

Écologie

LES PEUPELEMENTS MACROZOOBENTHIQUES, INDICATEURS DES QUALITÉS PHYSICO-CHIMIQUES ET CHIMIQUES DES SÉDIMENTS PORTUAIRES - EXEMPLE DU PORT DE BOULOGNE-SUR-MER (MANCHE)

par

N. DHAINAUT-COURTOIS, C. PRUVOT,

A. EMPIS et K. BAUDET

Des prélèvements ont été effectués dans le port de Boulogne-sur-Mer afin d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques et chimiques des sédiments et l'état des peuplements benthiques associés. Sur les 63 espèces animales répertoriées, 2 sont fortement majoritaires : le mollusque bivalve *Abra alba*, dans la rade du port, et l'annélide polychète *Capitella capitata*, dans des bassins plus confinés. La pollution métallique importante, l'enrichissement en matière organique, et les travaux d'entretien, associés au confinement dans certaines zones portuaires, contribuent à maintenir les peuplements macrozoobenthiques de certains sites du port de Boulogne-sur-Mer dans un état très dégradé pouvant aller jusqu'à l'absence totale de faune benthique.

Macrobenthic communities as indicators of physical and chemical characteristics of harbour sediment

In order to estimate physical and chemical characteristics and macrobenthic communities of the harbour of Boulogne-sur-Mer, bottom sediment and benthic macrofauna were sampled in subtidal areas. Environmental chemical parameters (metals, organic matter, nitrogen and phosphorous) were determined and granular characteristics analysed. Among the 63 species collected, the more abundant species were the mollusc *Abra alba*, in the main channel of the harbour, and the polychaete worm *Capitella capitata*, in more confined basins. Moreover, some areas of these basins were completely azoic. The very high metal pollution, organic matter enrichment, dredging activity and confinement in some areas are liable for important damages and modifications in the macrobenthic assemblages.

Introduction

Comme beaucoup de ports, celui de Boulogne-sur-Mer (fig. 1) est soumis à de fortes pressions anthropiques (industrielles, commerciales, halieutiques). Afin de conserver ses capacités d'accueil (tirants-d'eau), de nombreux travaux d'entretien y sont régulièrement pratiqués (dragages d'entretien ponctuels ou de plus grande ampleur).

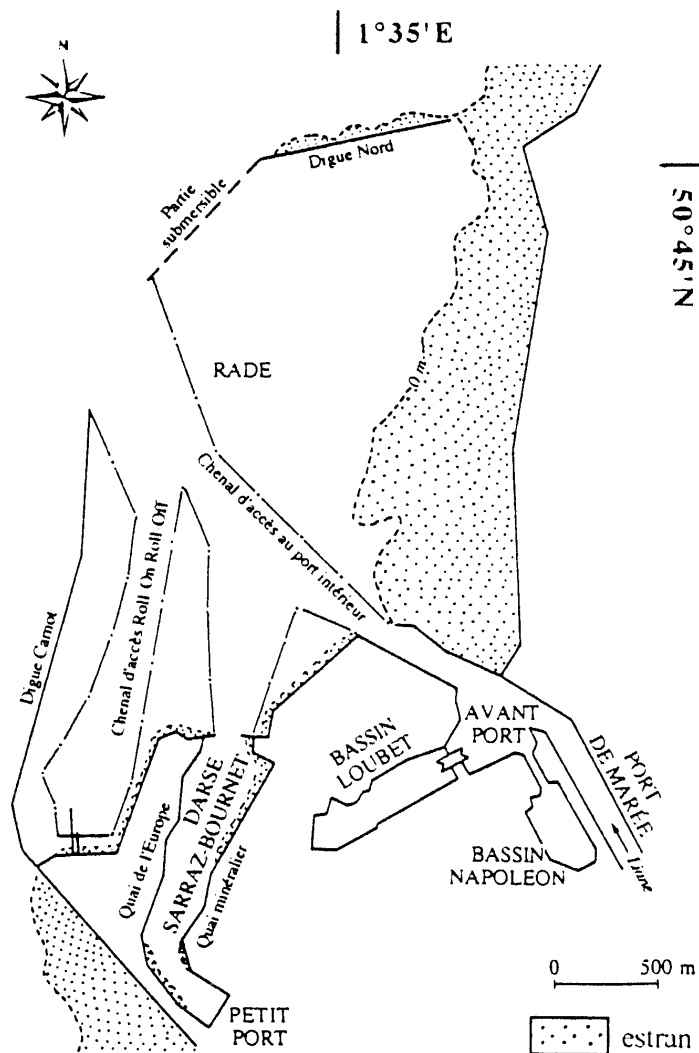


Figure 1

Présentation du port de Boulogne-sur-Mer (d'après ROMONT, 1996).

Peuplements macrozoobenthiques

Les opérations de dragage et d'immersion sont réglementées dans le cadre des Conventions d'Oslo et de Londres (OSPAR, 1993, 1994 a et b). Au niveau national, des lignes directrices précises ont été établies pour indiquer la stratégie à suivre pour que ces opérations soient le moins dommageable possible pour l'environnement et puissent s'effectuer dans des conditions.

Le Groupe d'étude et d'observation sur le dragage et l'environnement (GEODE), créé en 1990 par la Direction des ports et de la Navigation Maritime, travaille en ce sens afin d'assurer un conseil technique dans le domaine de la stratégie de dragage et d'immersion, d'évaluation de l'impact et l'examen des procédures proposées par les diverses Commissions internationales (GEODE, 1992, 1995). Dans ce cadre, la qualité des sédiments dragués dans les ports français fait l'objet d'un suivi qui a déjà permis de définir au plan national des niveaux de référence provisoires (1 et 2) pour divers métaux lourds et les PCB, conformes à la Convention d'Oslo (tableau 1) :

- un niveau 1, au-dessous duquel l'immersion des déblais de dragage serait autorisée sans autres études ;
- un niveau 2, au-dessus duquel l'immersion est susceptible d'être interdite, sous réserve que cette interdiction soit le moins dommageable pour l'environnement ;
- entre ces deux niveaux, une étude approfondie pourrait être nécessaire.

Tableau 1

Niveaux de référence provisoires pour les métaux et PCB, conformes à la Convention d'Oslo (GEODE, 1992, 1995).

La contamination par les polluants est exprimées par μg par gramme de sédiment sec ($\mu\text{g.g}^{-1}$).

Polluants ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Bruit de fond	Médiane des ports Français	Niveau 1	Niveau 2
Hg	0,2	0,2	0,4	0,8
Cd	0,5	0,6	1,2	2,4
As	4,4	12,5	25	50
Pb	47	50	100	200
Cr	45	45	90	180
Cu	35	22,5	45	90
Zn	115	138	276	552
Ni	20	18,5	37	74
PCB	-	0,25	0,5	1

Il convient de souligner que beaucoup de données concernant divers paramètres [certains métaux lourds, hydrocarbures, Carbone Organique Total [COT], Azote Kjeldahl [NTK], Phosphore Total [P]...] manquent encore. Par ailleurs, les effets exacts des pollutions sur la macrofaune restent à définir.

La plupart des études effectuées sur les activités de dragage portent en effet, ou bien sur la caractérisation physico-chimique des sédiments à immerger (eg. IFREMER, 1986 ; PAGNOTTA *et al.*, 1990 ; PELLEGRINI *et al.*, 1993, 1995 ; ROMONT, 1996), ou bien sur des tests de toxicité (eg. LOURENS *et al.*, 1995 ; PINTO *et al.*, 1995). Peu d'études ont été réalisées à ce jour sur les peuplements benthiques des zones portuaires,

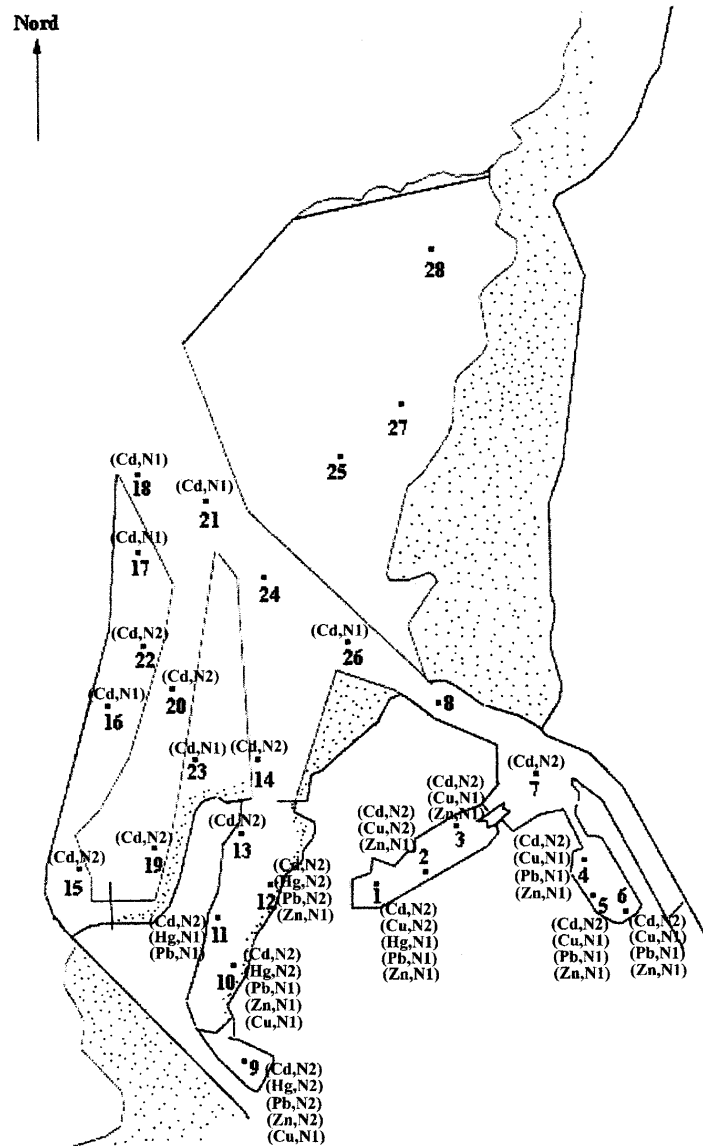


Figure 2

Niveaux de contamination métallique sur les différents sites du port de Boulogne-sur-Mer (printemps 1994), définis selon les critères de GEODE (d'après ROMONT, 1996).

Peuplements macrozoobenthiques

soumis à de très fortes pressions anthropiques (trafic maritime, pollutions, aménagements, travaux d'entretien) (eg. GLÉMAREC *et al.*, 1980 ; GLÉMAREC & HILY, 1981 ; BOURGAIN, 1985 ; HILY *et al.*, 1986 ; BELLAN & BOURCIER, 1990 ; DEWARUMEZ *et al.*, 1991 ; ROMONT & DHAINAUT-COURTOIS, 1994 ; ROMONT *et al.*, 1995 ; ROMONT, 1996 ; GRALL & GLÉMAREC, 1997 ; PRUVOT & DHAINAUT-COURTOIS, 1997).

Notre présent travail s'intéresse conjointement aux qualités physico-chimiques et chimiques et à la composition faunistique des sédiments du port de Boulogne-sur-Mer et tente d'établir des corrélations entre la qualité sédimentaire médiocre et l'état de dégradation des peuplements benthiques dont la principale origine est celle du peuplement des sables envasés décrits dans la zone côtière de Mer du Nord et de Manche par divers auteurs (CABIOCH, 1968 ; CABIOCH & GLAÇON, 1975, 1977 ; DEWARUMEZ, 1979 ; SOUPLÉ & DEWARUMEZ, 1980 ; DEWARUMEZ *et al.*, 1986, 1991 ; PRYGIEL *et al.*, 1988).

Matériel et méthodes

Vingt-huit stations du port de Boulogne-sur-Mer (fig. 1, 2 et 3) ont été échantillonnées au printemps 1994 au moyen d'une benne Van Veen (1/10 m²), à raison de trois réplicats pour la faune et un pour les analyses physico-chimiques et chimiques.

Les réplicats destinés à l'analyse faunistique ont été prétriés sur le navire à l'aide d'un tamis d'un maillage de 1 mm de côté afin de n'en retenir que la macrofaune, puis formolés (solution de formol salé à 10%). Au laboratoire, ces échantillons ont été triés puis identifiés et dénombrés. Les organismes ont été identifiés jusqu'à l'espèce. En ce qui concerne les *Capitella capitata*, l'analyse moléculaire nécessaire à leur identification précise n'a pas été effectuée. C'est pourquoi, celles-ci seront appelées dans le texte sous le terme générique de *Capitella capitata*.

Sur les sédiments récoltés ont été pratiquées une recherche granulométrique et l'analyse chimique des métaux lourds (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn ; digestion totale par voie acide, norme AFNOR NF- X151), et des nutriments [carbone organique total (COT), azote total Kjeldahl (NTK), phosphore total (P)]. Les niveaux de contamination ont été estimés en se référant à ceux définis par GEODE, ou, à défaut, en les calculant nous-mêmes. Pour ce faire, la valeur médiane obtenue sur l'ensemble des données portuaires régionales à notre disposition (Boulogne-sur-Mer, Calais, Dunkerque Ouest, Dunkerque Est) (ROMONT *et al.*, 1995 ; Romont, 1996 ; PRUVOT & DHAINAUT-COURTOIS, 1997) a été doublée ou quadruplée pour estimer respectivement un niveau 1 et un niveau 2 de contamination.

Pour définir l'état des peuplements, nous avons utilisé les indices biotiques préconisés par GLÉMAREC & HILY (1981, 1997) ; GRALL & GLÉMAREC (1997), utilisant, conjointement, le modèle SAB [richesse spécifique (S), abondance (A), biomasse (B)] de PEARSON & ROSENBERG (1978), et la classification des espèces en groupes écologiques tels qu'ils ont été définis par HILY *et al.* (1986). Par souci de simplification, nous n'avons tenu compte que des indices S et A du modèle de SAB, la biomasse suivant une évolution très comparable à celle de l'abondance.

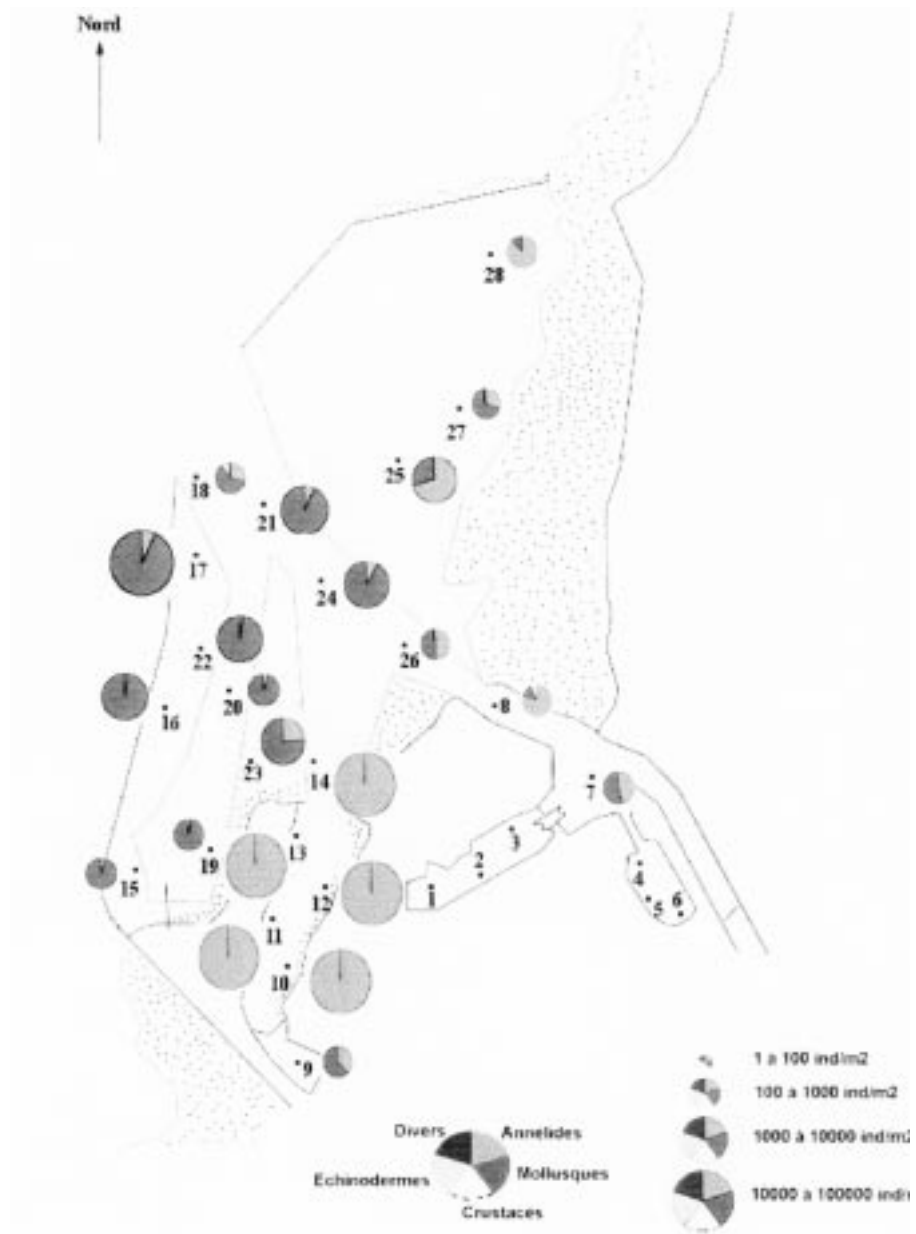


Figure 3

Répartition des macro-invertébrés benthiques dans le port de Boulogne-sur-Mer (printemps 1994), d'après les données de CRINQUETTE *et al.*, 1994 ; ROMONT & DHAINAUT-COURTOIS, 1994 ; ROMONT, 1996.

Peuplements macrozoobenthiques

Ces indices biotiques caractérisent 8 niveaux de dégradation :

- niveau 0 : majoritairement composé d'espèces sensibles et définissant un peuplement sain ;
- niveau 1 : caractérisé par une diminution des trois indices SAB, il représente un peuplement appauvri définissant le premier écotone ;
- niveau 2 : marque un état de déséquilibre du peuplement avec une prolifération des espèces tolérantes, une diminution des espèces sensibles et l'apparition des espèces opportunistes. Les trois indices (SAB) augmentent fortement ;
- niveau 3 : écotone 2, caractérisé par des valeurs de SAB très faibles, il résulte de la compétition entre les espèces tolérantes et opportunistes, permettant parfois à quelques espèces indifférentes de proliférer de façon anarchique ;
- niveau 4 : il marque le début des stades de dégradation des peuplements, par un essor des espèces opportunistes de second ordre et la disparition des espèces sensibles ;
- niveau 5 : caractérisé par la compétition entre les deux groupes d'opportunistes, il définit un troisième écotone pouvant profiter à une seule espèce indifférente qui peut alors se développer de façon massive (ex. : *Nephtys hombergii*) ;
- niveau 6 : défini par l'explosion des espèces opportunistes de premier ordre, pouvant atteindre des densités exceptionnelles. Il caractérise un état de dégradation des peuplements très prononcé ;
- niveau 7 : stade ultime de dégradation caractérisé par la disparition totale de toute forme de vie macrobenthique.

Résultats

La cartographie du port de Boulogne-sur-Mer et la répartition des sites de prélèvements sont présentées sur les figures 1, 2 et 3. Les caractéristiques sédimentaires générales des échantillons prélevés dans le port de Boulogne-sur-Mer attestent que la zone étudiée est fortement envasée, notamment dans ses zones les plus confinées (arrière-port, bassins), et présente des teneurs en contaminants importantes, particulièrement en matière organique, azote, cadmium, plomb, fer, cuivre, zinc et mercure.

L'ensemble des prélèvements réalisés dans le port de Boulogne-sur-Mer ont permis de récolter 63 espèces macrobenthiques pour une abondance faunistique totale de près de 45 000 individus. Les densités de population moyennes sur certaines stations peuvent dépasser les 150 000 individus/m² (16 000 ind./m² en moyenne), principalement représentés par des annélides polychètes capitellidés. Le tableau 2 présente les principaux résultats granulométriques, chimiques et faunistiques obtenus sur la zone d'étude.

La carte de la répartition des macroinvertébrés benthiques dans le port de Boulogne-sur-Mer (fig. 3) montre une forte dominance des annélides polychètes, principalement opportunistes (capitellidae), notamment dans la darse Sarraz-Bournet, avec des densités très importantes, indice de peuplements dégradés. *A contrario*, les bassins Loubet et Napoléon, situés en amont de l'avant-port, sont totalement azoïques. La rade et le chenal d'accès au roll on - roll off sont quant à eux principalement caractérisés par des mollusques bivalves (*Abra alba*), caractéristiques du peuplement des sables envasés décrit par divers auteurs, comme nous l'avons déjà mentionné, dans les zones côtières de Manche et de Mer du Nord.

Tableau 2
 Synthèse des principaux résultats granulométriques, chimiques et faunistiques obtenus sur le port de Boulogne-sur-Mer (printemps 1994), d'après les données de CRINQUETTE *et al.*, 1994 ; ROMONT & DHAINAUT-COURTOIS, 1994 ; ROMONT, 1996.

St.	Faciès	Al ³⁺	Cd	Cr	Cu	Fe ^o	Hg	Mn ^o	Ni	Pb	Zn	NTK ^o	P ^o	COI ^o	Richesse spécifique (S)	Densité (ind. / m ³)	Indice biotique
1	V	86,4													0	0	7
2	V	87,8													0	0	7
3	V	95													0	0	7
4	V	96,9													0	0	7
5	V	97,4													0	0	7
6	V	98													0	0	7
7	V	76,5													10	330	5
8	Vs	33,4													16	170	5
9	Vs	67,7													3	53	7*
10	V	87,9													10	150000	6
11	V	97,5													7	110000	6
12	V	90,7													14	37000	6
13	V	95,5													9	80000	6
14	V	95,7													14	33330	6
15	V	77,6													11	183	2
16	Vs	71,4													12	3987	2
17	Vs	50,3													25	13440	2
18	Vs	52,5													27	862	2
19	Vs	98,5													5	157	2
20	V	87,6													10	733	2
21	V	76,8													15	1580	2
22	V	87,6													15	7850	2
23	Vs	57,9													17	986	2
24	V	60,6													16	3157	2
25	Sv	11,5													28	2107	0*
26	Vs	49,4													19	280	2
27	Sb	3,9													7	240	0*
28	Sb	24,6													14	917	(5)

références GEODE :
 ■ Niv. 1 < teneurs ≤ Niv. 2
 ■ teneurs ≤ Niv. 1
 ● teneurs > Niv. 2
 ■ de 5 à 10 fois supérieur au (Niv. 2)
 ● plus de 10 fois supérieur au (Niv. 2)
 ○ niveau calculé par nous-mêmes (cf Matériel et Méthodes)

0*, (5) et 7*, voir explications sur la figure 4.

Peuplements macrozoobenthiques

La liste des principales espèces récoltées, avec indication de leur groupe écologique et des stations de prélèvement, est présentée dans le tableau 3. Celle-ci atteste la dominance importante des espèces tolérantes ou opportunistes (de premier ordre) dans l'enceinte portuaire de Boulogne-sur-Mer, signe indéniable de l'état de dégradation des peuplements établis. Les niveaux de contamination métallique et organique de certaines stations (fig. 2, tableau 2) ainsi que les corrélations importantes entre certains paramètres biologiques et physico-chimiques, nous permettent de conclure à une bonne corrélation entre la qualité des sédiments portuaires et l'état des peuplements installés. La carte des indices biotiques (fig. 4) récapitule les principales informations obtenues.

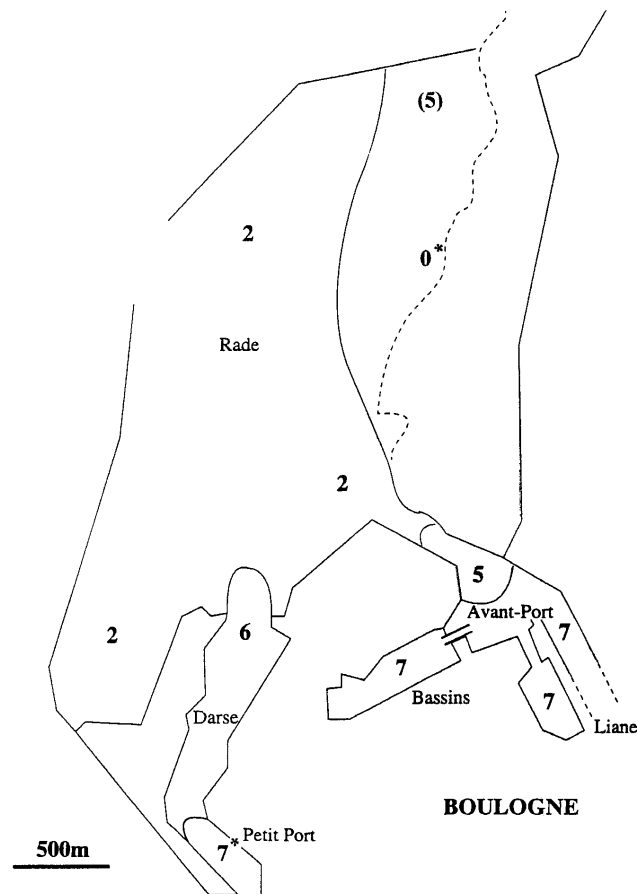


Figure 4

Indices biotiques calculés pour le port de Boulogne-sur-Mer (printemps 1994)
d'après GLÉMAREC (communication personnelle) légèrement modifiés.
Les 0* et (5) signalent respectivement une légère détérioration du peuplement (sites 25, 27)
et une perturbation ponctuelle plus importante (site 28).
Le 7* placé au niveau du site 9 indique une évolution probable vers un état azoïque
car la richesse spécifique y est très faible.

Tableau 3

Liste des espèces récoltées à Boulogne-sur-Mer avec mention des groupes écologiques et des stations de prélèvement, d'après les données de CRINQUETTE *et al.*, 1994 ; ROMONT & DHAINAUT-COURTOIS, 1994 ; ROMONT, 1996.

Espèces	Groupe écologique	Rencontrées au niveau des stations	Espèces	Groupe écologique	Rencontrées au niveau des stations
<i>Abietinaria abietina</i>	I	8	<i>Sibonellais boa</i>	II	17, 23
<i>Hydrallmania falcata</i>	I	18	<i>Conopeum reticulatum</i>	I	8
<i>Nemerites antennina</i>	I	8,18	<i>Electra pilosa</i>	I	18
<i>Sertularia polyzonias</i>	I	8,18	<i>Filistra foliacea</i>	I	18,8
<i>Sertularia cupressina</i>	I	18	<i>Abra alba</i>	III	17, 22, 16, 24, 21, 22, 23
<i>Actinia equina</i>	I	10	<i>Cardium (Cerastoderma)</i>	III	12, 23, 16
<i>Actinothoe sp.</i>	I	17,18	<i>Cardium glaucum</i>	III	14, 16, 22, 11
<i>Sagartia sp.</i>	I	17,18	<i>Ensis arcuatus</i>	I	25, 14, 17, 18, 21
<i>Cephalotrix rufifrons</i>	II	18	<i>Macoma balthica</i>	I	17, 12, 25, 16, 23
<i>Micrura aurantiaca</i>	I	27	<i>Modiolus modiolus</i>	I	22
<i>Prosorhochmus claparedi</i>	I	18	<i>Mysella bidentata</i>	I	17, 18
<i>Amphitrite gracilis</i>	I	25	<i>Pholas dactylus</i>	I	18
<i>Arenicola marina</i>	I	10, 21, 25	<i>Scala turtonae</i>	I	15
<i>Capitella capitata</i>	V	10, 11, 12, 13, 14	<i>Tellina fabula</i>	I	23, 27, 28
<i>Cirratulus cirratus</i>	IV	10	<i>Gibbula umbilicalis</i>	I	15
<i>Cirriformia (Audouinia) tentaculata</i>	IV	17, 12	<i>Hydrobia ulvae</i>	I	20, 17, 22, 10, 12, 27, 15, 9
<i>Eteone picta</i>	II	8, 18, 25	<i>Littorina littorea</i>	I	12
<i>Lanice conchilega</i>	II	25, 28, 26	<i>Littorina saxatilis</i>	I	15, 18
<i>Magelona papallicornis</i>	I	28, 9, 25	<i>Nassarius incrassatus</i>	II	20, 17, 18, 12
<i>Nephtys cirrosa</i>	II	27, 28, 8, 26	<i>Nassarius reticulatus</i>	II	23, 17, 20, 16
<i>Nephtys hombergii</i>	II	de 16 à 28	<i>Natica alderi</i>	II	18
<i>Nereis (Hediste) diversicolor</i>	III	12	<i>Neptunea antiqua</i>	I	23
<i>Nereis longissima</i>	III	17, 18, 21, 23 à 26	<i>Paludestrina jenkinsi</i>	I	10 à 15, 22
<i>Notomastus latericeus</i>	III	23, 25, 18, 17, 20, 26	<i>Carcinus maenas</i>	III	10, 18
<i>Owenia fusiformis</i>	I	23, 25, 24	<i>Crangon crangon</i>	I	8, 25, 28
<i>Pectinaria koreni</i>	I	17, 22, 23, 25, 16	<i>Balanus crenatus</i>	I	8, 18
<i>Phyllodoce maculata</i>	II	18, 26, 17, 21, 25	<i>Bathyporeia sp.</i>	I	25
<i>Phyllodoce sp.</i>	II	17, 8, 25, 23, 28	<i>Diasyllis sp.</i>	I	18
<i>Scoletopsis ciliata</i>	V	28, 11, 25, 10, 13	<i>Stenothoe monoculoides</i>	I	17, 23
<i>Scoloplos armiger</i>	I	17, 18	<i>Fibilia armata</i>	I	8
<i>Stigantion mathildae</i>	II	24, 17, 25	<i>Eurydice pulchra</i>	I	19, 25
			<i>Asterias rubens</i>	I	17

Peuplements macrozoobenthiques

Discussion - Conclusion

La présentation rapide des principaux résultats obtenus lors de la campagne du printemps 1994 permet de mettre en exergue un certain nombre de faits. La contamination par les métaux lourds étudiés (car susceptibles d'être présents) (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, et Zn) et par certains nutriments (COT, NTK, P) est nette. Elle peut atteindre, pour les micropolluants métalliques, les niveaux 1, et même souvent 2 de GEODE, et, pour les nutriments, les niveaux 1 et 2 que nous avons déterminés en recherchant la médiane de l'ensemble des données recueillies dans les ports régionaux (Boulogne-sur-Mer, Calais, Dunkerque-Ouest, Dunkerque-Est). Comme ceci était prévisible, ce sont surtout les bassins, la darse et le Petit - port qui sont les plus touchés par les pollutions.

Corrélativement à l'atteinte à la qualité du milieu, une dégradation faunistique a été enregistrée. La distribution des espèces sensibles, tolérantes, opportunistes..., de même que la richesse spécifique et, par voie de conséquence, les Indices Biotiques (IB), sont en effet globalement en accord avec les données chimiques. Les résultats recueillis sur certains sites méritent néanmoins d'être soulignés et discutés.

Les sites 25 et 27 sont sains. Le 0* signale qu'il existe néanmoins une très légère dégradation des peuplements.

Le site 28, pour lequel une dégradation tant du milieu que de la faune a été observée, pose le problème de l'origine d'une contamination ponctuelle (d'où la représentation (5) sur la figure 2).

Le site 9, choisi pour être dans une zone de loin la plus contaminée en certains métaux lourds (ici, les niveaux 2 de GEODE sont multipliés par X) (Tableau 1), n'est, contre toute attente, pas complètement azoïque. Toutefois, le faible nombre d'individus, la faible richesse spécifique (3 espèces rencontrées) et la présence de l'espèce opportuniste *Cirroformia tentaculata* témoignent de la forte dégradation du milieu. (l'IB tendant vers le niveau 7 selon GLÉMAREC (communication personnelle), d'où la représentation (7*) sur la figure 2.

Les sites 10, 11, 12, et 13, localisés dans la darse Sarraz-Bournet, très contaminés à la fois par les métaux lourds et des nutriments sont fortement colonisés, presque exclusivement par des annélides Capitellidae, ce qui entraîne leur classement dans le niveau 6 des IB. L'existence en abondance de nutriments sur ces sites explique en grande partie la présence de ces vers. Ce résultat est d'ailleurs à rapprocher de ceux obtenus dans différents ports, par divers auteurs (GLÉMAREC *et al.*, 1980 ; GLÉMAREC & HILY, 1981; BELLAN & BOURSIER, 1990). Il est toutefois, dans l'état actuel de nos connaissances, impossible de conclure sur la part qui revient aux métaux lourds dans le déroulement de la dégradation détectée.

Les sites 1 à 6, choisis dans les bassins Loubet et Napoléon, se distinguent par le fait qu'ils sont totalement azoïques. Les niveaux de contamination pour les métaux lourds et les nutriments y sont très élevés mais pas plus que sur le site 9, en ce qui concerne les métaux lourds et sur les sites 10 à 13 pour les nutriments. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour interpréter ce constat :

- le Cu, bien connu pour son extrême toxicité (WOOD, 1975) y est ici très présent ;
- des phénomènes de synergie concernant divers micropolluants peuvent se produire ;

Bulletin de la Société zoologique de France 125 (1)

– le confinement, sans doute ici plus important, car les bassins sont situés très en amont de la rade pourrait presque à lui seul expliquer le phénomène.

18 sites méritent également notre attention car la dessalure du milieu qui les caractérise y est bien révélée par la présence d'espèces euryhalines telles que *Hydrobia ulvae*. Il convient enfin de mentionner que, dès que l'on s'éloigne des zones particulièrement polluées, les caractéristiques granulométriques du sédiment redeviennent déterminantes dans l'installation des communautés. Celles-ci permettent le développement des peuplements classiques des sables envasés à *Abra alba*, néanmoins perturbés tant par la forte pollution des sédiments en métaux lourds (Cd, Cu, Mn, Fe, Zn, Hg) liée aux spécificités industrielles du port (usine de ferro-manganèse, fonderies...) que par les travaux d'entretien des bassins entraînant des bouleversements sédimentaires fréquents et des apports d'eau douce liés aux émissaires urbains qu'atteste la présence d'organismes euryhalins.

Une très bonne corrélation entre la dégradation générale du milieu et celle des peuplements benthiques étudiés en fonction de la richesse spécifique, des groupes écologiques, des IB est ainsi mise en évidence. Dans le port de Boulogne, il apparaît que les sites relevant du niveau 2 ne sont que très faiblement dégradés. Il n'en est pas de même pour tous ceux qui sont localisés dans les bassins, la darse et le Petit-port et présentent des niveaux d'IB de 5, 6, voire 7, reflets des mauvaises qualités physico-chimiques et chimiques des sédiments.

Ces résultats, en parfait accord avec ceux de GLÉMAREC et HILY (1981,1997) ; GRALL & GLÉMAREC (1997) soulignent à nouveau l'intérêt des IB dans l'appréciation globale de la qualité des sédiments susceptibles d'être rejetés en mer.

Peut-on, pour autant, dès à présent, grâce à cette étude en déduire des corrélations entre les niveaux de GEODE et la toxicité des sédiments ? Il est évident que pour le vidage en mer, le simple confinement, et même un apport momentané en nutriments, ne pourraient avoir d'importantes répercussions dans un nouveau milieu fortement oxygéné. Toutefois, il n'en est pas moins vrai que dans la nature, dans les ports en particulier, les faits sont beaucoup plus complexes puisque les pollutions chroniques, à l'inverse des pollutions accidentelles, sont rarement isolées. Il est donc impossible, dans l'état actuel des connaissances, de conclure sur la part des métaux lourds sur la dégradation faunistique. Il nous paraît donc prudent de conseiller de suivre les recommandations de GEODE concernant les niveaux de teneurs métalliques à ne pas dépasser pour d'éventuels rejets. D'autres études sur les différents ports régionaux en cours de traitement dans notre laboratoire et le programme PNETOX relatif à l'évaluation des risques liés à l'immersion des boues de dragage des ports maritimes et auquel nous participons devraient nous permettre, dans un avenir proche, d'affiner nos interprétations.

Remerciements

Ces recherches ont été financées par un contrat État/Région Nord/Pas-de-Calais (DYSCOP I).
Les auteurs remercient aussi très vivement M. GLÉMAREC
pour le calcul des indices biotiques (fig. 4).

Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie, Laboratoire de Biologie Animale,
Bâtiment SN3, Université de Lille I - 59655 Villeneuve-d'Ascq Cedex.
N.D : auteur pour la correspondance.

Peuplements macrozoobenthiques

RÉFÉRENCES

- BELLAN, G. & BOURCIER, M. (1990).- Les enseignements d'une étude sur dix ans (1976-1986) des peuplements de substrats meubles au large d'un émissaire d'eaux usées : Marseille-Cortiou, *Cah. Biol. Mar.*, **31**, 225-249.
- BOURGAIN, J.-C. (1985).- *Étude de la dispersion des rejets des matériaux de dragages du port de Boulogne-sur-Mer sur le littoral du Pas-de-Calais, rapport du contrat USTL 1614, St. Mar. de Wimereux-USTL.*
- CABIOCH, L. (1968).- Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche Occidentale, *Cah. Biol. Mar.*, **9**, 493-720
- CABIOCH, L. & GLAÇON, R. (1975).- Distribution des peuplements benthiques en Manche Orientale de la Baie de Seine au Pas-de-Calais, *C.R. Acad. Sc. Paris, série D*, **280**, 491-494
- CABIOCH, L. & GLAÇON, R. (1977).- Distribution des peuplements benthiques en Manche Orientale du cap d'Antifer à la Baie de Somme, *C.R. Acad. Sc. Paris, série D*, **285**, 209-211
- CRINQUETTE, C., PRONIER, M., TOURDOT, C., VEDIEU, C., ROMONT, R. & DHAINAUT-COURTOIS, N. (1994).- *Étude de la macrofaune benthique des sédiments meubles du site portuaire de Boulogne-sur-Mer.* Rapport de stage dans le cadre du contrat État/Région et USTL (DYSCOP I), 91p. + annexes.
- DEWARUMEZ, J.-M. (1979).- *Étude biologique d'Abra alba, Wood (Mollusque lamellibranche) du littoral de la Mer du Nord.* Thèse de troisième cycle, Instit. de biol. Marine et régionale de Wimereux-USTL, 139 p.
- DEWARUMEZ, J.-M., DAVOULT, D. & FRONTIER, S. (1991).- Examples of responses of benthic communities to environmental stress (Dover strait, France). *Oceanologica Acta*, sp **11**, 191-196.
- DEWARUMEZ, J.-M., QUISTHOUD, T C. & RICHARD, A. (1986).- Suivi pluriannuel du peuplement à *Abra alba* dans la partie méridionale de la Mer du Nord (région de Dunkerque-France), *Hydrobiologia*, **142**, 187-197.
- GEODE, (1992).- *Métaux dans les sédiments dragués dans les ports français (1986-1990). Rapport préliminaire.*
- GEODE, (1995).- *Métaux et polychlorobiphényles (PCB) dans les sédiments dragués dans les ports français - Données 1991, 1992, 1993 - Évolution 1986-1993. Document provisoire.*
- GLÉMAREC, M. & HILY, C. (1981).- Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents marins et portuaires. *Acta Œcol., Œcol. Applic.*, **2**, 139-150.
- GLÉMAREC, M. & HILY, C. (1997).- Variabilité naturelle et perturbations anthropiques des écosystèmes sédimentaires. De la tolérance à l'opportunisme. In : *Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord, Muséum Nat. Hist. Nat.*, Paris, 273-281.
- GLÉMAREC, M., HILY, C., HUSSENOT, E., LE GALL, C. & LE MOAL, Y. (1980).- Recherches sur les indicateurs biologiques en milieu sédimentaire marin. *Journée d'étude de l'association des ingénieurs écologues*, 118-139.
- GRALL, J. & GLÉMAREC, M. (1997).- Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. In : 25th Annual Symposium of the Estuarine and Coastal Sciences Associations, Dublin, Sept.- Est. Coastal and Shelf Science, 44 (supplément A), 11 p.
- HILY, C, Le BRIS, H. & GLÉMAREC, M. (1986).- Impacts biologiques des émissaires urbains sur les écosystèmes benthiques. *Océanis*, **12**, **6**, 419-426.
- IFREMER, (1986).- *Le littoral de la région Nord/Pas-de-Calais - Qualité du milieu marin - Rapports scientifiques et techniques*, **3**.
- LOURENS, J.-M., VONCK, A.P.M.A., VAN DEN GUCHTE, C., HARTNACK, J. & STRONKHORST, J. (1995).- Sediment toxicity testing of lightly contaminated dredged material in the Netherlands. *J. of Aquatic Ecos. Health*, **4**, 271-275.

Bulletin de la Société zoologique de France 125 (1)

- OSPAR, (Commission d'Oslo et de Paris), (1993).- *Lignes directrices de la commission d'Oslo sur la gestion des activités de dragage. Annexe I des conventions d'Oslo et de Paris pour la prévention de la pollution marine*. Quinzième réunion des Commission d'Oslo et de Paris, Berlin, 14-19 juin 1993.
- OSPAR, (1994a).- *Étude des lignes de base des contaminants dans les sédiments superficiels de la zone maritime des conventions d'Oslo et de Paris pour la prévention de la pollution marine*. Rapport des commission d'Oslo et de Paris DE/SDCRE/JMM. JC. n°554, 78 p.
- OSPAR, (1994b).- *Critères d'évaluation écotoxicologiques des métaux traces et des microcontaminants organiques dans l'Atlantique du Nord-Est*. Rapport des commission d'Oslo et de Paris, 47 p.
- PAGNOTTA, R., GHIAUDANI, G., LA NOCC, T. & PANELLA, S. (1990).- Control criteria and activities in dumping management in Italy. *Chem. Ecology*, **4**, 227-234.
- PEARSON, T.H., & ROSENBERG, R. (1978).- Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann.*, **16**, 229-311.
- PELLEGRINI, D., GIANI, M., GABELLINI, M., CICERO, A.M., BARGIGIANI, C. & MELLARA, F. (1993).- Disposal harbour dredging materials in Italy : two cases of study. In : G. Thues - R. Vanbrant (Ed.) *CATS II Congress 1993 - Proceedings*. pp. 42-47. Royal Flemish Society of Engineers, Antwerp.
- PELLEGRINI, D., GIANI, M., MELLARA, F. & GABELLINI, M. (1995).- Trace metals distribution in a dredged material disposal site of the Northern Tyrrhenian Sea. In : *Rapport du Comité International de la Mer Méditerranée*, vol. 34, 142. *Commission Internationale pour l'exploration scientifique de la Mer Méditerranée*, Monaco.
- PINTO B., PELLEGRINI, D., GABELLINI, M. & AUSILI, A. (1995).- Harbour and coastal sediment chemistry and toxicity : a preliminary assessment of dredging activities. *J. of Aquatic. Ecos. Health*, **4**, 249-255.
- PRUVOT, C. & DHAINAUT-COURTOIS, N. (1997).- Toxicologie des sédiments marins. Contribution à l'évaluation des risques des rejets de boues de dragages portuaires pour les communautés benthiques de la Mer du Nord. *Actes du colloque CIRMAT*. « Navires côtiers et océanographiques de l'Atlantique et de la Manche », Bordeaux 9-10 juin.
- PRYGIEL, J., DAVOULT, D., DEWARUMEZ, J.M., GLAÇON, R. & RICHARD, A. (1988).- Description et richesse des peuplements benthiques de la partie française de la Mer du Nord, *C.R. Acad. Sci. Paris, Série III*, **306**, 5-10.
- ROMONT, R. (1996).- *Caractérisation multiparamétrique de la qualité des sédiments et description des communautés macrozoobenthiques associées des ports de Dunkerque Ouest et Boulogne-sur-Mer et des estuaires de l'Aa et de la Canche (Région Nord / Pas-de-Calais, France)*. Thèse Doctorat. USTL, 161p. + annexes.
- ROMONT, R. & DHAINAUT-COURTOIS, N. (1994).- *Bilan des études sur la macrofaune benthique et les sédiments des estuaires de l'Aa et de la Canche et des sites portuaires de Boulogne/Mer et Dunkerque Ouest*. Rapport Contrat État-Région Nord/Pas-de-Calais, Programme DYSCOP I (1992-1994) et Contrat Port Autonome de Dunkerque (1994), 23p. + annexes.
- ROMONT, R., PRUVOT, C. & DHAINAUT-COURTOIS, N. (1995).- Diagnostic écologique de la qualité des milieux portuaires et estuariens du Nord/Pas-de-Calais - *Actes des XXII journées nationales des cellules Qualités des Eaux Littorales*, 26-28 Septembre, Calais ñ Dunkerque, 5 p.
- SOUPLET, A. & DEWARUMEZ, J.-M. (1980).- Les peuplements benthiques du littoral de la région de Dunkerque, *Cah. Biol. Mar.*, **21**, 23-39.
- WOOD, J.M. (1975).- Biological cycles for toxic elements in the environment - a study of kinetics and the mechanism. In Krenkel, P.A. (ed.) *Heavy metals in aquatic environment*, Pergamon Press, N.Y., 105-112.