celui du Paillon (ou du Var) et celui de l'Argens. Le plateau continental est très réduit et les plus fortes concentrations ne se rencontrent pas devant l'embouchure.

L'ordonnance apparaît la suivante : -Co, -Ni, -Cr, -Zn, -Cu (environ dans l'axe du canyon), N, -Zn, Pb, -Cr, -Co (par faibles fonds).

En résumé, et en ne tenant pas compte ni du Cr ni du Ni, qui sont généralement les mieux représentés au large, on obtient le plus fréquemment la succession -Hg, -(Fe), -Pb, -Zn, -Cd, -Cu, -Co.

La succession peut être inversée, par ex. dans le cas du Var. L'ordre apparaît un peu différent devant les embouchures du Paillon et de l'Argens, secteurs où l'influence de la houle domine largement sur celle de la rivière.

SIGNIFICATION DE LA PRÉSENCE DES MÉTAUX EN FORTES CONCENTRATIONS - On peut admettre que chaque métal apporté par un fleuve a un ou deux supports préférentiels. - L'affinité du Cu pour la matière organique est connue. - Le Zn se trouverait préférentiellement lié à l'illite, ou (avec le Cd) sous forme de sulfure. - Le Pb semble pouvoir précipiter (ou co-précipiter) avec des oxydes ou hydroxydes de Fe (en partie sous forme de phosphates ?). - Le Cr et le Ni et une bonne part du Fe seraient surtout associés à des particules fines (silicates ? oxydes ?).



CONCLUSIONS - En Méditerranée occidentale, les métaux s'ordonnent selon la même ordonnance cartographique générale dans les sédiments devant les embouchures de rivières, du moins dans les cas où le débit solide est suffisant pour que les jeux des houles ne redistribue totalement le matériel apporté à la mer. Cette ordonnance dépend à la fois de l'hétérogénéité du milieu sédimentaire (lui-même dépendant des conditions hydrodynamiques dominantes) et du comportement propre des divers métaux qui sont plus ou moins solubles, ou présents sous des formes plus ou moins stables. La cartographie des métaux permet donc de repérer : a) les zones de transit rapide, assez riches en silts et où les hydroxydes de Fe précipitent; b) les zones en bordure de la précédente où les particules plus fines se déposent et une plus grande part de la matière organique; c) les zones où l'influence du large se fait sentir et où les particules les plus fines décanent.

ADDED A., (1980). Thèse 3 C, Lab. Géodyn. sous-marine Villefranche/Mer, Univ. P. et M. Curie (Paris VI), 263p.
ADDED A., FERNEX F., RAPIN F., (1980). Progr. Water Techn., 12/1, Pergamon Pr., I.A.W.P.R., 89-96.
MALDONADO A., ALONSO B., (1983). Sem. Interdisciplin. "Estudio Oceanogr. de la Plataforma continental"; Result. del Proy. del Com. conjunto Hispano-Norteam., Cadiz, Marzo 1983, Edt. J. Castellvi; (Gráficas Super, Barcelona 4), 121-136.
MODAMIO X., (1983). Sem. Interdisciplin. "Estudio Oceanogr. de la Plataforma continental"; Boide, 315-363.
RAPIN F., (1980). Thèse, Inst. Géol. Univ. Genève, Fac. Sc., Atel. Impr. Soc. Phys.; 139p.
RINGOT J.L., (1980). Thèse 3 C, Lab. Géodyn. sous-marine Villefranche/Mer, et Univ. Paris-Sud, Orsay, Lab. Sédim.; 282p.