



## **Evaluation de la qualité benthique des zones d'immersion des sédiments de dragage**

**Pascal GREGOIRE<sup>1</sup>, Nor Edine ABRIAK<sup>2</sup>, Samira BRAKNI<sup>2</sup>,  
Raouf ACHOUR<sup>2,3</sup>**

1. Direction de l'Aménagement et de l'Environnement, Grand Port Maritime de Dunkerque, Terre-plein Guillain, BP 46534, 59386 Dunkerque Cedex 1, France.  
PGregoire@PortDeDunkerque.fr
2. Ecole des Mines de Douai, Département Génie Civil et Environnemental, 764 Boulevard Lahure, BP 10838, 59508 Douai, France.  
nor-edine.abriak@mines-douai.fr ; raouf.achour@mines-douai.fr
3. Department of Civil Engineering, Université de Sherbrooke, Canada.

### **Résumé :**

Les travaux de dragage posent le problème de la mise en dépôt des sédiments à évacuer en tenant compte des incidences économiques et des aspects environnementaux liés à la protection de l'environnement.

Les sédiments côtiers sont des milieux d'une grande richesse biologique où une multitude d'organismes vivants ont des relations particulières avec leur substrat.

L'équilibre du milieu naturel peut être rompu par l'apport de matériaux exogènes, à l'occasion notamment du transfert sur les zones d'immersion de contaminants qui peuvent affecter les espèces et l'écosystème.

Le processus d'évaluation environnementale doit permettre d'estimer le risque potentiel d'exposition sur les écosystèmes en intégrant l'évaluation des communautés benthiques.

L'évaluation des impacts biologiques des zones d'immersion permet désormais de mieux appréhender les risques en ayant recours à des outils opérationnels d'appréciation.

L'objectif est donc de présenter notre démarche d'expertise basée sur l'indice d'évaluation de l'endofaune côtière qui permet la connaissance de la qualité biologique des sédiments en rendant plus transparent le processus d'évaluation environnementale qui peut influencer la méthode de mise en dépôt et le pilotage des opérations de dragage dans un contexte de développement durable.

*Soumis le 13 janvier 2011, accepté le 25 mars 2013, en ligne le 22 avril 2013.  
Version traduite non certifiée, publiée sous la responsabilité des auteurs de l'article.*

Pour citer la version originale de cet article :

GREGOIRE P., ABRIAK N.E., BRAKNI S., ACHOUR R. (2013). *Benthic quality evaluation of immersion zones of sediments dredging*. *Revue Paralia*, Vol. 6, pp 3.1–3.12.

DOI:10.5150/revue-paralia.2013.003 (disponible en ligne – <http://www.paralia.fr> – available online)

## **1. Introduction**

La majorité des sites portuaires se situent dans des zones abritées ; l'importance des phénomènes sédimentaires liés aux conditions hydrodynamiques de marées, de courants, de houles et le vent provoquent des situations d'envasement ou d'ensablement. Cette sédimentation des matières en suspension d'origine continentale ou marine constitue une entrave pour l'accès des navires aux infrastructures portuaires.

L'activité portuaire joue un rôle stratégique pour l'économie nationale ou internationale et de nombreux ports réalisent des travaux de dragage conduisant à l'évacuation de volumes importants de sédiments pour garantir l'accès des chenaux, des avants-ports et des bassins à la navigation commerciale.

Les quantités annuelles immergées en Europe représentent environ 185 millions de tonnes dont 5 pays seulement (Belgique, Allemagne, Royaume Uni, France, Pays Bas) mettent en dépôt plus de 90% des matériaux dragués.

Ces pratiques sont indispensables aux activités portuaires pour la sécurité maritime ; néanmoins des préoccupations nouvelles basées sur la protection de l'environnement montrent que certaines opérations posent problèmes en regard des impacts potentiels sur les milieux aquatiques.

La protection de milieux aquatiques s'est développée tant en droit interne qu'en droit international ; les problèmes d'environnement constituent une préoccupation majeure et la plupart des pays fondent désormais leur politique nationale en matière d'environnement sur le concept de développement durable.

La pratique des dragages n'est pas à remettre en cause, du fait des entraves à la navigation ou de l'incidence économique qui en résulteraient, mais elle ne peut être poursuivie qu'en prenant en considération les contraintes de préservation des écosystèmes côtiers ; en effet, les immersions sont une voie de transfert des contaminants vers le milieu marin et il convient de prendre les dispositions de nature à en limiter les impacts sur les écosystèmes (ALZIEU, 1999).

Les lignes directrices OSPAR (OSPAR, 1998) sur la gestion des sédiments de dragage définissent la surveillance comme l'ensemble des mesures effectuées qui permettent, d'une part, de s'assurer que les prescriptions imposées lors de la délivrance du permis d'immersion sont respectées, d'autre part, de vérifier les modifications constatées sur la zone d'immersion correspondant à l'hypothèse d'impact sur laquelle est basée la délivrance du permis.

Notre stratégie de surveillance appliquée au Grand Port Maritime de Dunkerque est donc basée sur la vérification de l'hypothèse d'impact dans le cadre d'une démarche ascendante qui satisfait aux lignes directrices.

## **2. Méthodologie**

La méthodologie est fondée sur la détection des signes de perturbation de l'écosystème par l'analyse des peuplements vivant dans les sédiments et la réponse de ces

peuplements face aux changements induits par l'immersion des produits de dragage. La composition et la structure des peuplements des fonds meubles sont utilisées pour caractériser les conditions du milieu et estimer d'éventuels impacts sur ce benthos.

La méthode d'évaluation est quantitative et se fonde sur la distinction au sein de la macrofaune de cinq groupes d'espèces ayant en commun une sensibilité similaire vis-à-vis de la matière organique en excès et face au déficit éventuel d'oxygène résultant de sa dégradation. Les groupes écologiques sont composés d'espèces de polluosensibilité différente et sont considérés comme des indicateurs biologiques.

- a) Groupe I : espèces sensibles à l'hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a enrichissement du milieu. Ce sont les suspensivores, des carnivores sélectifs et quelques dépositivores de subsurface tubicoles.
- b) Groupe II : espèces indifférentes à l'hypertrophisation. Peu influencées par une augmentation de la quantité de matière organique, on y trouve surtout des espèces carnivores et nécrophages peu sélectives.
- c) Groupe III : espèces tolérantes à l'hypertrophisation. Naturellement présentes dans les vases, mais comme leur prolifération est stimulée par l'enrichissement du milieu, elles sont alors un signe du déséquilibre du système. Ce sont des dépositivores de surface, tubicoles ou non, profitant du film superficiel chargé de matière organique.
- d) Groupe IV : espèces opportunistes de second ordre. Petites espèces à cycle court (<1 an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées. Ce sont des dépositivores de subsurface.
- e) Groupe V : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des dépositivores, proliférant dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface.

L'Indice d'Evaluation de l'Endofaune Côtière (I2EC) se fonde donc sur la distinction au sein de la macrofaune benthique de cinq groupes d'espèces ayant en commun une sensibilité similaire vis-à-vis de la matière organique en excès et face au déficit éventuel d'oxygène résultant de la dégradation. Chaque espèce est ainsi affectée à un groupe écologique en fonction de sa sensibilité au gradient croissant de stress environnemental (figure 1).

Les valeurs de l'indice sont définies par les états successifs des assemblages d'espèces. Le modèle d'évaluation de l'I2EC reconnaît quatre grandes étapes ; depuis l'état normal du peuplement (I2EC=0) où les espèces sensibles dominant, jusqu'au stade de pollution maximale (I2EC=6). Ce dernier est caractérisé par quelques espèces opportunistes de premier ordre, qui atteignent des densités exceptionnelles (100 000 individus au m<sup>2</sup>) à la surface des sédiments réduits. Entre ces quatre grandes étapes existent des états de transition ou écotones (I2EC=1, 3 et 5). Ils sont caractérisés soit par l'effondrement des paramètres représentant la richesse spécifique et l'abondance des peuplements ou, au contraire, par l'explosion d'une espèce indifférente, favorisée par le manque de compétition. Le groupe II (espèces indifférentes) n'est pas pris en compte dans le

tableau car il peut caractériser des situations écotoxes correspondant aux indices 3 et 5 (voir tableau 1).

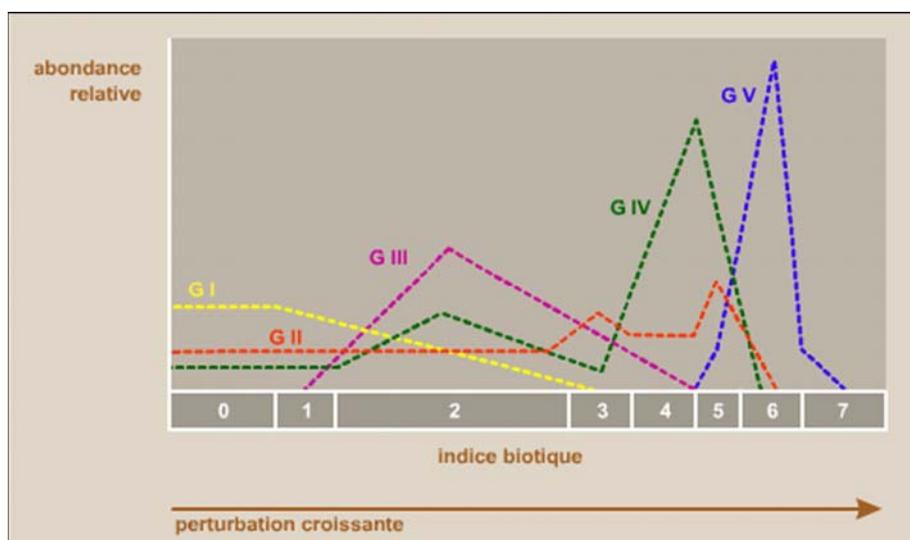


Figure 1. Répartition des groupes en fonction de la pollution organique sur le littoral (GLEMAREC, 2003).

Tableau 1. Pourcentage des différents groupes écologiques définissant les indices et l'état de santé du milieu (GRALL et al., 2003).

Groupe écologique des indices pairs	I2EC					6
	0	1	2	3	5	
I	>40%		20 – 40%		<20%	-
III	20 – 40%		> 40%		20 – 40%	<20%
IV	<20%		<20%		>40%	20 – 40%
V	-		-		+	>40%
Etat du milieu	Normal		Enrichi		Dégradé	Très dégradé

-: absence    +: non quantifié en faible présence

### 3. Echantillonnage

Le protocole d'études considère un nombre de stations à prélever au tableau 2. Les stations de prélèvements ont été positionnées sur le terrain au moyen d'un GPS différentiel métrique, délivrant une précision à un mètre près, sur un traceur de route, ayant en mémoire les cartes SHOM (figure 2). Sur chaque station, 4 prélèvements à la benne Van Veen ont été réalisés ; 3 échantillons ont servi à la constitution de l'échantillon moyen pour l'analyse de la macrofaune benthique ; le dernier a permis la réalisation des analyses physico-chimiques en laboratoire. La benne Van Veen, permet l'échantillonnage de 1/10 m<sup>2</sup> de sédiment à chaque prélèvement, surface "normée" dans les protocoles de prélèvements du macrobenthos.

Pour le sédiment meuble subtidal, la présence ou l'absence des espèces est en relation avec la nature du sédiment, c'est-à-dire la granulométrie du substrat. La taille des grains dépend de la sédimentation et de son transport fonction des courants et de l'agitation des masses d'eau.

L'échantillon est tamisé avec un maillage de 1 mm qui ne sélectionne que la macrofaune du sédiment.

Les organismes vivants sont ensuite récupérés puis conservés dans l'alcool à 70°, pour être identifiés en laboratoire sous loupe binoculaire.

Les données collectées servent alors à calculer le nombre d'individus par espèces (biomasse) et la richesse spécifique (biodiversité) ; ces deux paramètres permettent de caractériser les peuplements. L'ensemble peut être ainsi rapporté aux surfaces d'occupation.

Il est alors possible de présenter les résultats sous forme d'indices écologiques (Shannon-Weaver, équitabilité), de diagrammes par embranchements et d'indices trophiques. Les espèces présentes seront alors mises en relation avec les données sédimentaires.

*Tableau 2. Echantillonnages en différentes zones du Grand Port Maritime de Dunkerque (IN VIVO, 2006).*

<i>Zones d'immersion</i>	<i>Surface (ha)</i>	<i>Nombre de stations</i>	<i>Codification des stations</i>
<i>Est port Est</i>	105	4	<i>IV-1, 2, 3, 4</i>
<i>Centre port Est</i>	88	4	<i>III-1, 2, 3, 4</i>
<i>Ouest Nord Port Ouest</i>	130	4	<i>I-1, 2, 3, 4</i>
<i>Ouest Sud Port Ouest</i>	147	4	<i>II-1, 2, 3, 4</i>
<i>Zone témoin</i>	82	4	<i>T-1, 2, 3, 4</i>



*Figure 2. Stations de prélèvement sur les zones d'immersion du Grand Port Maritime de Dunkerque (IN VIVO,2006).*

#### 4. Granulométries des sédiments

La granulométrie par diffraction laser permet de classier les sédiments (tableau 3). L'échantillon IV-2 présente des teneurs en vase et sables quasi identiques. Les échantillons I- 2 et IV- 1, 3,4 correspondent à des sables fins majoritaires tandis que les échantillons I- 1, 3, 4 et III- 1, 2, 3, 4 et T- 1, 2, 3, 4 correspondent à des sables moyens à grossiers majoritaires.

Certains échantillons présentent des teneurs significatives en vase supérieures à 12%, il s'agit des échantillons I- 2, III- 1, 4 et IV – 1, 2, 4.

Tableau 3. Synthèse des résultats granulométriques (sauf échantillons II non traités)

Echantillons	% Silt	% Sable fin	% Sable moyen	Mode ( $\mu\text{m}$ )	Médiane ( $\mu\text{m}$ )
I – 1	1.07	17.81	<b>81.12</b>	390.9	387.4
I – 2	22.83	<b>45.93</b>	31.24	269.2	232.6
I – 3	2.59	12.32	<b>85.09</b>	390.9	425.8
I – 4	5.53	39.99	<b>54.48</b>	295.5	293.1
III - 1	35.75	19.18	<b>45.07</b>	429.2	226.1
III - 2	2.96	27.93	<b>69.11</b>	324.4	351.8
III - 3	3.86	27.65	<b>68.49</b>	324.4	349.9
III - 4	12.53	46.94	<b>50.53</b>	245.2	253.1
IV - 1	13.15	<b>76.96</b>	9.89	185.4	186.3
IV - 2	<b>42.57</b>	33.80	23.63	203.5	134.6
IV - 3	1.39	<b>59.31</b>	39.30	245.2	259.9
IV - 4	15.89	<b>70.99</b>	13.12	223.4	201.3
T - 1	1.11	18.82	<b>80.07</b>	295.5	492.6
T - 2	1.12	21.55	<b>77.33</b>	390.9	402.1
T - 3	0.96	25.82	<b>73.22</b>	356.1	354.0
T - 4	0.71	8.08	<b>91.35</b>	489.2	81.4

#### 5. Analyses géochimiques

Nous avons évalué la pollution organique à partir de trois paramètres, l'azote organique total (NTK), le phosphore total (P) et le Carbone Organique Total (COT) classifiés en indices croissants de 0 à 4 affectés à chaque valeur du paramètre en fonction du niveau de contamination des micropolluants exprimant la Pollution Organique (tableau 4). La Pollution Organique (PO) est la somme variant de 0 à 11 des trois indices de contamination calculée à partir de la valeur analysée dans l'échantillon de chaque paramètre. Les résultats des sédiments analysés pour chaque échantillon et pour chaque paramètre permettent de définir la Pollution Organique pour chaque station étudiée (tableau 5).

Les sédiments analysés sont pauvres en azote, carbone et phosphore à l'exception des échantillons III-1 et IV- 2 riches en carbone (6.2 et 7.2) et dont les teneurs en vase sont les plus fortes (35.75% et 42.57%).

Tableau 4. Définition des indices de contamination exprimant la pollution organique.

<i>Carbone organique Total (COT)</i>	<i>Azote organique total (NTK)</i>	<i>Phosphore total (P)</i>	<i>Indices de contamination</i>
<i>Valeurs (g/kg sec)</i>	<i>Valeurs (g/kg sec)</i>	<i>Valeurs (g/kg sec)</i>	<i>0 – 4</i>
<0.6	<600	<500	0
0.6 – 2.3	600 – 1200	500 – 800	1
2.4 – 4	1200 – 2400	800 – 1200	2
4.1 – 5.8	2400 – 3600	>1200	3
>5.8	>3600	/	4

Tableau 5. Analyses géochimiques des échantillons (IN VIVO, 2006).

<i>Echantillons</i>	<i>Densité</i>	<i>COT</i>	<i>NTK</i>	<i>P</i>	<i>Pollution organique</i>
<i>I - 1</i>	<i>1.94</i>	<i>&lt;1.5</i>	<i>0.07</i>	<i>0.26</i>	<i>0 – 1</i>
<i>I - 2</i>	<i>1.65</i>	<i>3.8</i>	<i>0.36</i>	<i>0.30</i>	<i>2</i>
<i>I - 3</i>	<i>2.04</i>	<i>1.5</i>	<i>0.08</i>	<i>0.31</i>	<i>0 – 1</i>
<i>I - 4</i>	<i>1.35</i>	<i>&lt;1.5</i>	<i>0.08</i>	<i>0.25</i>	<i>0 – 1</i>
<i>III - 1</i>	<i>1.77</i>	<i>6.2</i>	<i>0.65</i>	<i>0.96</i>	<i>4</i>
<i>III - 2</i>	<i>1.99</i>	<i>&lt;1.5</i>	<i>0.19</i>	<i>0.38</i>	<i>0 – 1</i>
<i>III - 3</i>	<i>1.64</i>	<i>&lt;1.5</i>	<i>0.10</i>	<i>0.31</i>	<i>0 – 1</i>
<i>III - 4</i>	<i>1.87</i>	<i>1.9</i>	<i>0.17</i>	<i>0.31</i>	<i>0 – 1</i>
<i>IV - 1</i>	<i>1.92</i>	<i>2.6</i>	<i>0.39</i>	<i>0.29</i>	<i>2</i>
<i>IV - 2</i>	<i>1.59</i>	<i>7.2</i>	<i>0.78</i>	<i>0.44</i>	<i>4</i>
<i>IV - 3</i>	<i>1.44</i>	<i>&lt;1.5</i>	<i>0.06</i>	<i>0.19</i>	<i>0 – 1</i>
<i>IV - 4</i>	<i>1.70</i>	<i>&lt;1.5</i>	<i>0.30</i>	<i>0.32</i>	<i>0 – 1</i>
<i>T - 1</i>	<i>2.01</i>	<i>&lt;1.5</i>	<i>0.07</i>	<i>0.29</i>	<i>0 – 1</i>
<i>T - 2</i>	<i>1.95</i>	<i>&lt;1.5</i>	<i>0.08</i>	<i>0.35</i>	<i>0 – 1</i>
<i>T - 3</i>	<i>2.10</i>	<i>&lt;1.5</i>	<i>0.06</i>	<i>0.27</i>	<i>0 – 1</i>
<i>T - 4</i>	<i>2.06</i>	<i>&lt;1.5</i>	<i>0.08</i>	<i>0.19</i>	<i>0 – 1</i>

## 6. Analyse des biocénoses

L'écosystème est défini par la part descriptive et physique du milieu, nommée biotope, et par la part biologique, nommée biocénose. L'ensemble forme un système complexe, dynamique, en équilibre, qui fonctionne par des flux entrants et sortants d'énergie provenant des courants et de matières issues du transport sédimentaire et de l'activité biologique que l'on nomme écosystème. Le biotope, la nature de l'habitat avec ses conditions physiques, conditionnent l'implantation des espèces et la distribution des peuplements. Les peuplements benthiques sont un maillon extrêmement important de l'écosystème marin. Le benthos est un intégrateur essentiel pour la compréhension des effets des activités humaines sur l'environnement. Ce type de faune dont les déplacements sont limités est donc sous la dépendance directe de la qualité de

l'environnement et constitue à ce titre un état de santé du milieu naturel. Les différents facteurs liés au régime mégatidal, à l'influence hydrographique, à la variation des structures géologiques et aux apports anthropiques ont permis l'installation de cinq grandes unités biosédimentaires en manche orientale et mer du Nord :

- a) Le peuplement des cailloutis à épibiose sessile caractéristique des zones à forts courants sur fonds grossiers de cailloutis (80%), graviers (10-15%) et sables.
- b) Le peuplement de la gravelle à *Amphioxus lanceoatus* sur sédiment de graviers (40-50%), sables grossiers propres (10%) et sables moyens à fins sans pélites.
- c) Le peuplement de l'hétérogène envasé sur sédiment de pélites (4%), de cailloutis (10-30%), de graviers (5-10%), de sables (30 à 50%) typique de la mer du Nord.
- d) Le peuplement des sables fins à moyens propres à *Ophelia borealis* sur sédiment de sables fins et moyens (60-90%) dépourvu de pélites.
- e) Le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba* sur sédiment de sables fins (plus de 60%) avec fraction pélitique variable (1-30%)

L'analyse des biocénoses a été effectuée à partir de l'inventaire quantitatif et qualitatif des espèces récoltées à chaque station. Dans le cadre de gestion portuaire cette approche permet d'avoir une estimation prévisible de la dégradation du milieu naturel et d'avoir une réponse globale des risques engendrés par la pollution.

#### 6.1. Richesse spécifique et densité

La richesse spécifique (nombre d'espèces recensées) et la densité (nombre d'individus par unité de surface) définissent la structure du peuplement au droit des stations étudiées (tableau 6).

Pour nos échantillons, la richesse spécifique est moyenne (<20) pour II-1, III- 4, IV-2 et faible (<10) pour le reste des stations.

Comparativement, la richesse spécifique de la zone témoin est équivalente à celles des autres zones à granulométrie voisine ; les prélèvements présentent une richesse spécifique plus importante lorsque la teneur en éléments fins est importante.

Les densités de 10 à 203 individus par m<sup>2</sup> restent relativement faibles mais cohérentes avec ce type de milieu (fonds grossiers et courants importants) et confirment l'hétérogénéité entre les différentes stations.

L'expertise benthique fait apparaître en proportion variable dans les prélèvements quatre espèces régulièrement présentes (annélides *Nephtys cirrhose* et *Nephtys hombergii*, du bivalve *Abra alba* et du crustacé *Bathyporeia elegans*).

L'observation de la répartition de la richesse spécifique dans les différents groupes fait apparaître globalement :

- a) Une zone I hétérogène.
- b) Une zone II dominée par les bivalves (*Abra alba*).
- c) Une zone III dominée par les annélides (*Nephtys cirrhose*) et les échinodermes (*Gastrosaccus spinifer*).

- d) Une zone IV où les espèces d'annélides (*Nephtys* sp) sont prépondérantes.  
e) Une zone témoin homogène où le nombre d'espèces de crustacés (*Bathyporeia* sp) est important et le nombre d'espèces de bivalves et d'annélides quasi identiques.

En conclusion, d'un point de vue de la densité et de la richesse spécifique, les zones d'immersion des sédiments de dragage sont donc hétérogènes avec des densités et des richesses spécifiques fortement variables sur une même zone ; les valeurs augmentent lorsque les éléments fins sont plus importants dans l'échantillon.

La zone témoin est homogène avec des valeurs de richesse spécifique et de densité faibles à chaque station.

*Tableau 6. Richesse spécifique et densité des différentes stations (IN VIVO, 2006).*

<b>Echantillons</b>	<b>Richesse spécifique</b>	<b>Densité (individus/m<sup>2</sup>)</b>
<i>I - 1</i>	3	43
<i>I - 2</i>	7	<b>203</b>
<i>I - 3</i>	5	23
<i>I - 4</i>	8	123
<i>II - 1</i>	10	<b>87</b>
<i>II - 2</i>	2	<b>27</b>
<i>II - 3</i>	2	<b>10</b>
<i>II - 4</i>	1	<b>10</b>
<i>III - 1</i>	4	<b>23</b>
<i>III - 2</i>	6	50
<i>III - 3</i>	4	43
<i>III - 4</i>	10	147
<i>IV - 1</i>	7	73
<i>IV - 2</i>	12	<b>190</b>
<i>IV - 3</i>	2	<b>10</b>
<i>IV - 4</i>	8	183
<i>T - 1</i>	4	27
<i>T - 2</i>	6	53
<i>T - 3</i>	6	47
<i>T - 4</i>	5	50

*La richesse spécifique est forte lorsque le nombre d'espèces est supérieur à 20.*

## 6.2. Indice de Shannon

La diversité évaluée à l'aide de l'indice de Shannon tient compte à la fois du nombre d'espèces et de leur effectif respectif ; plus cette répartition est équitable entre les espèces, plus la diversité est grande en traduisant un état d'équilibre du peuplement. L'existence d'une perturbation entraîne un déséquilibre du peuplement qui se traduit par la prolifération d'un petit nombre d'espèces au détriment des autres populations et donc par une chute de la diversité. Un peuplement est équilibré lorsque l'indice de Shannon est au moins égal à 3.

Pour nos échantillons, l'indice de Shannon varie de 0.54 (station III-1) à 3.09 (station IV-2) conformément à la représentation de la figure 3.

Les valeurs les plus élevées (indice supérieur à 2.6) sont associées aux valeurs de richesse spécifique et de densité, les plus fortes traduisant un peuplement relativement équilibré (stations I-4, II-1, III-4 et IV-2). Les valeurs faibles de l'indice sont associées aux valeurs de richesse spécifique et de densité faibles qui traduisent que le peuplement est dominé par une espèce (station IV-4, annélides *Nephtys hombergi*) ou qu'il présente une richesse spécifique très faible (II-4, une seule espèce).

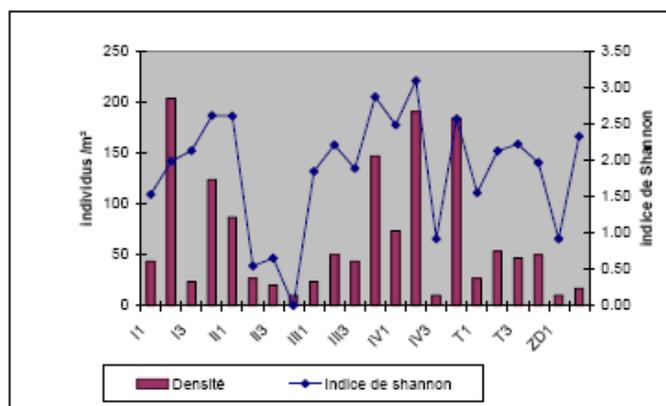


Figure 3. Densité et indice de Shannon des différentes stations (IN VIVO, 2006).

### 6.3. Equitabilité

L'équitabilité rend compte de l'état d'équilibre des peuplements et permet de comparer les stations entre elles en s'affranchissant du nombre total d'espèces présentes.

Elle prend une valeur comprise entre 0 et 1, selon que le peuplement est plus ou moins équilibré.

La plupart des stations présentent une équitabilité relativement forte aux alentours de 0.8 ce qui tend à démontrer qu'il n'existe pas de déséquilibre profond. Cette valeur est à relativiser car peu d'espèces sont présentes dans les échantillons.

### 6.4 Indice I2EC

L'indice rend compte de l'état de santé du milieu en fonction des groupes écologiques dans l'échantillon. Le résultat de cet indice est néanmoins à minimiser car les peuplements sont assez pauvres et les zones d'immersion sont sous l'influence de courants de marée importants qui contribuent au remaniement des zones et à l'instabilité des peuplements.

Le tableau 7 évalue l'état de santé du milieu à l'aide de l'indice I2EC en fonction des différents groupes écologiques sur les différentes zones. Dans le cas de la zone témoin (T), l'indice indique que la zone est enrichie alors qu'elle ne subit aucun apport de sédiments portuaires.

*Tableau 7. Etat de santé du milieu des zones d'études.*

<i>Zones</i>	<i>Groupes écologiques (%)</i>					<i>Indice EICI</i>	<i>Etat du milieu</i>
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>		
<i>I</i>	44.7	10.6	44.7	0	0	2	<i>Enrichi</i>
<i>II</i>	3.8	7.6	88.5	0	0	3	<i>Enrichi</i>
<i>III</i>	58.6	17.2	24.2	0	0	0	<i>Normal</i>
<i>IV</i>	18.8	30.1	43.6	0	0	3	<i>Enrichi</i>
<i>T</i>	35	65	0	0	0	2	<i>Enrichi</i>

### 6.5 Caractérisation des zones

- a) La zone I montre une richesse spécifique faible et une densité des individus très variables au m<sup>2</sup>. Le peuplement semble se rapprocher du peuplement des sables fins à moyens propres à *Ophelia borealis*.
- b) La zone II indique un peuplement qui ne s'apparente pas à une unité biocéanique identifiée ; ce peuplement mal défini est dominé par le bivalve *Abra alba*. Un échantillon (II-1) présente un cortège d'espèces caractéristique du peuplement de l'hétérogène envasé. Les espèces tolérantes à l'eutrophisation étant très abondante, le milieu est enrichi.
- c) La zone III est caractéristique des peuplements des sables fins à moyens propres à *Ophelia borealis* ; la proportion d'espèces sensibles (groupe I) est supérieure aux espèces dites tolérantes (groupe III).
- d) La zone IV est hétérogène en richesse spécifique et densité d'individus par m<sup>2</sup>. Le peuplement est à rapprocher du peuplement des sables fins envasés à *Abra alba* ; le peuplement est enrichi avec présence non négligeable d'espèces tolérantes.
- e) La zone T (témoin) indique une richesse spécifique et une abondance faible avec des peuplements homogènes caractéristiques d'un peuplement des sables fins à moyens propres à *Ophelia borealis* ; d'après l'indice, le milieu est enrichi car les espèces des groupes I et II sont en proportion équivalente.

D'une manière générale, les peuplements rencontrés sur les différentes zones sont pauvres mais cohérents avec les conditions du milieu ; la présence de courants importants est peu propice à l'installation massive d'espèces. Les effets des immersions ont une influence faible et de courte durée sur les zones concernées en relation avec les forts courants sur les zones qui permettent un remaniement rapide des sédiments.

## 7. Conclusions

Cet article expose un retour d'expérience concernant le recours à l'indice d'évaluation de l'endofaune côtière qui permet la connaissance de la qualité biologique des sédiments pour améliorer la maîtrise de l'évaluation des risques environnementaux et le pilotage des opérations de dragage et de mise en dépôt des sédiments portuaires. La démarche est fondée sur la détection des signes de perturbation de l'écosystème par

l'analyse des peuplements vivant dans les sédiments et la réponse de ces peuplements face aux changements induits par l'immersion des produits de dragage pour caractériser les conditions du milieu et estimer d'éventuels impacts sur ce benthos.

La méthode d'évaluation est quantitative et se fonde sur les groupes écologiques composés d'espèces de polluosensibilité différente considérées comme des indicateurs biologiques.

Les résultats de la caractérisation biotique favorise une démarche anticipative d'expertise des effets biologiques potentiels sur le milieu marin.

Cette orientation rend plus transparent le processus d'évaluation environnementale, favorise la légitimité de l'immersion des sédiments, ou permet d'étudier en connaissance de cause des solutions alternatives afin de préserver les écosystèmes aquatiques qui constituent un véritable enjeu de développement durable.

Les deux méthodes permettent d'évaluer et de corrélérer la quantité du benthos: en effet l'utilisation de la méthode écotoxicité a permis d'estimer le risque prévisible de la dégradation du milieu naturel et donne une réponse globale à la pollution (risque ou pas risque), d'autre part la réalisation des tests physico-chimiques permet de justifier l'écotoxicité et l'incidence potentielle sur le milieu naturel. L'utilisation de l'approche physico-chimique nécessite de nombreuses substances à mesurer par prélèvement, cette approche est plus couteuse que la détermination de l'écotoxicité. Afin d'évaluer le risque environnemental le couplage des deux méthodes permet de fiabiliser l'approche scientifique sur l'évaluation des risques de dégradation du milieu naturel.

Les résultats de ce travail annoncent également des perspectives de recherche complémentaires dont nous proposons un axe prioritaire basé sur la bioaccumulation des contaminants dans les tissus de la matière vivante afin d'évaluer dans l'environnement de la zone d'immersion l'influence des mises en dépôt répétitives et d'évaluer les atteintes potentielles du milieu marin et le risque sanitaire induit.

## **8. Références**

ALZIEU C. (1999). *Dragages et environnement marin. Etat des connaissances : comportement des polluants*. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, 223 p.

GRALL J., QUINIOU F., GLEMAREC M. (2003). *Bioévaluation de la qualité environnementale des milieux portuaires*. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, 247 p.

GLEMAREC M. (2003). *Les indices biotiques en milieu sédimentaire*. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, 247 p.

IN VIVO (2006). *Rapport d'évaluation de l'endofaune côtière sur les zones d'immersion du Port Autonome de Dunkerque*.

OSPAR (1998). *Lignes directrices sur la gestion des matériaux de dragage*. MMC 98/8/5- F Ospar Commission, London 40 p.