

L'ENDOFAUNE DES BASSINS DU PORT DU HAVRE (MANCHE ORIENTALE)

par Gérard BRETON, Thierry VINCENT, Aurélia PAINBLANC et Arnaud DUCHEMIN

RÉSUMÉ

L'endofaune des bassins de marée du port du Havre (Manche orientale) est distinct de celui des bassins à flot et à niveau constant. Depuis 1979, il semble s'être enrichi et diversifié. L'application des indices biotiques tels que définis par Glémarec montre pour les bassins de marée une communauté macrozoobenthique de milieu normal à pollué. Un milieu non ou très peu pollué à communauté déséquilibrée caractérise les bassins à flot anciens. Les résultats, pour les bassins à niveau constant de l'arrière-port oscillent entre « communauté déséquilibrée » et « milieu fortement pollué ».

La biocénose des sédiments fins envasés du port du Havre est un faciès à *Corbula gibba* de la communauté à *Abra alba* - *Pectinaria (Lagis) koreni*.

MOTS-CLÉS

Endofaune, indices biotiques, Manche orientale, peuplements, port, sédiment réducteur, vase.

ABSTRACT

The endobenthos of the tidal-docks of the port of Le Havre (Eastern Channel) is different from the one of the flooding-docks. Since 1979, its richness and diversity seem to have increased. The application of the biotic indices proposed by Glémarec shows a macrozoobenthic community of normal to polluted environment in the tidal basins. In the flooding-docks the community is disequibrated in a weakly polluted to unpolluted environment. In the most eastern flooding-docks, the results vary between « disequibrated community » and « heavily polluted environment ».

The biocenosis of the organic-rich fine sediments of the port of Le Havre is a peculiar *Corbula gibba* - facies of the *Abra alba* - *Pectinaria (Lagis) koreni* - community.

KEY-WORDS

Biotic indices, Eastern Channel, endofauna, mud, populations, port, reducing sediment.

Référence bibliographique de cet article

BRETON (G.), VINCENT (T.), PAINBLANC (A.) & DUCHEMIN (A.) (2005). - L'endofaune des bassins du port du Havre (Manche orientale). *Bull. Soc. géol. Normandie Amis Mus. Havre*, 92, 1, 2005, p. 5-18.

Adresses des auteurs

- Gérard BRETON, Muséum d'histoire naturelle, place du Vieux-Marché, 76600 LE HAVRE.

courriel : gerardbreton@free.fr

- Thierry VINCENT, Muséum d'histoire naturelle, place du Vieux-Marché, 76600 LE HAVRE.

courriel : thierry.vincent@ville-lehavre.fr

- Aurélia PAINBLANC, 78 rue François Mazeline, 76600 LE HAVRE.

- Arnaud DUCHEMIN, Muséum d'histoire naturelle, place du Vieux-Marché, 76600 LE HAVRE.

courriel : Arnaud.Duchemin@ville-lehavre.fr

Note des auteurs. F. Gentil, qui a procédé à l'analyse critique d'une première version de ce manuscrit, note « ... il est tout à fait dommage que l'échantillonnage effectué n'a pas pu l'être avec des répliquats (qui auraient permis de mieux appréhender la variabilité spatiale dans la structure des peuplements) et qu'il n'est pas possible de réaliser ainsi un traitement de données ». Les auteurs s'associent pleinement à ce regret du Comité de Lecture. Le rapporteur recommande néanmoins à l'éditeur la publication de l'article sous réserve des corrections demandées, qui ont été apportées.

Le port du Havre (49° 29' N ; 0° 07' E) est situé à la pointe du Pays de Caux, au fond de la baie de Seine en Manche orientale. Nous excluons de cette étude le port pétrolier d'Antifer, port artificiel situé 25 km au nord du Havre qui s'appuie sur la falaise du plateau cauchois, bien qu'il relève administrativement du Port Autonome du Havre.

Il se compose de trois types de bassins d'aval en amont : les bassins de marée où l'action de la marée est ressentie intégralement soit un marnage de 2,2 m en morte-eau à 8,05 m en vive-eau pour 2004, les bassins à flot anciens où le marnage est habituellement de 1,50 m et peut atteindre exceptionnellement 3,50 m et les bassins à niveau constant où le marnage habituel est de 0,40 m, exceptionnellement 0,60 m.

Les plans d'eau à niveau constant de l'arrière-port reçoivent les eaux d'une rivière, la Lézarde.

Le cadre physiographique (niveau de l'eau, hydrodynamisme, salinité, température, luminosité, turbidité, orientation et nature des substrats) est précisé par Breton *et al.* (1996) et par Vincent (2001).

Aux supports solides (quais, ouvrages, épaves diverses) s'oppose le fond sédimentaire des bassins : vase réductrice molle, vase réductrice compacte, avec dépôts coquilliers au pied des quais ; quelques sites constitués de sablons ou silts plus ou moins mêlés de vase ; fragments de valves de moules et de murailles de balanes constituent le fond de certains canaux, pertuis ou étroitures où s'exercent des courants suffisants pour vanner le dépôt sédimentaire.

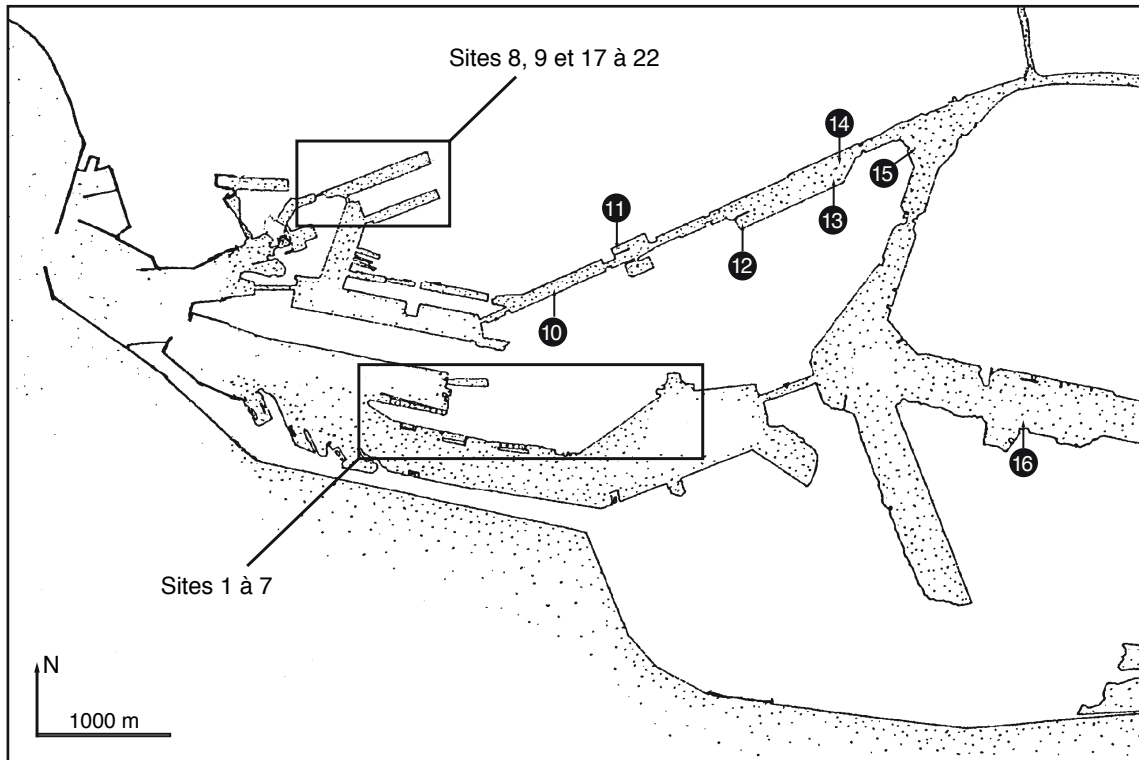


Figure 1. Plan de situation des stations.

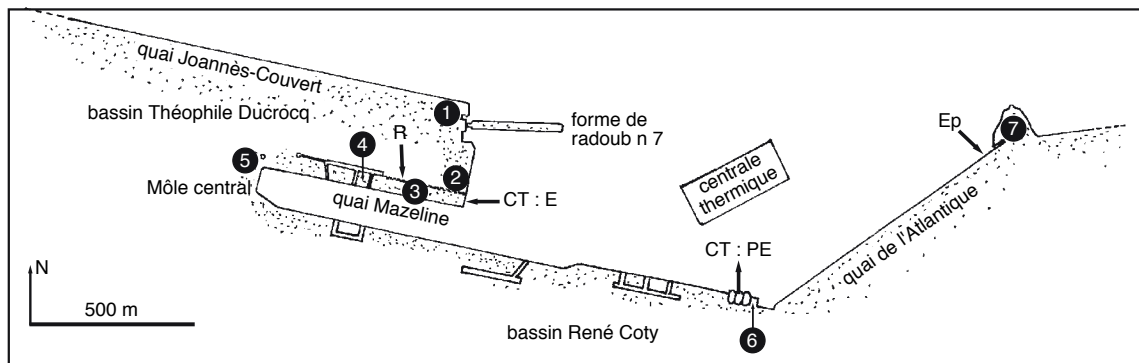


Figure 2. Plan de situation des stations 1 à 7.

CT : PE = centrale thermique, prise d'eau CT : E = centrale thermique, exutoire
 Ep = rejet de la station d'épuration R = rideau de palplanches

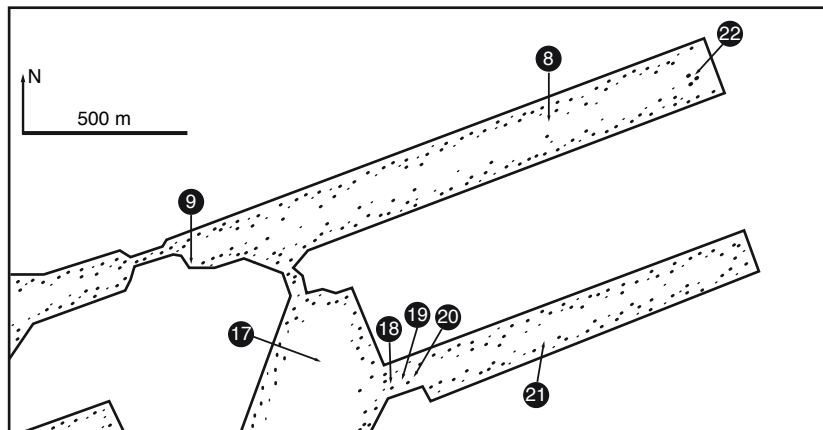


Figure 3. Plan de situation des stations 8, 9 et 17 à 22.

L'épifaune du port du Havre est étudiée depuis la fin de la décennie 70 par l'équipe du Muséum du Havre, aidée de nombreux plongeurs amateurs, en plongée subaquatique en scaphandre autonome (Breton, 1981; Breton *et al.*, 1996; Breton & Vincent, 2001, 2002); cette pratique étant complétée par d'autres méthodes ou observations (par exemple Vincent, 2001, p. 60).

L'endofaune des bassins du port du Havre au contraire n'a été que très peu étudiée (Proniewski, 1979, inéd.), tandis que l'étude de l'endofaune de l'estuaire et de la baie de Seine suscitait plusieurs études (par exemple Proniewski & Elkaïm, 1980; Gentil, 1976, 1980; Cabioch & Gentil, 1975; Gentil & Cabioch, 1997b) et justifiait la tenue de colloques (colloque Grecomanche - Baie de Seine, 1985; Cabioch, 1986).

De plus, plusieurs équipes travaillent sur l'endofaune d'autres ports ou endroits abrités pour rechercher en particulier des indices de dégradation ou de modification du milieu, ou bien en développant une approche écotoxicologique (Hily & Afli, 1999; Afli & Glémarec, 2000; Baudet & Gruet, 1993; Dhainaut-Courtois *et al.*, 2000; Glémarec & Grall, 2000; Grall & Glémarec, 1997; Rebzani-Zahaf, 1992; Glémarec *in* Alzieu, 2003; Grall, Quiniou & Glémarec *in* Alzieu, 2003; les conclusions de Alzieu, 2003 étant tempérées par N. Dhainaut-Courtois, *in litt.*, 12.02.2004).

Il était donc intéressant d'étudier l'endofaune des différents types de bassins du port du Havre

- pour rechercher d'éventuels changements depuis les relevés de Proniewski (1979);
- pour interpréter les peuplements endobenthiques du port du Havre par rapport aux définitions traditionnelles des associations ou faciès (Gentil & Cabioch, 1997a, b), mais aussi selon les groupes écologiques et indices biotiques définis par l'équipe de Glémarec (par exemple Grall & Glémarec, 1997; Afli & Glémarec, 2000).

De décembre 2000 à septembre 2002, quatre études commandées par EDF-Environnement (2000, 2001), la Ville du Havre (avril 2002) et la CCI du Havre (septembre 2002) ont été l'occasion de faire le bilan sur l'endobenthos des sédiments du port du Havre.

1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1 Mode opératoire

Les prélèvements sont effectués à bord d'une barge, à l'aide d'une benne Smith Mc Intyre modifiée prélevant sur 1/3 de mètre carré. Aussitôt après prélèvement, le sédiment est lavé sur un tamis à maille millimétrique et le refus de lavage est fixé à l'aide de formol salé à 10 %. Les prélèvements sont ensuite colorés à la Phloxine B, triés, déterminés et décomptés.

20 décembre 2000: 7 stations (n° 1 à 7), avec un prélèvement par station, deux pour la station n° 1 (bassins de marée) (fig. 1, 2).

14 mars 2001: 9 stations (n° 8 à 16), avec un prélèvement par station (bassins à flot et à niveau constant) (fig. 1).

2 avril 2002: 5 stations (n° 17 à 21) (dont n° 18, 19 et 20 proches), avec un prélèvement par station (bassins Paul Vatine et de l'Eure: bassins à flot anciens) (fig. 1, 3).

5 septembre 2002: 1 station (n° 22), avec trois prélèvements espacés de 10 m (partie orientale du bassin Vauban, bassin à flot ancien) (fig. 1, 3).

Tous les spécimens examinés sont conservés dans les collections d'étude du Muséum du Havre.

1.2 Présentation des résultats

Les résultats concernant les stations 1 à 7 (20 décembre 2000) sont consignés dans les tableaux 1 et 2, ceux concernant les stations 8 à 16 (14 mars 2001) dans les tableaux 3 et 4 et ceux concernant les stations 17 à 22 (2 avril et 5 septembre 2002) dans les tableaux 5 et 6. Pour chaque station (tableaux 1, 3 et 5) la colonne de gauche indique le nombre d'individus vivants par mètre carré, la colonne de droite le pourcentage rapporté au sous-total de l'endofaune seule. Les trois dernières colonnes du tableau 5 détaillent en nombre absolu d'individu par tiers de mètre carré les trois prélèvements de la station 22. P indique la présence du taxon sous forme de traces (coquilles vides...), + indique un pourcentage très faible.

Nous avons distingué, parmi les quelque soixante-dix taxons animaux observés, l'endofaune, seule directement concernée par les caractères physico-chimiques du sédiment, de l'épifaune recueillie à l'occasion du prélèvement. Cette distinction n'est cependant pas toujours aisée. C'est ainsi que *Cereus pedunculatus* a été comptée avec l'endofaune car sa colonne est enfoncée dans le sédiment, tous les polychètes sauf les serpules (un peu arbitrairement pour certains taxons) ont été décomptés avec l'endofaune, tous les arthropodes avec l'épifaune (sauf le *Corophium* sp. de la station 22). Compte tenu du mode de récolte, de préparation et de conservation, certains animaux ont pu se trouver détériorés (ex.: autotomie des tentacules des Spionidae) et les identifications rendues alors beaucoup plus difficiles.

Toutes les anémones de mer ont été inventoriées sous le taxon cf. *Cereus pedunculatus*, les techniques de prélèvement et de conservation utilisées interdisant pratiquement de tenter de distinguer les autres espèces de Sagartiidae (*Sagartiogeton undatus*, *Sagartia troglodytes*) qui peuvent se trouver, minoritaires, dans les mêmes environnements (d'après nos données recueillies en plongée subaquatique).

N'ont pas été reportées les épaves comme les fragments de spongiaires ou d'algues clairement tombés sur le fond, non plus que les restes « anecdotiques »: débris de feuilles, de végétaux, lignes de pêche et hameçons, etc. Pour les polychètes en particulier, seuls les individus pourvus de leur tête sont décomptés, car le mode de prélèvement est mutilant pour certaines espèces fragiles qui peuvent se trouver tronçonnées, éventuellement par autotomie. Les « Polynoidae » et « Melitidae », représentés chacun par un individu, n'ont pas été déterminés spécifiquement. Le polychète « aff. *Malacoceros fuliginosus* » (tabl. 7) n'a pas pu être identifié avec certitude compte tenu de sa fragilité et de la mauvaise conservation des individus.

Aucun des cas où une éventuelle erreur ou imprécision de détermination a pu survenir (affectation à l'endofaune,

STATIONS →	1 - quai Joannès-Couvert Est		2 - Mazeline Est à l'extérieur des palplanches		3 - Mazeline, 80 m de l'extutoire		4 - Mazeline, mi-quai		5 - M�le Central		6 - quai de l'Atlantique prise d'eau		7 - quai de l'Atlantique Est de la station d'épuration		
	TAXONS														
ENDOFAUNE	cf. <i>Cereus pedunculatus</i> (C)				1 200	74	30	1	2	+					
	<i>Nucula turrida</i>	16	8	6	1				151	47			6	+	
	<i>Cerastoderma edule</i>	26	13	6	1				46	15			15	1	
	<i>Abra alba</i>	68	35	3	+	3	+(1)		42	13		6	36	1	
	<i>Corbula gibba</i>	6	3	3		6	+(1)		37	14		9	12	+	
	<i>Tellina pusilla</i>								1	+		3			
	Polychète ind�t.	2	1					8							
	Polychète gen. sp. C								1	+					
	Cirratulidae ind�t.														
	<i>Capitella capitata</i>	2	1	762	98	69	4 (17)	18	+			6	2	2 211	91
	<i>Timarete tentaculata</i>					105	6 (25)	2454	94			189	67		
	<i>Anaicides maculata</i>	20	10			6	+(1)	16	+	31	10	18	6	36	1
	<i>Nephtys hombergii</i>											3	1		
	Nereidien ind�t.													54	2
<i>Hediste diversicolor</i>													33	1	
<i>Amphiglena mediterranea</i>							4	+							
Syllidae ind�t.															
<i>Typosyllis</i> cf. <i>prolifera</i>					204	13 (49)									
<i>Marphysa sanguinea</i>					24	1 (6)									
<i>Pectinaria</i> (<i>Lagis</i>) <i>koreni</i>							8	+	1	+	3	1			
<i>Sabella pavonina</i>	54	28	3	+					4	1	45	16	33	1	
<i>Polydora hoplura</i>							48	2							
<i>Pygospio elegans</i>							30	1							
<i>Streblospio schrubshohi</i>															
sous-total →	194		780		1 617		2 616		315		282		2 436		
�PIFAUNE	<i>Lagena</i> sp. (P)				12										
	cf. <i>Oligocladius sanguinolentus</i> (Pl)				12										
	<i>Diastylis bradyi</i>												6		
	<i>Jassa marmorata</i> (Cr)			3											
	<i>Carcinus maenas</i>														
	<i>Anoploleptus pygmaeus</i> (Py)					87									
	<i>Mytilus edulis</i> (M)					3			25					12	
<i>Hinia</i> (<i>Nassarius</i>) <i>reticulata</i>					3			12							
Ophiopleidae gen. sp. (E)					3										
total →	194		783		1 863		2 616		352		282		2 454		

Tableau 1. Composition faunistique des pr lvements des stations 1 à 7, bassins de marée, port du Havre, 20 décembre 2000.

Pour chaque station : colonne de gauche n ind./m² ; colonne de droite pourcentage arrondi (+ indique < 0,5 %) rapportés à l'endofaune seule.
 Station 3 : les chiffres entre parenthèses sont ceux des pourcentages rapportés à l'endofaune, abstraction faite des cf. *Cereus pedunculatus*.

Taxons : P = Protozoaire C = Cnidaire Pl = Plathelminthe Cr = Crustacé Py = Pycnogonide M = Mollusque E =  chinoderme

Sagartiidae, Polychètes) ne serait de nature à remettre en cause les conclusions développées plus loin.

Les *Corbula gibba* ont été ouvertes individuellement et les *Abra prismatica* examinées au stéréomicroscope en diascopie pour éliminer du décompte les épaves (valves vides).

2RÉSULTATS

Les prélèvements ont été réalisés, sur quatre campagnes, en décembre, mars, avril et septembre. La diversité de l'endofaune et l'abondance de certaines espèces sont certainement différentes, sans doute inférieures, à ce qui aurait été enregistré, par exemple en juin au cours d'une campagne unique (amphipodes et certaines espèces de polychètes moins abondants).

Au cours des trois premières campagnes, nous avons souhaité explorer le maximum de stations pendant le temps de disponibilité de la barge. C'est pourquoi nous n'avons fait qu'un prélèvement par station. La possible répartition « par taches » de certains taxons (F. Gentil, comm. pers.) qui conduit à faire traditionnellement au moins trois prélèvements proches (trois « coups de benne ») par station, n'a pu être testée que le 5 septembre 2002, sur la station 22. Sur ce site (tabl. 5), les compositions de chacun des prélèvements sont cependant très proches.

Cette répartition par tache des taxons, ainsi que la variabilité saisonnière des prélèvements, peuvent avoir biaisé les résultats: nous en tiendrons compte dans l'analyse des résultats et dans nos conclusions.

Nous examinerons successivement les bassins de marée, les bassins à flot anciens et les bassins à niveau constant.

2.1 Bassin de marée (stations 1 à 7) - campagne du 20 décembre 2000 (fig. 2)

Les données rassemblées dans le tableau 1 laissent apparaître deux groupes de stations :

- les stations 2, 4 et 7 caractérisées par une forte densité d'individus (780 à 2616 individus/m²) et la dominance quasi exclusive d'un taxon: *Timarete tentaculata* (2, 4) ou *Capitella capitata* (7), avec des fréquences supérieures à 90 % des individus;
- les stations 5, 6 et 1 caractérisées par une densité faible d'individus (194 à 315 individus/m²) et une diversité plus forte (taxon dominant représentant au plus 2/3 des individus).

Dans le cas de la station 3, le sédiment était majoritairement constitué de coquilles de moules accumulées et peu envasées à cause du courant, ce qui explique l'importance relative de l'épibenthos et de cf. *Cereus pedunculatus*: elle offre un cas intermédiaire entre les deux groupes de stations avec une forte abondance, mais une bonne diversité, même en faisant abstraction des cf. *Cereus pedunculatus* fixés aux coquilles de moules.

L'un des objectifs de cette campagne était de savoir si les produits antialgues (pour plus de détails voir Breton

& Vincent, 2001) rejetés avec les eaux de refroidissement de la Centrale Thermique EDF (point CTE, fig. 2) ont une influence sur l'endobenthos: 1 est une station-témoin située hors du panache de rejet des eaux de refroidissement, mais dans le même plan d'eau, 2, 3, 4, 5 sont disposées dans cet ordre en s'éloignant de l'émissaire, 6 est située à la prise d'eau de la Centrale Thermique, et 7 au delà, mais dans une zone sous l'influence directe du rejet de la station d'épuration de la ville du Havre.

La cohérence globale des données de la station 2 à la station 7 est moyenne, probablement en partie à cause de la répartition « en taches » de certains taxons, donnée qui a été contrôlée en plongée sous-marine en scaphandre autonome (*Timarete tentaculata*, point 2 et 4). Quelques axes se dégagent cependant.

Stations 2 et 4: forte densité d'individus, *Timarete tentaculata* dominant (plus de 94 %). Station 3: cas particulier (voir ci-dessus). Cet indice de dégradation du milieu peut être imputé aux résidus d'antifouling présents dans le sédiment (Mixel® plutôt que le chlore, chimiquement incompatible avec les ions S⁼ des vases réductrices). Dans cette hypothèse, dans la station 3 (voir plus haut), les organismes ne sont guère en contact avec la vase - le sédiment en est presque dépourvu - et montrent une forte abondance mais une bonne diversité qui peut rendre compte de la moindre influence du sédiment.

Avec la station 5, on retrouve des valeurs de la diversité et de la densité des taxons dominants comparables à celles de la station-témoin 1. Au Môle Central, à 600 m de l'exutoire, l'action éventuelle de résidus d'antifouling sur l'endofaune n'est plus perceptible et la situation est normalisée.

La station 6 a une faible densité d'individus et une diversité moyenne. *Timarete tentaculata* y est dominant (67 %).

La station 7 offre un cas typique de dégradation du milieu: très forte densité d'individus, *Capitella capitata* y représente 91 % de la faune. Nous voyons là la conséquence de l'enrichissement en matière organique du sédiment lié à la proximité du rejet de la station d'épuration.

Il est possible que le même phénomène joue pour la station 6, dans la mesure où le panache des rejets de la station d'épuration, à marée descendante, longe le quai de l'Atlantique vers l'ouest, et sa présence est perceptible assez loin.

Il convient de remarquer la présence dans trois des stations des bassins de marée du bivalve *Nucula turgida* qui n'a pas été retrouvé dans les bassins à flot ou à niveau constant.

2.2 Bassins à flot anciens (stations 8, 9 et 17 à 22) - campagnes des 14 mars 2001, 2 avril 2002 et 5 septembre 2002 (fig. 1)

Le nombre de taxons de l'endofaune varie de 5 à 13, il est comparable à celui des bassins de marée.

La comparaison des données recueillies le 14 mars 2001 à la station 8 et le 5 septembre 2001 à la station 22,

Station	1 - Joannès-Couvert Est	2 - Mazeline - Est ext. des palplanches	3 - Mazeline, 80 m de l'exutoire	4 - Mazeline mi-quai	5 - Môle Central	6 - quai de l'Atlantique prise d'eau	7 - quai de l'Atlantique E. de la str. d'épuration
surface prélevée, m ²	1/2	1/3	1/3	1/2	2/3	1/3	1/3
nature du sédiment	VRC	VR coq	coq	VRcoq	VRcoq	VR	VRcoq
n taxons endofaune	8	5	8 (7)	8	10	9	9
n taxons épifaune	0	1	6	1	2	0	2
n taxons traces (1)	3	3	0	6	1	4	1
n taxons total	11	9	14	15	13	13	12
taxons dominants	<i>Corb. gib.</i> 35 % <i>Sab. pav.</i> 28 %	<i>Tim. tent.</i> 98 %	<i>Cer. ped.</i> 74 % (<i>Typ. prol.</i> 49 %) (<i>Tim. tent.</i> 25 %)	<i>Tim. tent.</i> 94 %	<i>Nuc. tur.</i> 48 % <i>Cer. edu.</i> 15 %	<i>Tim. tent.</i> 67 %	<i>Cap. cap.</i> 91 %
densité du dominant ind./m ²	68	762	<i>Cer. ped.</i> 1 200 (<i>Typ. prol.</i> 204)	2 454	<i>Nuc. tur.</i> 151 <i>Cer. edu.</i> 46	189	2 211

Tableau 2. Nature du sédiment, nombre de taxons représentés, dominance et densités, stations 1 à 7, bassins de marée, port du Havre, 20 décembre 2000.

VR : vase réductrice ; VRC : vase réductrice compacte ;

VRcoq : vase réductrice avec coquilles ; coq : coquilles peu envasées ;

(1) : « coquilles vides » et autres traces non prises en compte dans le tableau 1.

Colonne 3 : les données entre parenthèses sont celles obtenues en faisant abstraction des cf. *Cereus pedunculatus*, pourcentages rapportés à l'endofaune.

distantes de 150 mètres environ montre une certaine reproductibilité des résultats, même si la densité en individus endobenthiques/m² de la station 22 est beaucoup plus faible. On retrouve *Corbula gibba* en taxon dominant avec 49 % le 5 septembre contre 36 % (41 % en faisant abstraction des cf. *Cereus pedunculatus*) le 14 mars 2001 ; dans les deux cas, le second taxon est un polychète.

De même, l'analyse des sites explorés le 2 avril 2002 montre une certaine reproductibilité des résultats avec un nombre d'individus endobenthiques/m² variable de 174 à 741, mais un taxon dominant, *Corbula gibba*, présent à 59 (62 en faisant abstraction des cf. *Cereus pedunculatus*) à 86 %, avec un second taxon en termes d'abondance inférieur à 16 %.

Seule, la station 9, prélevée le 14 mars 2001, tranche avec les autres avec un nombre élevé d'individus endobenthiques/m², le plus fort enregistré pour les bassins à flot anciens et les bassins à niveau constant. Le taxon dominant est, ici, *Capitella capitata* qui représente 62 % de l'endofaune (67 % en faisant abstraction des cf. *Cereus pedunculatus*). Certes, le second taxon en termes d'abondances est *Corbula gibba* qui représente 18 % (19 %) de l'endofaune. Il s'agit probablement d'une station avec une dégradation locale du sédiment, peut-être un enrichissement en matière organique, dont la cause n'est pas connue.

Les bassins à flot anciens, à l'exception de cette station 9, semblent donc caractérisés par des richesses et des densités variables de l'endofaune, dominée à 40 % à 86 % par le mollusque *Corbula gibba*, le second taxon étant souvent un polychète.

2.3 Bassins à niveau constant de l'arrière-port (stations 10 à 16) - campagne du 14 mars 2001

Dans les plans d'eau de l'arrière-port, les résultats sont très variables :

- nombre d'individus de l'endofaune par m² variant de 36 (30) à 927 (879) ;
- nombre de taxons endobenthiques variant de 4 à 12 ;
- densité (n. ind./m²) du dominant variant de 18 à 504.

De plus, ces données extrêmes sont enregistrées dans deux stations distantes de moins de cent mètres : 13 est située près de la berge, 14 plus dans l'axe du chenal. Si l'on fait exception de cette station 14 qui tranche par sa grande pauvreté en espèces endobenthiques, mais aussi en individus, où l'on recueille pour moitié *Hediste diversicolor*, il semble se dégager deux types de station :

- les stations occidentale 10 et orientale 16 avec des densités (individus endobenthiques/m²) faibles, et un taxon dominant, *Corbula gibba* avec des densités plutôt faibles. Le second taxon est un polychète.
- les stations intermédiaires 11, 12, 13, avec des densités (individus endobenthiques/m²) plus fortes, et un taxon dominant, *Capitella capitata*, présent à plus de 54 à 67 % et avec des densités plus fortes. Le second taxon est *C. gibba* ou *N. diversicolor*. Nous rattachons à ce groupe la station 15, où *Cirratulus filiformis* remplace *Capitella capitata* comme taxon dominant.

À la notable exception des stations 7 (à proximité du point de rejet de la station d'épuration de la ville du Havre) et 9 (Vauban-ouest), le polychète *Timarete tentaculata* est toujours plus abondant que *Capitella capitata* dans les bassins de marée et à flot anciens, les proportions s'inversent dans les bassins de l'arrière-port où *T. tentaculata* encore présent à 10 % dans le bassin Vétillard (station 10) se raréfie (0 à 1 %) plus à l'est.

3 CONCLUSIONS

3.1 Caractérisation faunistique selon les types de plans d'eau

Nous décomptons comme occurrences de taxons endobenthiques sporadiques ceux qui ne sont présents, vivants, que dans une station par type de plan d'eau étudié (bassins de marée - à flot - à niveau constant), et à 3 % au plus. Hors occurrences sporadiques, se trouvent exclusivement dans les bassins de marée : *Nucula turgida*, *Cerastoderma edule*, *Tellina pusilla*, *Anaidites maculata*, *Nephtys hombergi*, *Typosyllis prolifera*, *Pectinaria (Lagis) koreni*, *Sabella pavorina*. Se trouvent exclusivement dans les bassins à flot anciens (F) ou les bassins à

TAXONS		STATIONS																					
		8 - Vauban près du bateau-feu		9 - Vauban ouest		10 - Vétillart milieu		11 - Pont V appontement Desmarais intérieur		12 - Despujols ouest cimetièrre à bateaux		13 - Despujols est prise d'eau Millénum		14 - Despujols est plus près du chenal		15 - Canal de jonction bateau-école		16 - Roro Ariane					
ENDOFAUNE	cf. <i>Cereus pedunculatus</i> (C)	111	11	117	8	3	2	6	1			48	5	6	17					9	3		
	BIVALVES	<i>Bivalvia</i> gen. sp. D juv.	39	4																			
		<i>Cerastoderma edule</i>			3	+																	
		<i>Cerastoderma glaucum</i>	12	1	15	1	3	2	3	+													
		<i>Venerupis aureus</i>	12	1	3	+																	
		<i>Petricola pholadiformis</i>											3	+									
		<i>Abra alba</i>									6	1										24	8
		<i>Abra prismatica</i>					3	2															
		<i>Mya arenaria</i>											3	+									
	<i>Corbula gibba</i>	360	36	258	18	78	64	141	23	51	11	48	5	6	17	150	28	117	38				
	<i>Tellina pusilla</i>			6	+					33	3												
	POLYCHÊTES	<i>Polychète</i> gen. sp. C									12	2											
		<i>Polynoinae</i> indét.											27	3									
		<i>Capitella capitata</i>	24	2	906	62	21	17	393	63	321	67	504	54	6	17	57	11	39	13			
		<i>Cirratulus filiformis</i>															240	45					
<i>Timarete tentaculata</i>		192	19	144	10	12	10					9	1										
<i>Pherusa plumosa</i>																6	1						
<i>Magalia perarmata</i>		9	+	12	1			24	4			51	5										
<i>Ophiodromus flexuosus</i>				6	+							9	1								18	6	
<i>Hediste diversicolor</i>		234	23			3	2	3	+			192	21	18	51	9	6				96	31	
<i>Neanthes succinea</i>																					T	+	
<i>Pectinaria (= Lagis) koreni</i>		T	+	T	+	T	+																
<i>Malacoceros fuliginosus</i>								51	8														
<i>Polydora hoplura</i>							3	+															
<i>Pygospio elegans</i>									33	7													
<i>Streblospio shrubsholi</i>									51	11					63	12				3	1		
<i>Syllidae</i> gen. sp. A									6	1													
sous-total		993		1 470		123		624		480		927		36		525		306					
ÉPIFAUNE	<i>Lagotia veridis</i> (P)											n											
	<i>Haliclona</i> sp. (S)			3																			
	<i>Aurelia aurita</i> (scyphistomes) (C)											n											
	<i>Ficopomatus enigmaticus</i> (Po)											204											
	CRUSTACÉS	<i>Balanus crenatus</i>											9		6								
		<i>Gastrosaccus spinifer</i> *															3						
		<i>Mesopodopsis slabberi</i> *															3						
		<i>Cyathura carinata</i> •	12		177																		
		<i>Melita palmata</i> •											12										
	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> •											66											
<i>Rhithropanopeus harrissii tridentatus</i> *											3												
<i>Crepidula fornicata</i> (M)			3									3											
<i>Mytilus edulis</i> (M)							3					81											
<i>Asciidiella aspersa</i> (A)			9									9											
<i>Botryllus schlosseri</i> (A)												9											
total		1 005		1 662		123		627		480		1 314		42		531		306					

Tableau 3. Composition faunistique des prélèvements des stations 8 à 16, bassins à flot et à niveau constant, port du Havre, 14 mars 2001

Pour chaque station : colonne de gauche n ind./m² ; colonne de droite pourcentage arrondi (+ indique < 0,5 %) rapportés à l'endofaune seule.

Taxons : P = Protozoaire
 S = Spongiaire
 C = Cnidaire
 Po = Polychète
 M = Mollusque
 A = Ascidié

Symboles : n = indique la présence sporadique d'un groupe d'individus vivants, observés une seule fois sur une valve de moule.
 T = indique la présence reconnue du taxon par l'identification sans ambiguïté de fragments de tube.
 * = endofaune pure.
 • = limite épifaune.

niveau constant de l'arrière-port (C): *Cerastoderma glaucum* (F.), *Abra prismatica* (F, C), *Venerupis aureus* (F.), *Mya arenaria* (C.), *Cirratulus filiformis* (C), *Magalia perarmata* (F, C), *Ophiodromus flexuosus* (F, C), *Nephtys caeca* (F), *Hediste diversicolor* (F, C), *Nereis fucata* (C), *Malacoceros fuliginosus* (F, C), *Pygospio elegans* (C), *Streblospio shrubsholi* (F, C).

Bien sûr, l'examen de la répartition des occurrences sporadiques de plusieurs taxons ou le recours à d'autres méthodes d'observations (présence de *Sabella pavonina* dans les bassins à flot en plongée) tempéneraient sans doute ces résultats.

Au total (tabl. 7), les taxons de l'endofaune communs à tous les types de plans d'eau représentent 20 % des bivalves (40 % si l'on tient compte des taxons sporadiques), 12 % des polychètes (38 % si l'on tient compte des taxons

sporadiques) et 19 % (39 %) au total. Il s'agit donc bien de deux domaines dont la composition de l'endofaune est distincte.

3.2 L'évolution depuis 1979

En 1979, Proniewski rédige un rapport (inédit) sur la faune benthique des bassins du port autonome du Havre. Dix-sept stations sont explorées, et les prélèvements faits à la drague suceuse en plongée. Les résultats, ramenés à un nombre d'individus par m², peuvent être comparés aux nôtres malgré la différence de méthode de prélèvement. Les tableaux de résultats font apparaître 23 espèces, parmi lesquelles 5 espèces de polychètes, 5 espèces de bivalves et 2 espèces de *Diastylis* sont endobenthiques; 3 mollusques, 3 autres crustacés, 4 ascidies et 1 échinoderme sont clairement épibenthiques. Les bassins de marée affichent 4, 6, 7 ou 8 espèces endobenthiques, les

bassins à flot 0,4 ou 5 et les bassins à niveau constant 0,2 ou 3.

Dans les bassins de marée, les densités des taxons dominants sont :

Macoma balthica : 350 ind./m² ;

Cerastoderma edule : 705 ind./m² ;

Audouinia tentaculata (= *Timarete tentaculata*) avec une densité maximale de 345 ind./m² ;

et dans les bassins à flot ou à niveau constant :

Hediste diversicolor : 78 ind./m², les autres taxons sont présents à moins de 37 ind./m².

Par rapport à ces données, il semble se dégager quelques tendances :

- augmentation partout des densités des peuplements endobenthiques en ind./m². En particulier, il n'y a plus de station azoïque telle que celles que Proniewski avait enregistrées dans les bassins à flot (1 sur 3) et à niveau constant (4 sur 9 ; 7 sur 9 si l'on ne tient compte que de l'endofaune) ;
- la biodiversité de l'endofaune des bassins à flot et à niveau constant est devenue supérieure ou approximativement égale à celle des bassins de marée, la biodiversité en moyenne est très augmentée.
- certaines espèces n'ont pas été retrouvées : *Phyllodoce mucosa* (15 ind./m² dans une station, bassin de marée), *Tellina fabula* (7 ind./m², dans une station, bassin de marée : mais nous avons recueilli *T. pusilla*), *Macoma balthica* (24 à 350 ind./m² dans 5 stations en bassin de marée). D'autres n'avaient pas été observées par Proniewski (1979). Ce sont, hors espèces sporadiques ou rares : *Nucula turgida*, *Cerastoderma glaucum* (peut-être confondu avec *C. edule* en 1979), *Abra prismatica*, et surtout *Corbula gibba*. Pour les polychètes, ce sont : *Anaidites maculata*, *Typosyllis prolifera*, *Capitella capitata*, *Cirratulus filiformis*, *Magalia perarmata*, *Ophiodromus flexuosus*, *Nephtys caeca*, *Nereis fucata*, *Malacoceros fuliginosus*, *Pygospio elegans* et *Streblospio shrubsholi*.

Au total 3 espèces recensées par Proniewski (1979) ont disparu de nos relevés, 16 sont apparues.

Seul de cette liste, le bivalve *Corbula gibba* est peut-être un hôte récent des sédiments du port du Havre, car il n'apparaît dans aucun prélèvement de 1979, alors même qu'il est très aisé à identifier, tandis qu'il est aujourd'hui présent dans presque tous les plans d'eau du port.

3.3 Les indices biotiques, indicateurs des perturbations du milieu sédimentaire portuaire

Glémarec et auteurs (par exemple Grall & Glémarec, 1997) ont défini des groupes biologiques I à V dans lesquels ils classent les espèces macrozoobenthiques (endo.- et épi.-) selon leur tolérance à l'enrichissement du sédiment en matières organiques (I espèces intolérantes à V espèces très tolérantes). Les indices biotiques suivants ont également été définis (tableau 9) :

L'application du modèle de Glémarec aux différentes stations étudiées ici (endobenthos seul) donne les résultats suivants, consignés dans le tableau 10.

La répartition des indices biotiques dans les stations 1 à 7 montre que l'on a affaire, dans les bassins de marée du

Havre, à une communauté macrozoobenthique de milieu normal à pollué (la station 7 traduisant un enrichissement local très fort en matière organique).

Dans les stations des bassins à flot anciens étudiées, c'est le mollusque *Corbula gibba* qui est le taxon dominant avec des densités assez fortes à très fortes (87 à 633 ind./m²). Pruvot *et al.* (2000) ont montré la présence de ce bivalve dans les sédiments du port de Dunkerque, où il caractérise un faciès particulier de la communauté à *Abra alba*, espèce qu'il tend à remplacer (voir aussi ci-dessous). C'est à ce titre que nous avons classé cette espèce dans le groupe III de Glémarec (qui ne prenait pas ce taxon en compte).

L'indice biotique 2 des bassins à flot anciens (à l'exception de la station 9 : Vauban ouest) indique donc une communauté macrozoobenthique déséquilibrée (ce que confirment les très fortes densités de taxon dominant) dans un milieu non ou très peu pollué.

Les résultats pour les bassins à niveau constant de l'arrière-port sont encore plus contrastés entre les indices biotiques 2 (communauté déséquilibrée) et 6 (communauté de milieu fortement pollué), sans que leur répartition puisse être expliquée par l'un ou l'autre des facteurs physico-chimiques du milieu (salinité, variabilité de la salinité, nature ou granulométrie du sédiment, enrichissement en matière organique). Le contraste entre les indices biotiques ne peut vraisemblablement être expliqué que par la distribution « en taches » des taxons endozoobenthiques.

La situation est comparable à celle décrite (Dhainaut-Courtois *et al.*, 2000) dans le port de Boulogne-sur-Mer, avec cependant deux différences notables :

- dans le port de Boulogne, les indices biotiques s'ordonnent de 0 ou 2 dans la rade à 7 dans l'arrière-port, alors que dans le port du Havre, la répartition des indices biotiques ne montre pas clairement de gradient d'aval en amont ;
- les bassins les plus reculés du port de Boulogne sont affectés de l'indice de dégradation maximal 7 car leurs sédiments sont totalement azoïques (en ce qui concerne le macrozoobenthos).

3.4 La communauté endobenthique du port du Havre : la signification particulière de *Corbula gibba*

Parmi les ensembles biosédimentaires de la Baie de Seine, Gentil et Cabioch (1997b) reconnaissent, au large du Havre, un peuplement des sables fins envasés à *Abra alba*, faciès à *Pectinaria (Lagis) koreni*, qui passe, en se rapprochant du Cap de la Hève, à un peuplement des sédiments hétérogènes sous influence pélagique à *Pista cristata*, et, vers l'estuaire de la Seine au peuplement des vases d'estuaire à *Macoma balthica*, éventuellement sous son faciès oligospécifique à *Cerastoderma edule*.

S'appuyant sur la présence de ces deux dernières espèces-index, Proniewski (1979) affirmait que les peuplements des bassins ouverts (= de marée) « sont identiques à ceux rencontrés en estuaire. Il s'agit de la « Macoma Community » de Petersen qui se présente ici sous un faciès *Cerastoderma edule* ».

Stations	17 - Bassin de l'Eure centre	18 - Pertuis Paul Vatine Ouest	19 - Pertuis Paul Vatine milieu	20 - Pertuis Paul Vatine Est	21 - Bassin Paul Vatine centre	22 - Bassin Vauban Est
Surface prélevée, m ²	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	3 x 1/3
Nature du sédiment	VRC	VRCoq	VRCoq	VRC	VRCoq	VRCoq
n taxons endofaune	5	8	14	8	9	11
n taxons épifaune	0	3	3	0	1	8
n taxons total	5	11	17	8	10	19
Taxons dominants	<i>Corb. gib.</i> 85 % <i>Abra prism.</i> 13 %	<i>Corb. gib.</i> 59 % <i>Hed. div.</i> 16 %	<i>Corb. gib.</i> 85 %	<i>Corb. gib.</i> 86 %	<i>Corb. gib.</i> 70 % <i>Tim. tent.</i> 9 %	<i>Corb. gib.</i> 49 % aff. <i>Mal. ful.</i> 16 % <i>Abra prism.</i> 14 %
Densité du dominant (ind./m ²)	381	102	633	498	159	87

Tableau 6. Nature du sédiment, nombre de taxons représentés, dominance et densités.

Stations 17 à 22, bassins à flot, port du Havre, 2 avril et 5 septembre 2002.

VRC = vase réductrice compacte VRCoq = vase réductrice compacte avec débris de coquilles.

Taxons (1) →	Restreints aux bassins de marée	Communs	Restreints aux bassins à flot et à niveau constant	Total port
Cnidaires	=	1	=	1
Bivalves	3	2	5	10
Polychètes	5	2	9	16
Total taxons (1)	8	5	14	27

Tableau 7. Répartition des taxons de l'endofaune entre les bassins de marée et les bassins à flot ou à niveau constant (hors occurrences sporadiques). (1) Hors sporadiques.

	Bassins de marée	Bassins à flots et à niveau constant
Proniewski, 1979	6,2	1,2 (1) ou 3,5 (2)
ce travail, 2000-2002	8,1	8,6

Tableau 8. Moyenne du nombre de taxons endobenthiques représentés par station. (1) en tenant compte des stations azoiques; (2) sans en tenir compte.

Depuis 1979, l'enrichissement en espèce des communautés endobenthiques du port, la disparition de nos relevés de *Macoma balthica*, le relais de *Cerastoderma edule* par *C. glaucum* vers l'amont dès les bassins à flot anciens, et surtout l'omniprésence de *Corbula gibba* nous amènent à revoir aujourd'hui ce résultat.

En effet, *Corbula gibba* est présente dans toutes les stations sauf une (et probablement pour des raisons sédimentologiques : fond constitué de coquilles de moules peu envasées). Dans les bassins à flot anciens, elle peut atteindre des densités importantes, jusqu'à 633 ind./m².

Pruvot *et al.* (2000) signalent également la présence de ce bivalve dans le port de Dunkerque, où la densité de peuplement atteint 1090 ind./m² et où l'abondance croît avec le confinement, et ne semble affectée ni par les fortes teneurs en contaminants, ni par les apports d'eau douce.

En accord avec ces auteurs, nous pensons que les communautés endobenthiques des bassins du port du Havre ne relèvent pas des peuplements des vases d'estuaires   *Macoma balthica*, mais d'un faciès à *Corbula gibba* des peuplements de sédiments fins envasés   *Abra alba* - *Pectinaria (Lagis) koreni*. Nous y retrouvons une

abondance numérique des Polychètes, même si l'espèce-index *Pectinaria (Lagis) koreni* reste discrète, le mollusque *Abra alba* ici accompagné voire relayé par *Abra prismatica*. Le crustacé *Diastylis bradyi* (et non pas *D. laevis*) a été observé une fois. D'autres méthodes d'observation montrent que le gastropode  pibenthique *Hinia (Nassarius) reticulata* est plus fréquent que ne le laisseraient supposer les résultats rapportés ci-dessus. La différence principale avec le faciès typique est la disparition presque complète des échinodermes endobenthiques, en particulier des ophiures.

Au point de vue sédimentaire, les fonds des bassins de marée et bassins à flot anciens sont constitués de vases molles ou de vases compactes réductrices dans lesquels la phase sableuse à silteuse est pratiquement absente. Probablement faut-il y voir la cause des différences notées avec le faciès typique ?

En accord avec les conclusions de Pruvot *et al.* (2000) sur le port Est de Dunkerque, nous proposons de considérer la biocénose des sédiments fins envasés   vases organiques des milieux portuaires confiné comme un faciès à *Corbula gibba* de la communauté à *Abra alba*.

Indice biotique	Groupe dominant	État de la communauté macrozoobenthique
0	I	normal
1		communauté appauvrie (faible abondance)
2	III	communauté déséquilibrée
3		transition vers une communauté de milieu pollué
4	IV	communauté de milieu pollué
5		transition vers une forte pollution
6	V	communauté de milieu fortement pollué
7	pas de macrofaune	-

Tableau 9. Le modèle des indicateurs biologiques (repris de Grall & Glémarec, 1997).

	Station	Groupe(s) dominant(s)	Abondance	Indice biotique
Bassins de marée	1 - Joannès-Couvert Est	III 51 %	faible	2
	2 - Mazeline Est	IV 98 %	moyenne	4
	3 - Mazeline 80 m	I 64 % II 31 %	forte	0/2 (1)
	4 - Mazeline mi-quai	IV 94 %	très forte	4
	5 - Môle Central	I = 48 % II = 10 % III = 42 %	faible	0/1 (2)
	6 - Atlantique - prise d'eau	IV 67 %	faible	4
	7 - Atlantique Station d'épuration	V 91 %	très forte	6
Bassins à flot anciens	22 - Vauban Est	III 49 %	forte	2
	8 - Vauban - près bateau-feu	III 59 %	moyenne	2
	9 - Vauban Ouest	V 62 %	moyenne	6
	17 - Bassin de l'Eure	III 85 %	forte	2
	18 - Pertuis Paul Vatine Ouest	III 59 %	assez forte	2
	19 - Pertuis Paul Vatine milieu	III 85 %	très forte	2
	20 - Pertuis Paul Vatine Est	III 86 %	très forte	2
21 - Bassin Paul Vatine	III 70 %	assez forte	2	
Bassins à niveau constant de l'arrière-port	10 - Vétillart milieu plutôt Ouest	III 64 %	faible	2
	11 - Pont V - appontement Desmarais int.	V 63 %	faible	6
	12 - Despujols Ouest - cimetière à bateaux	V 67 %	faible	6
	13 - Despujols Est - prise d'eau Millénium	V 54 % III 21 %	moyenne	6
	14 - Despujols Est - plus près du chenal	III 51 %	faible	2
	15 - Canal de jonction ex. bateau-école	IV 45 %	faible	4
16 - Roro Ariane	III 79 %	faible	2	

Tableau 10. Attribution des indices biotiques de Glémarec aux stations 1 à 21 du port du Havre (décembre 2000 à septembre 2002).

(1): l'indice biotique théorique est 1, mais nous le tempérons en 2 à cause des cf. *Cereus pedunculatus* classés dans le groupe I par Grall et Glémarec alors que nos observations personnelles en font une espèce très tolérante à l'enrichissement en matière organique; malgré leur forte abondance, nous les considérons comme appartenant au groupe II.

(2): l'application arithmétique du modèle de Glémarec donne un indice biotique théorique de 0. Nous l'avons cependant tempéré en un indice biotique de 1 à cause de la quasi-égalité entre les groupes I (48 %) et III (42 %), et de la faible densité.

Remerciements

Nos remerciements vont à Monsieur Michel Khalanski (EDF), à la CCI du Havre, au Port Autonome du Havre et en particulier à Monsieur Coat pour les autorisations d'accès et de plongée, à la Ville du Havre pour le soutien apporté à ces recherches, aux équipages de la barge « Le Cumulus » et à la Trasom. Nos remerciements également pour leur aide dans les déterminations de taxons difficiles à Bernard Métivier (Muséum national d'histoire naturelle) et Sylvain Duhamel (Cellule du suivi du littoral haut-normand). Franck Gentil (UPMC, Observatoire océanologique de Roscoff) a relu et amendé d'une manière très positive une première version de ce manuscrit: nous le remercions très chaleureusement pour ce travail.

Références bibliographiques

- AFLI (A.) (1999). - Utilisation des peuplements de la macrofaune benthique pour déceler les signes de perturbation du milieu: Exemple du golfe du Morbihan (Bretagne, France). *Bull. Inst. Natl. Tech. Mer de Salammbô*, 26, p. 147-163.
- AFLI (A.) & GLÉMAREC (M.) (2000). - Fluctuation à long terme des peuplements macrobenthiques dans le golfe du Morbihan (Bretagne, France). *Cah. Biol. Mar.*, 41, p. 67-89.
- BAUDET (J.) & GRUET (Y.) (1993). - Quelques ports en eau profonde de Loire-Atlantique: modification des fonds et incidences sur les peuplements benthiques. *Bull. Écol.*, 24, 2-3-4, p. 92-95.
- BRETON (G.) (1981). - Observations sur l'écologie et les peuplements des bassins du port du Havre (France). *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 68, 4, 4^e trim. 1981, p. 45-58.
- BRETON (G.), GIRARD (A.), LAGARDÈRE (J.-P.), MONNIOT (F.), MONNIOT (C.), NOËL (P.) & VINCENT (T.) (1996). - Espèces animales benthiques des bassins du port du Havre (Normandie, France) rares, peu connues ou nouvelles pour la région. *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 82, 3, 3^e trim. 1995 (1996), p. 7-28.
- BRETON (G.) & VINCENT (T.) (2001). - La plongée subaquatique permet-elle d'évaluer de manière fiable la biodiversité de l'épibenthos dans un port. *Annales du Muséum du Havre*, 67, juillet 2001, p. 21-24.
- BRETON (G.) & VINCENT (T.) (2002). - La plongée subaquatique permet-elle d'évaluer de manière fiable la biodiversité de l'épibenthos dans un port ? *Bull. Soc. zool. Fr.*, 127, 2, p. 83-94.
- CABIOCH (L.) (1986). - La Baie de Seine. Actes de colloques IFREMER, 4, 531 p.
- CABIOCH (L.) & GENTIL (F.) (1975). - Distribution des peuplements benthiques dans la partie orientale de la Baie de Seine. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, sér. D, 280, p. 571-574.
- DHAINAUT-COURTOIS (N.), PRUVOT (C.), EMPIS (A.) & BAUDET (K.) (2000). - Les peuplements macrozoobenthiques, indicateurs des qualités physico-chimiques et chimiques des sédiments portuaires. Exemple du port de Boulogne-sur-Mer (Manche). *Bull. Soc. zool. Fr.*, 125, 1, p. 49-62.
- GENTIL (F.) (1976). - Distribution des peuplements benthiques en Baie de Seine. Thèse 3^e cycle Océanogr. biol. Univ. Paris VI, 70 p.
- GENTIL (F.) & CABIOCH (L.) (1997a). - Les biocénoses sublittorales macrobenthiques de la Manche: conditions écologiques et structure générale, p. 68-78. *In* DAUVIN (J.-C.): Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche, Mer du Nord. Synthèse, menaces et perspectives. 359 p. Coll. Patrimoines naturels, n° 28, série Patrimoine Écologique. Laboratoire de Biologie des Invertébrés marins et Malacologie. Service du Patrimoine Naturel/IEGB/Muséum national d'histoire naturelle, Paris.
- GENTIL (F.) & CABIOCH (L.) (1997b). - Carte des peuplements macrobenthiques de la Baie de Seine et Manche centrale Sud. Observatoire Océanologique de Roscoff éd., 18 p., 1 carte.
- GLÉMAREC (M.) (2003). - Les indices biotiques en milieu sédimentaire. *In* ALZIEU (C.) (coord.): Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion. IFREMER éd., p. 31-50.
- GLÉMAREC (M.) & GRALL (J.) (2000). - Les groupes écologiques et zoologiques d'invertébrés marins face aux dégradations de l'environnement côtier. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 125, 1, p. 37-48.
- GRALL (J.) & GLÉMAREC (M.) (1997). - Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbation in the Bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44 (suppl. A), p. 43-53.
- GRALL (J.), QUINIOU (F.) & GLÉMAREC (M.) (2003). - Bioévaluation de la qualité environnementale des milieux portuaires: programme PNETOX. *In* ALZIEU (C.) (coord.): Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion. IFREMER éd., p. 89-117.
- PRONIEWSKI (F.) (1979) [iné]. - Faune benthique des bassins du port autonome du Havre. Rapport dactyl. inéd., 3 p., 1 tabl., annexes, 1 carte.
- PRONIEWSKI (F.) & ELKAIM (B.) (1980). - Benthos subtidal de l'estuaire de la Seine. Résultats préliminaires. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, sér. D, 291, p. 545-547.
- PRUVOT (C.), EMPIS (A.), & DHAINAUT-COURTOIS (N.) (2000). - Présence du mollusque bivalve *Corbula gibba* (Olivi, 1792) dans les sédiments meubles du port Est de Dunkerque (Mer du Nord). *Bull. Soc. zool. Fr.*, 125, 1, p. 75-82.
- REBZANI-ZAHAF (C.) (1992). - Le peuplement macrobenthique du port d'Alger: impact de la pollution. *Hydro-écol. appl.*, 4, 2, p. 91-103.
- VINCENT (T.) (2001). - Ichtyofaune des bassins du port du Havre (Normandie, France). *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, 87, 1, 1^{er} trim. 2000 (2001), p. 59-84.

Annexe 1

Liste des espèces citées classées par ordre alphabétique

<i>Abra alba</i> (Wood)	Bivalvia, Scrobiculariidae
<i>Abra prismatica</i> (Montagu)	Bivalvia, Scrobiculariidae
<i>Amphiglena mediterranea</i> (Leydig)	Polychaeta, Sabellidae
<i>Anaidites maculata</i> (Linné)	Polychaeta, Phyllodocidae
<i>Anoplodactylus pygmaeus</i> (Hodge)	Pycnogonida, Anoplodactylidae
<i>Asciidiella aspersa</i> (Müller)	Asciacea, Ascidiidae
<i>Aurelia aurita</i> (Linné)	Scyphozoa, Ulmaridae
<i>Balanus crenatus</i> Bruguière	Cirripedia, Balanidae
<i>Botryllus schlosseri</i> (Pallas)	Asciacea, Styelidae
<i>Bugula stolonifera</i> Ryland	Bryozoa, Bugulidae
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius)	Polychaeta, Capitellidae
<i>Carcinus maenas</i> (Linné)	Decapoda, Portunidae
<i>Cerastoderma edule</i> (Linné)	Bivalvia, Cardiidae
<i>Cerastoderma glaucum</i> (Poiret)	Bivalvia, Cardiidae
<i>Cereus pedunculatus</i> (Pennant)	Actiniaria, Sargartiidae
<i>Cirratulus filiformis</i> Keferstein	Polychaeta, Cirratulidae
<i>Corbula gibba</i> (Olivier)	Bivalvia, Corbulidae
<i>Crepidula fornicata</i> (Linné)	Gastropoda, Calyptraeidae
<i>Cryptosula pallasiana</i> (Moll)	Bryozoa, Hippoporinidae
<i>Cyathura carinata</i> (Krøyer)	Isopoda, Anthuridae
<i>Diastylis bradyi</i> Norman	Cumacea, Diastylidae
<i>Diastylis laevis</i> Norman	Cumacea, Diastylidae
<i>Electra pilosa</i> (Linné)	Bryozoa, Membraniporidae
<i>Ficopomatus enigmaticus</i> (Fauvel)	Polychaeta, Serpulidae
<i>Gastrosaccus spinifer</i> (Goës)	Mysidacea, Mysidae
<i>Hinia (= Nassarius) reticulata</i> (Linné)	Gastropoda, Nassariidae
<i>Jassa marmorata</i> Holmes	Amphipoda, Ischyroceridae
<i>Lagotia viridis</i> Wright	Ciliophora, Folliculinidae
<i>Macoma balthica</i> (Linné)	Bivalvia, Tellinidae
<i>Magalia perarmata</i> Marion et Bobretzky	Polychaeta, Hesionidae
<i>Malacoceros fuliginosus</i> (Claparède)	Polychaeta, Spionidae
<i>Marphysa sanguinea</i> (Montagu)	Polychaeta, Eunicidae
<i>Melita palmata</i> (Montagu)	Amphipoda, Melitidae
<i>Mesopodopsis slabberi</i> (van Beneden)	Mysidacea, Mysidae
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> Costa	Polychaeta, Aoridae
<i>Mya arenaria</i> Linné	Bivalvia, Myacidae
<i>Mytilus edulis</i> Linné	Bivalvia, Mytilidae
<i>Nephtys caeca</i> Fabricius	Polychaeta, Nephtyidae
<i>Nephtys hombergi</i> Savigny	Polychaeta, Nephtyidae
<i>Nereis (Hediste) diversicolor</i> (O.F. Müller)	Polychaeta, Nereidae
<i>Nereis (Neanthes) succinea</i> (Leuckart)	Polychaeta, Nereidae
<i>Nucula turgida</i> Leckenby et Marshall	Bivalvia, Nuculidae
<i>Obelia longissima</i> (Pallas)	Hydroida, Campanulariidae
<i>Oligocladus sanguinolentus</i> (Quatrefages)	Turbellaria, Euryleptidae
<i>Ophiodromus flexuosus</i> Delle Chiage	Polychaeta, Hesionidae

<i>Pectinaria (Lagis) koreni</i> Malmgren.....	Polychaeta, Pectinariidae
<i>Petricola pholadiformis</i> Lamarck	Bivalvia, Petricolidae
<i>Pherusa plumosa</i> (O.F. M�ller)	Polychaeta, Flabelligeridae
<i>Phyllodoce mucosa</i> Oersted	Polychaeta, Phyllodocidae
<i>Pista cristata</i> (O.F. M�ller)	Polychaeta, Terebellidae
<i>Polydora hoplura</i> Clapar�de	Polychaeta, Spionidae
<i>Pygospio elegans</i> Clapar�de	Polychaeta, Spionidae
<i>Rhithropanopeus harrissii</i> (Gould) <i>tridentatus</i> (Maitland)	Decapoda, Xanthidae
<i>Sabella pavonina</i> Savigny	Polychaeta, Sabellidae
<i>Sagartia troglodytes</i> (Price in Johnson)	Actiniaria, Sagartiidae
<i>Sagartiogeton undatus</i> (M�ller)	Actiniaria, Sagartiidae
<i>Schistomysis kervillei</i> (G.O. Sars)	Mysidacea, Mysidae
<i>Scrobicularia plana</i> (da Costa)	Bivalvia, Scrobiculariidae
<i>Streblospio schrubsholi</i> (Buchanan)	Polychaeta, Spionidae
<i>Tellina (Fabulina) fabula</i> Gmelin	Bivalvia, Tellinidae
<i>Tellina pusilla</i> Philippi	Bivalvia, Tellinidae
<i>Timarete tentaculata</i> (Montagu)	Polychaeta, Cirratulidae
<i>Typosyllis prolifera</i> (Krohn)	Polychaeta, Syllidae
<i>Venerupis aureus</i> (Gmelin)	Bivalvia, Veneridae