

Bionomie

**LA PLONGÉE SUBAQUATIQUE
PERMET-ELLE D'ÉVALUER DE MANIÈRE FIABLE
LA BIODIVERSITÉ DE L'ÉPIBENTHOS
DANS UN PORT ?**

par

par Gérard BRETON

et Thierry VINCENT

Malgré les nombreux biais liés aux conditions d'observation, la plongée subaquatique permet d'évaluer de manière fiable la biodiversité relative c'est-à-dire la richesse spécifique relative de l'épibenthos en milieu portuaire. Entre juin et septembre 2000, nous avons dressé l'inventaire de l'épibenthos des bassins de marée du port du Havre, sur un site de référence, et sur six sites situés dans le panache des rejets des eaux de refroidissement du centre de production thermique EDF du Havre, eaux de refroidissement réchauffées de 0 à 9°C, et contenant deux anti-fouling, le Mexel 232®, et le chlore.

La biodiversité à l'exutoire est réduite de 70 % à 50 % selon que l'on s'adresse aux végétaux, aux animaux, fixés ou mobiles, ou au nombre total de taxons. Elle croît rapidement puis se normalise (comparée au site de référence) progressivement en quelques centaines de mètres.

Quelle que soit la catégorie concernée : algues et procaryotes, épibenthos sessile, épibenthos vagile, taxons animaux, taxons totaux, les résultats varient de façon cohérente et augmentent en s'éloignant du point de rejet.

La biodiversité relative de l'épibenthos observable en plongée subaquatique dans un port est donc un indicateur fiable de la qualité relative des eaux, et ce, malgré les nombreux biais liés aux conditions d'observation.

Mots-clés

Anti-fouling, biodiversité, centrale thermique, épibenthos, milieu portuaire, plongée subaquatique, pollution, rejets industriels.

Is epibenthic biodiversity well estimated by means of scuba diving?

Le Havre Museum team has been studying the population inside the basins of Le Havre port for the last twenty years (BRETON, 1981 ; BRETON *et al.*, 1996) by means of scuba diving. This method is well adapted to detect the incoming of new exotic species [VINCENT & BRETON, 1999 ; VINCENT, 1999 ; BRETON & VINCENT, 1999 ; BRETON, FAASSE, NOËL & VINCENT (2002)], but it doesn't lend itself to a quantitative approach. If detailed accounts per surface area unit are theoretically feasible, the impression of precision resulting from the figured results is an illusion, because of the very large density variations of sessile organisms, either horizontally along a quay in its whole length, or in the course of time, even during the same season from one year to next one (BRETON *et al.*, 1996).

Moreover, a certain amount of observation bias is inherent to the method : the number of observed taxa depends theoretically upon dive duration, number of participants, visibility and current conditions, and also upon tide conditions (diving at low tide does not allow the exploration of the intertidal zone). In these conditions, what credit can be attached to the faunal records of sessile or vagile epibenthos made during diving ? Do records of biodiversity have any significance as far as quality of waters is concerned ?

The EDF thermic power plant in Le Havre is, for cooling purposes, pumping the water in along the « Atlantique » quay and returning it, reheated with a difference of temperature from 0° to 9°C, at sea in the eastern end of « Mazeline » quay. The current, which is turbulent at this outlet is, more or less, canalized by a discontinuous sheet-pile wall (cf. fig. 1). The water flow reaches 22 m³/s per power section for sections 2 and 4 and reaches 9 m³/s for section 1. In order to avoid corrosion and fouling in its installation, EDF has been adding some Mexel 432 ®, a mixture of alkylamins excluding any heavy metals, halogen or heterocycles to the cooling water, since 1997. Mexel 432 ®, which is used in sections 1 and 2, is injected daily in a quantity of 5 to 7 mg/l during 30 minutes for each of these sections. It remains at about 2 mg/l at the outlet. Moreover, in section 4, cooling water is continuously chlorinated through an injection of 1.0 mg/l (KHALANSKI, personal comm., and JENNER *et al.*, 1998).

In order to estimate the impact on the environment of these rejects, we have analysed the epibenthos in one site of reference (n°1) and in 6 other sites referred as n°2 to n°7, these being located between the outlet and even beyond the water supply point (n°6); the last site (n°7) is located in a place directly under the influence of the reject coming from the purification station of Le Havre city itself. All these sites are located inside tidal basins in the port (fig. 1). The biodiversity in each site (expressed in taxa for algae and prokaryotes/ sessile animal taxa/vagile animal taxa) is recorded in table 7 and tables 2 to 6 give detailed accounts. This synthesis brings us to the following comments. The number of taxa must not be taken as a strictly arithmetical datum and must be balanced (cf. column « estimation biases »), taking into consideration diving conditions, dive duration, number of divers, variety of existing environmental parameters at each site, etc. Authors were not expecting biases to remain low and, excepting few units, data can be compared. Number of rare taxa (for instance observed only once on site during diving operation) or sporadic ones has also been estimated. Taking into account these two corrective elements does not fundamentally modify the relative biodiversities of the explored sites. Finally, when we take into consideration either the number of animal or vegetable taxa, or the total of animal taxa, or only the sedentary animal taxa, results remain globally comparable.

It is not our intention to comment upon each dive in succession. We shall briefly mention the rapid increase of the biodiversity between sites 2 and 5, showing effectively that, if anti-fouling influence is notable and severe at the outlet (biodiversity being reduced by 70% or 50% depending on the ecological category compared to the one existing on the site of reference), the influence due to additives decreases rapidly, and biodiversity is nearly normal at a distance of 600 meters from the outlet.

Biodiversité de l'épibenthos portuaire

We want to underline the coherence of the obtained results (even when we leave aside estimation and rare or erratic taxa biases): whatever the category (algae and prokaryotes, sessile epibenthos, vagile epibenthos, animal taxa, global taxa), the relative biodiversity of epibenthos observed in submarine diving within a port appears a reliable indicator of relative water quality.

Key-words

Anti-fouling, biodiversity, power plant, epibenthos, port environment, submarine diving, pollution, industrial effluents.

L'étude des peuplements benthiques des bassins portuaires offre plusieurs centres d'intérêts.

Les ports sont des lieux commodes pour l'observation d'espèces exotiques éventuellement invasives (p. ex. THORP *et al.*, 1987), en s'interrogeant sur le mode de transport (p. ex. CARLTON, 1985). Ces allochtones – comme bien des espèces indigènes – peuvent constituer des nuisances par le *fouling* (c'est-à-dire l'envahissement par des épibiontes) de divers substrats. Une autre approche développée ces dernières années est la recherche d'indices biotiques de pollution ou de dégradation des milieux (p. ex. REBZANI-ZAHAF, 1992 ; GRALL & GLÉMAREC, 1997 ; DHAINAUT-COURTOIS *et al.*, 2000a, b), s'appuyant sur l'étude de l'endobenthos et l'étude chimique du sédiment récolté à l'aide d'une benne calibrée embarquée sur un navire.

L'épibenthos est observé sur les ouvrages portuaires, à l'occasion de très basses mers ou de travaux d'entretien (GRUET *et al.*, 1978).

L'équipe du Muséum du Havre poursuit, depuis une vingtaine d'années (p. ex. BRETON, 1981 ; BRETON *et al.*, 1996) l'étude des peuplements des bassins du port du Havre en plongée subaquatique en scaphandre autonome. Cette méthode se prête bien à la détection de l'arrivée d'espèces exotiques [VINCENT & BRETON, 1999 ; VINCENT, 1999 ; BRETON & VINCENT, 1999 ; BRETON, FAASSE, NOËL & VINCENT (2002)] ; par contre, elle se prête mal à une approche quantitative. Si les décomptes par unité de surface sont *théoriquement* possibles, l'impression de précision engendrée par des résultats chiffrés est illusoire, tant est grande la variation de densité des organismes sessiles, horizontalement le long d'un même quai ou au cours du temps, même à la même saison d'une année sur l'autre (BRETON *et al.*, 1996).

De plus, un certain nombre de biais d'observation sont inhérents à la méthode qu'il semble pour l'instant illusoire de tenter de standardiser : le nombre de taxons observés dépend théoriquement de la durée de la plongée, du nombre de participants, des conditions de visibilité ou de courant, ou même de la marée puisqu'une plongée à basse mer ne permet pas d'explorer la zone intertidale.

Dans ces conditions, quel crédit accorder aux relevés faunistiques de l'épibenthos sessile ou vagile effectué en plongée ? Les relevés de biodiversité ont-ils une signification en ce qui concerne la qualité des eaux ?

Le centre de production thermique (CPT) EDF du Havre pompe son eau de refroidissement quai de l'Atlantique et la rejette, réchauffée, avec un différentiel de température de 0° à 9°C à l'extrémité Est du quai Mazeline. Le courant, turbulent à l'exutoire est plus

ou moins canalisé par un rideau de palplanches discontinu (fig. 1). Cet exutoire est unique (site 2, fig. 1) et la totalité de l'eau de refroidissement qui a été utilisée – et traitée – s'y déverse. Les débits sont de 22 m³/s par tranche pour les tranches 2 et 4 et 9 m³/s pour la tranche 1. Afin d'éviter la corrosion et le développement d'une épifaune (*fouling*) dans ses installations, EDF ajoute à l'eau de refroidissement, depuis 1997, du Mexel 432®, un mélange d'alkylamines sans métaux lourds, halogènes ou hétérocycles (1).

Le Mexel 432® est utilisé sur les tranches 1 et 2. Il est procédé à une injection journalière de 5 à 7 mg/l pendant 30 minutes sur chacune des deux tranches. Il y a un résidu de 2 mg/l au rejet des tranches traitées.

En outre, sur la tranche 4, on procède à une chloration en continu, avec une injection à 1,0 mg/l en chlore (KHALANSKI, comm. pers. et JENNER *et al.*, 1998).

Afin d'évaluer l'impact sur l'environnement de ces rejets, nous avons étudié l'épibenthos d'un site de référence ①, et de six points étagés ② à ⑦ entre l'exutoire et, au-delà de la prise d'eau ⑥, le dernier site ⑦ étant sous l'influence directe du rejet de la station d'épuration de la Ville du Havre. Tous sont situés dans des bassins de marée.

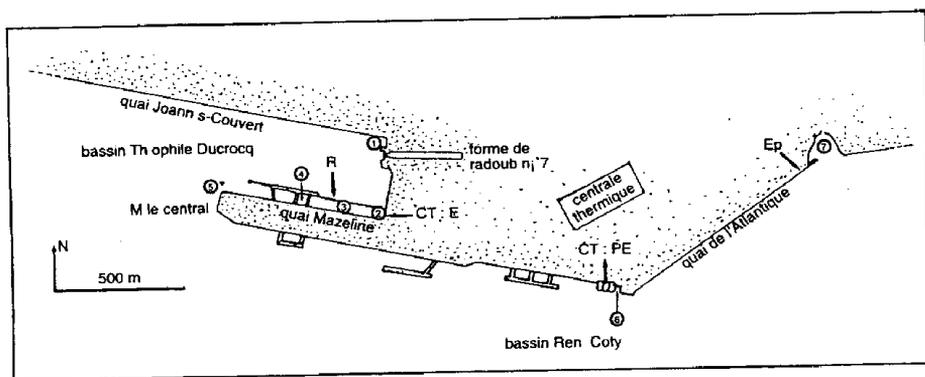


Figure 1

Plan de situation des plongées.

① à ⑦ = sites des plongées ; CT : PE = centrale thermique, prise d'eau ;
CT : E = centrale thermique, exutoire ; Ep = rejet de la station d'épuration ; R = rideau de palplanches

Diving locations plan.

① to ⑦ = diving sites; CT : PE = power plant, water inlet; CT : E = power plant, outlet;
Ep = purification station, outlet; R = sheet-pile wall

(1) Les tranches 1, 2 et 4 (3 n'est pas fonctionnelle) sont les unités de production de la centrale. Une, deux ou les trois peuvent fonctionner en même temps selon les besoins du réseau, et la totalité de l'eau traitée qui a servi à refroidir les tranches 1 et/ou 2 et/ou 4 est rejetée à l'extrémité Est du quai Mazeline, site n°2 figure 1, exutoire unique.

Numéro du site	1		2		3		4	5	6	7
Localisation	Q. Joannès-Couvert Est		Q. Mazeline E., à l'exutoire plongée marée		Q. mazeline, 100 à 200 m de l'exutoire plongée marée		Q. Mazeline, mi-quai	Môle Central	Q. Atlantique, prise d'eau EDF	Q. Atlantique, E. rejet station d'épuration
Date	10.09.00	14.09.00	07.09.00	30.08.00	07.09.00	30.08.00	22.09.00	13.06.00	29.06.00	26.06.00
Visibilité (en mètres)	1 à 2		0,5	-	0,5	-	0,8 - 1	0,3 - 1	1 - 1,5	1
Température (en ° C)	18 à 20		23	-	19 à 23	-	22	16 - 17	17	17
Durée de plongée (en minutes)	40 - 70	50	50	-	40	-	70	60	50 - 70	55
Nombre de participants	11	2	3	1	3	1	3	3	4	3
dont : nombre d'observateurs confirmés	5	2	3	1	3	1	3	3	3	3

Tableau 1

Les sept sites explorés : localisation, date, caractéristiques de l'eau, durée de plongée et nombre de participants.

The seven sites: location, date, turbidity and temperature of the water, dive time and number of divers.

Les sept sites (tableau 1) ont été explorés en plongée subaquatique. Les plongées durent 45 à 74 minutes, mobilisent trois plongeurs en général (4 pour Atlantique, Est de la prise d'eau ; 11 dont 5 observateurs pertinents pour Joannès-Couvert-Est). Les plongeurs ont inventorié les espèces inféodées aux substrats durs identifiables à l'observation directe, échantillonné à vue les espèces nécessitant un contrôle ou une recherche au laboratoire, l'un d'eux (GB) a en outre pris des photos sous-marines avec des appareils Motor Marine II, Nikonos V ou Nikonos RS équipés d'un flash (diapositive Ekta 100 - 36 vues par plongée).

Chaque vue de chaque film sous-marin a été examinée soigneusement pour y déceler d'éventuels taxons qui auraient échappé à l'observation directe et à l'échantillonnage.

La biodiversité (richesse spécifique) de chaque site (exprimée en taxons d'algues et procaryotes/taxons animaux fixés/taxons animaux vagiles) est consignée dans le tableau 5. Cette synthèse appelle les commentaires suivants.

Le nombre de taxons ne doit pas être compris comme une donnée rigoureusement arithmétique et doit être nuancé (colonne « biais d'estimation ») par la prise en compte des conditions de plongée, de la durée de la plongée, du nombre de plongeurs, de la diversité des milieux présents sur le site, etc. Les auteurs ne s'attendaient pas à ce que les biais restent faibles et, à quelques unités près, les données sont comparables. Le nombre de taxons rares (observés une seule fois sur le site au cours de la plongée, par exemple) ou sporadiques a également été évalué. La prise en compte de ces deux correctifs ne modifie pas fondamentalement les biodiversités *relatives* des sites explorés. Enfin, que l'on prenne en compte :

- le nombre des taxons animaux et végétaux,
- le total des taxons animaux, ou
- les seuls taxons animaux fixés, les résultats restent globalement comparables.

Notre propos n'est pas ici de commenter site par site (voir tableaux 2 à 4). Nous notons simplement la croissance rapide de la biodiversité entre les points 2 et 5. Celle-ci montre en effet que si l'influence des anti-fouling est notable et sévère à l'exutoire (biodiversité réduite de 70 % à 50 % par rapport à celle du site de référence selon la catégorie - végétaux, animaux fixés ou mobiles, taxons totaux...), l'action des additifs décroît rapidement et la biodiversité est quasi normalisée à 600 m de l'exutoire.

Si l'on s'en tient à des comparaisons entre stations situées à l'intérieur d'un même plan d'eau (2), les résultats obtenus sont cohérents (même si l'on fait abstraction des biais d'estimation et des taxons rares ou erratiques), quelle que soit la catégorie concernée : algues et procaryotes, épibenthos sessile, épibenthos vagile, taxons animaux, taxons totaux : la biodiversité *relative* de l'épibenthos observable en plongée subaquatique dans un port est donc un indicateur fiable de la qualité *relative* des eaux.

(2) C'est pour cela que nous parlons de biodiversité ou de richesse spécifique *relative* : le nombre de taxons observés ne constitue pas à nos yeux un indicateur absolu de qualité des eaux (et quelle qualité ?) transposable d'un port à l'autre, ou, à l'intérieur d'un port d'un type de bassin (à flot, de marée, à niveau constant, sous-salé ou non) à l'autre.

Biodiversité de l'épibenthos portuaire

Taxons	Stations →	1	2	3	4	5	6	7
Spirochètes		+						
<i>Thiothrix</i> sp.		+L		R				
<i>Havrella mirabilis</i>				R	R			
<i>Chaetomorpha aerea</i>				R	R			
<i>Cladophora</i> sp.						+	+	+
<i>Bryopsis plumosa</i>					+	++	+	+
<i>Enteromorpha</i> spp.			+	+	+	++	+	++
<i>Ulva lactuca</i>			+	+	+	++	+++	++
<i>Fucus vesiculosus</i>							+	+
<i>Fucus serratus</i>						+		
<i>Sargassum muticum</i>							+L	
<i>Porphyra umbilicalis</i>							++	+
<i>Ceramium</i> spp.						++(1)		
<i>Catenella caespitosa</i>					R			
<i>Aglaothamnion roseum</i>						+	+	+
<i>Polysiphonia</i> sp.								1
<i>Antithamnion plumula</i>							+	
<i>Dasya ocellata</i>						+	+	+
<i>Chondrus crispus</i>			+	+	++	+++	R	V
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>						++	++	
<i>Leucosolenia complicata</i>							+	
<i>Sycon ciliatum</i>		R						
<i>Sycon quadrangulatum</i>					+	+	+	+
<i>Oscarella lobularis</i>							++	
<i>Prosuberites epiphytum</i>					+	++		
<i>Suberites ficus</i>		+				+	++	+
<i>Cliona celata</i>		R				+		+
<i>Haliclondria bowerbanki</i>		++	R		+	++	+++	++
<i>Hymeniacion perleve</i>			+	++	++			
<i>Haliclona oculata</i>		+				R	++	+
<i>Haliclona cinerea</i>						R	++	++
<i>Haliclona rosea</i>		+					++	
<i>Mycale macilentia</i>		++		++	+	1	+	
<i>Mycale contarenii</i>						1		R
<i>Esperiopsis fucorum</i>						+		+
<i>Microcionia atrasanguea</i>		R		+		R		
<i>Aurelia aurita</i>		+					+	
<i>Chrysaora hyoscella</i>							++	
<i>Clytia hemispherica</i>						R		
<i>Obelia longissima</i>		+++	+++	++	+++	+++	+++	+++
<i>Obelia bidentata</i>						++L		
<i>Laomedea flexuosa</i>							+	
<i>Urticina felina</i>							+L	++L
<i>Metridium senile</i>			R		+	+	+L	+++
<i>Cereus pedunculatus</i>		+J	+++J	++	+++		+L	L
<i>Sagartia elegans</i>				+	+			+L
<i>Sagartia troglodytes</i>			+++	+	+		R	
<i>Sagartiogeton undatus</i>		R			++	+	R	R
<i>Plathelminthe</i> indét. A		1						
<i>Cycloporus maculatus</i> ?		R						
<i>Amphiporus elongatus</i> ?						R		

Tableau 2

Prokaryotes, algues et spongiaires à némerites : répartition.

Prokaryotes, algae and Porifera to Nemertes : distribution.

(1) *Ceramium nodulosum* ; R = rare ; L = localisé, locally ;

J = juvéniles, juveniles ; 1 = un spécimen observé, one observed specimen.

Bulletin de la Société zoologique de France 127 (2)

Taxons	Stations →	1	2	3	4	5	6	7
<i>Harmothoe</i> sp.						1		
<i>Tharyx marioni</i>						R		
<i>Timarete tentaculata</i>				+++	++			1
<i>Nereis diversicolor</i>								
<i>Polydora</i> sp.			+++	++	++	+++	++	+++
<i>Eupolyornia nebulosa</i>	R					R		
<i>Pomatoceros</i> spp. (2)	+	++	++			++L	+	++
<i>Protula</i> sp.							1	
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	+++	++	++	++	++	++	++	++
<i>Hydroides ezoensis</i>	+L	++	++	++	+	+		
Spirorbidae			++	++	++L(1)			
			L	L				
<i>Elminius modestus</i>	+++			++	+++		++	++
<i>Semibalanus balanoides</i>	+						++	
<i>Balanus crenatus</i>	+++				+	+++		+++
<i>Balanus improvisus</i>		++					++	
Mysidacea indet.	+							
<i>Palaemon serratus</i>	+++			+L	+	++	+++	+++
<i>Eualus occultus</i>	1							
<i>Crangon crangon</i>						1		R
<i>Homarus gammarus</i>	++							
<i>Pagurus cuanensis</i>						1		
<i>Pagurus bernhardus</i>						R		++
<i>Galathea squamifera</i>	++					+	1	
<i>Porcellana platycheles</i>	+				+++	++L	+++	+++
<i>Pisidia longicornis</i>	++				+	+L	++	+
<i>Dromia personata</i>	1							
<i>Inachus phalangium</i>	++				+	+	+	+
<i>Macropodia rostrata</i>	+							
<i>Maja brachydactyla</i>	1						1	
<i>Cancer pagurus</i>	R					R		
<i>Carcinus maenas</i>	++	++	++	++	++	++	++	++
<i>Polybius puber</i>	+++		++	++		++	+++	++
<i>Liocarcinus depurator</i>							1	
<i>Pilumnus hirtellus</i>	1				R	++L		
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>		+++	++	++	++		+	+
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>		+	1	+	+	1	++	+++

Tableau 3

Polychètes, crustacés : répartition.

Polychaetes, Crustaceans : distribution.

(1) : *Janua pagenstecheri* ; (2) : *Pomatoceros triquetet* et *P. lamarcki*.

R = rare ; L = localisé, locally ; 1 = un spécimen observé, one observed specimen.

Tableau 4 (ci-contre)

Mollusques à poissons : répartition.

Molluscs to fishes : distribution.

(1) *Molgula socialis* ; (2) dont *P. microps* ; R = rare ; J = juvéniles, juveniles ;

L = localisé, locally ; M : coquilles ou valves vides, mais « fraîches », empty but « fresh » shells or valves ; 1 = un spécimen observé, one observed specimen.

Biodiversité de l'épibenthos portuaire

Taxons	Stations →	1	2	3	4	5	6	7
<i>Leptochitona cinerea</i>					+			1
<i>Patella vulgata</i>					RL	+	+++	R
<i>Gibbula umbilicalis</i>					+L	+		R
<i>Littorina littorea</i>					+L	+	+	+++
<i>Littorina obtusata</i>						+		R
<i>Crepidula fornicata</i>	+			+		++		+R
<i>Buccinum undatum</i>								1
<i>Hinia reticulata</i>				++	++	+++		+++
<i>Hinia incrassata</i>					1M			
<i>Onchidoris bilamellata</i>						+J		
<i>Mytilus edulis</i>	+	R	R	R	++	+++	+++	+++
<i>Cerastoderma edule</i>					1M			+M
<i>Cerastoderma glaucum</i>								+M
<i>Venerupis pullastra</i>						1M	1M	
<i>Petricola pholadiformis</i>								+M
<i>Pedicellina cernua</i>	+						+	
<i>Phoronis hippocrepia</i>						RL		
<i>Electra pilosa</i>						+	+	
<i>Conopeum reticulum</i>						+	+	+
<i>Bugula stolonifera</i>	+							
<i>Bugula cf. fulva</i>							1	
<i>Cryptosula pallasiana</i>							+	+
<i>Bowerbankia gracilis</i>	+						++	
<i>Bowerbankia imbricata</i>							+	
<i>Asterias rubens</i>						+++	++	++
<i>Amphipholis squamata</i>					+			
<i>Psammechinus miliaris</i>					++			
<i>Ciona intestinalis</i>	+++				+++	+++	+++	+++
<i>Clavelina lepadiformis</i>						+	+	
<i>Diplosoma listerianum</i>	R						R	1
<i>Perophora japonica</i>						+		
<i>Ascidella aspersa</i>	+++				++		++	++
<i>Styela clava</i>	++				+	+	++	+
<i>Botrylloides leachi</i>			+	+				
<i>Botryllus schlosseri</i>	R	+	+	++	+	+	+	+++
<i>Molgula sp.</i>	R(1)					1	R	R(1)
<i>Anguilla anguilla</i>	+	++J			++	R	R	1
<i>Pollachius pollachius</i>	++						RL	
<i>Trisopterus luscus</i>	+					R	+	+
<i>Trisopterus minutus</i>	1							
<i>Atherina presbyter</i>	+L					+L		
<i>Syngnathus acus</i>	1					1		
<i>Syngnathus rostellatus</i>	R							
<i>Taurulus bubalis</i>	++						+	
<i>Dicentrarchus labrax</i>				+L	+J		1	
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	R							
<i>Labrus bergylta</i>	+			1		1	1	
<i>Symphodus melops</i>	1				1			
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	++					+L	++L	1
<i>Parablennius gattorugine</i>	++	R				+	++	R
<i>Lipophrys pholis</i>	R							
<i>Callionymus sp.</i>	R				R		++	++J
<i>Gobius niger</i>	+++				++	+	+	+
<i>Gobius paganellus</i>	++		R		+			
<i>Thorogobius ephippiatus</i>	+L							
<i>Gobiusculus flavescens</i>					+			
<i>Pomatoschistus sp.</i>	+				+	++L(2)	+	++J
<i>Crystallogobius linearis</i>							+L	+L
<i>Pleuronectes platessa</i>						+		
<i>Platichthys flesus</i>							++	+++

site	date	taxons algues procaryotes	taxons animaux fixés	taxons animaux mobiles	dont rares	total taxons animaux	total taxons	biais d'estimation
Joannès-Couvert Est et retour vers forme 7	10.09.00	8	30	36	3	66	74	+ A
Mazeline - Exutoire (et marée à pied) (1)	07.09.00 30.08.00	3	15	5	1	20	23	- B
Mazeline - 100 à 200 m de l'exutoire (et marée à pied) (1)	07.09.00 30.08.00	6	18 +20%	13	2	31 +55%	37 +61%	- B
Mazeline - mi-quai	21.09.00	7	28 +56%	24	2	52 +68%	59 +59%	
Môle central - musoir et coffre	13.06.00	11	33 +18%	32	5	65 +25%	76 +29%	C
Atlantique-Est de la prise d'eau EDF	29.06.00	12	38 +15%	31	4	69 +6%	81 +7%	+ D
Atlantique - Anse à l'Est du rejet de la station d'épuration	26.06.00	10	29 -24%	30	3	59 -15%	69 -15%	- E

Tableau 5

Comparaison du nombre de taxons recensés sur les différents sites étudiés.

(1) niveaux supérieurs de la marée non comptés car correspondant à une zone de mélange des eaux même à l'exutoire le long du quai et non comptés à 100-200 m pour conserver la comparabilité.

taxons = nombre de taxons repérés, même n'ayant pas donné lieu à une détermination spécifique.

dont rares = évaluation des taxons animaux repérés par un seul individu ou possiblement erratiques sur le site, donc peu significatifs (donnée très subjective et approximative).

biais d'estimation = c'est la surestimation (+) ou la sous-estimation (-) relatives (par rapport aux autres sites explorés !) compte tenu des conditions d'observation, du nombre de plongeurs, de la variété des milieux...

A = à cause du nombre de participants

B = à cause de la visibilité médiocre et du courant

C = la sous-estimation due au fait que les hauts niveaux n'ont pas été vus est compensée par la variété des milieux explorés

D = à cause de la diversité des milieux explorés

E = à cause d'une visibilité médiocre

pourcentage = le pourcentage indiqué dans certaines cases est le taux de variation (positive ou négative) par rapport à la case du dessus.

Table 5

Comparison of inventoried taxa number in the different observed sites.

(1) highest tide levels not taken into account because corresponding to a mixed water zone even at the outlet along the quay and, as well, not taken into account at a distance of 100-200 m. in order to maintain the comparison possible.

taxa = number of observed taxa, even if having not led to a specific determination.

rare taxa = evaluation of animal taxa observed in one unit, or possibly erratic on site, so not very significant (subjective and rough datum).

estimation biases = are concerned relative overvaluations (+) or undervaluations (-) (in connection with other observed sites !), taking into consideration conditions of observation, number of divers, variety of environment...

A = due to number of participants

B = due to poor visibility and current

C = the undervaluation, due to the fact that high levels have not been considered, is balanced by the wide variety of observed environment

D = due to the wide variety of observed environment

E = due to poor visibility

percentage = the indicated percentage in one space concerns the variation rate (positive or negative) compared to the up above space.

Remerciements

Les auteurs remercient leurs compagnons de plongée, et en particulier Denis Corthésy, pour leur aide ; Monsieur Coat et les officiers de port pour les autorisations de plonger qu'ils leur accordent et Monsieur Hébert pour la traduction en anglais.

Muséum d'histoire naturelle,
place du Vieux-Marché, 76600 Le Havre
Gerard.Breton@ville-lehavre.fr
thierry.vincent@ville-lehavre.fr

RÉFÉRENCES

- BRETON, G. (1981).- Observations sur l'écologie et les peuplements des bassins du port du Havre. *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, **68**, 4, 45-58.
- BRETON, G., FAASSE, M., NOËL, P. & VINCENT, T. (2002).- A new alien crab in Europe : *Hemigrapsus sanguineus* (Decapoda : Brachyura : Grapsidae). *J. Crust. Biol.*, **22**, 1, 184-189.
- BRETON, G., GIRARD, A. & LAGARDÈRE, J.-P. [MONNIOT, F., MONNIOT, C., NOËL, P. & VINCENT, T. coll.] (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, 7-28.
- BRETON, G. & VINCENT, T. (1999).- Invasion du port du Havre (France, Manche) par *Hydroides zwoensis* (Polychaeta, Serpulidae), espèce d'origine japonaise. *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, **86**, 2, 33-43.
- CARLTON, J.T. (1985).- Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms : the biology of ballast water. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **23**, 313-371.
- DHAINAUT-COURTOIS, N., ALZIEU, Cl., QUINIOU, F., PRUVOT, C. & DELOFFRE, L. (2000a).- Évaluation, par utilisation conjointe de scores de risque et d'indices biotiques, de la qualité des sédiments portuaires et des risques liés à l'immersion en mer de ces derniers. Études menées sur les sédiments et les macroinvertébrés associés des ports de Boulogne-sur-Mer, Calais et Dunkerque, et dans des zones de référence et de vidage situées au large de Dunkerque. 21 p. In Actes du Colloque « Les enjeux, pour la santé humaine et le maintien de la biodiversité, de la caractérisation et de la validation de Systèmes d'Évaluation Écotoxicologique de la Qualité des sédiments et boues de dragage ». Lille, 28 septembre 1999. Éd. N. Dhainaut-Courtois, A. Dhainaut et L. Deloffre.
- DHAINAUT-COURTOIS, N., PRUVOT, C., EMPIS, A. & BAUDET, K. (2000b).- 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, 49-62.

- GRALL, J. & GLÉMAREC, M. (1997).- Bioévaluation des structures benthiques en rade de Brest: *Ann. Inst. Océanogr.*, **73**, 1, 7-16.
- GRUET, Y., MAILLARD, Y. & MARCHAND, J. (1978).- Étude écologique des bassins à flot du port de Saint-Nazaire (Loire-Atlantique). *Bull. Écol.*, **9**, 2, 157-168.
- JENNER, H.A.A., WHITE HOUSE, J.W., TAYLOR, C.J.L. & KHALANSKI, M. (1998).- Biology and control of fouling. *Hydroécologie appliquée*, **10**, 149-151.
- PAALVAST, P. (1998).- Ecologische waardering van de oevers in het Rotterdamse havengebied. Vlaardingen (Pays-Bas), [rapport inédit], 1-97.
- REBZANI-ZAHAF, C. (1992).- Le peuplement macrobenthique du port d'Alger : impact de la pollution. *Hydroécol. Appl.*, **4**, 2, 91-113.
- THORP, C.H., PYNE, S. & WEST, S.A. (1987).- *Hydroides ezoensis* Okuda, a fouling serpulid new to British Coastal waters. *J. Nat. Hist.*, **21**, 863-877.
- VINCENT, T. (1999).- *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, algue laminaire allochtone, une confirmation de son implantation et de sa progression en plusieurs points du littoral normand. *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, **86**, 1, 35-37.
- VINCENT, T. & BRETON, G. (1999).- Présence du crabe *Hemigrapsus penicillatus* (de Haan, 1835) dans les bassins du port du Havre (Normandie, France). *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, **86**, 1, 19-23.

(reçu le 11/10/01 ; accepté le 13/02/02)