

**IFREMER, Direction des Opérations**  
**Laboratoire Environnement Ressources Finistère-Bretagne Nord**  
**Station de Dinard**  
**Centre de Recherche et d'Etudes des Systèmes COTiers (CRESCO)**

Nicolas Desroy (Ifremer LER Finistère-Bretagne Nord)  
Dominique Soudant (Ifremer Dyneco Vigies)  
Isabelle Auby (Ifremer LER Arcachon)  
Anne-Laure Barillé (Biolittoral)  
Hugues Blanchet (Université de Bordeaux I, Station biologique  
d'Arcachon)  
Franck Gentil (Université de Paris VI - CNRS, Station Biologique  
de Roscoff)  
Christian Hily (Université de Bretagne Occidentale - CNRS, IUEM)  
Hélène Oger-Jeanneret (Ifremer LER Morbihan-Pays de Loire)  
Pierre-Guy Sauriau (Centre National de la Recherche Scientifique,  
Université de la Rochelle)

RST.LER/FBN-10-011-DN

## Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : état écologique des masses d'eau - Année 2007

> Façade Atlantique

Juin 2010



## Fiche documentaire

<b>Numéro d'identification du rapport :</b> <b>Diffusion :</b> libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/> <b>Validé par :</b> Adresse électronique :	<b>date de publication :</b> Juin 2010 <b>nombre de pages :</b> pp. + annexes <b>bibliographie :</b> oui <b>illustration(s) :</b> oui <b>langue du rapport :</b> français
<b>Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) :</b> Etat écologique des masses d'eau - Année 2007. Façade Manche	
Contrat n° Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Auteur(s) principal(aux) :</b> Desroy Nicolas	<b>PDG / DOP / LER / FBN-Dinard</b>
<b>Cadre de la recherche :</b> Soutien à la Directive Cadre Eau	
<b>Destinataires :</b> Agences de l'eau Bretagne-Pays de Loire et Adour-Garonne, Rebent, ONEMA, MEEDDM	
<b>Résumé</b> Ce rapport présente l'évaluation écologique des masses d'eau côtières de la façade Atlantique, selon le critère « Invertébrés benthiques de substrats meubles » à partir des prélèvements réalisés en 2007.	
<b>Abstract</b> This report deals with the valuation of the ecological status of Atlantic coastal water bodies defined from samples collected in 2007, according the benthic invertebrate parameter.	
<b>Mots-clés</b> Directive Cadre Eau, Benthos, Réseau de surveillance, océan Atlantique	
<b>Words keys</b> European Water Framework Directive, Benthos, Monitoring Network, Atlantic ocean	



## **Sommaire**

**A- Rappel des attendus relatifs aux éléments de qualité biologiques pour la DCE**

**B- Invertébrés benthiques**

*1- Objectifs de l'étude*

- a- Grille d'échantillonnage
- b- Stratégie générale
- c- Prélèvements et analyses biologiques

*2- Méthode de qualification biologique des masses d'eau côtières*

*3-Résultats*

- a- Station
- b- Masse d'eau

*4-Bibliographie*

**ANNEXE 1**

## **A- Rappel des attendus relatifs aux éléments de qualité biologiques pour la DCE**

L'application de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) nécessite la mise en place, au sein du programme de surveillance, d'un contrôle de surveillance pour évaluer l'état écologique des masses d'eau côtières (MEC) et de transitions (MET) avec comme objectif l'atteinte du bon état en 2015. L'ensemble des eaux côtières, dont la limite extérieure s'établit à 1 mille nautique de la ligne de base, et des eaux de transitions, correspondant aux eaux de surface situées près des embouchures des rivières, fleuves et eaux partiellement salines mais influencées par des apports d'eaux douces, a fait l'objet d'un découpage en masses d'eau. Celles-ci ont été définies en fonction de leurs caractéristiques physiques ainsi que des pressions qui s'y exercent.

L'article 1.1.4 de l'annexe V de la DCE précise les éléments biologiques qui participent à l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau côtières. Ces derniers se réfèrent à la composition, abondance et biomasse du phytoplancton, à la composition et abondance de la flore aquatique (autre que le phytoplancton) et à la composition et abondance des invertébrés benthiques.

Dans le cadre du contrôle de surveillance, les éléments de qualité biologiques doivent obligatoirement prendre en considération la végétation benthique (macroalgues et angiospermes comme *Zostera marina* et *Z. noltii*), ainsi que les macroinvertébrés benthiques. Ce rapport présente, pour **les masses d'eau côtières de la façade Atlantique**, les résultats relatifs à l'élément de qualité biologique **« invertébrés benthiques »**.

## **B- Invertébrés benthiques**

### ***1- Objectifs de l'étude***

L'étude porte sur le suivi des invertébrés benthiques des masses d'eau côtières de la façade Atlantique et l'évaluation de leur qualité biologique. Les macroinvertébrés benthiques constituent en effet d'excellents intégrateurs et indicateurs de l'état général du milieu et peuvent permettre notamment, grâce à certains organismes sensibles, d'identifier et de quantifier les pressions d'origine anthropique qui s'exercent sur ces masses d'eau. Les métriques de l'élément de qualité "invertébrés benthiques", qui permettent de définir l'état écologique sont :

- le niveau de diversité et d'abondance des taxa ;
- tous les taxa sensibles aux perturbations.

### **a- Grille d'échantillonnage**

Dans le cadre du contrôle de surveillance, le suivi des communautés benthiques des masses d'eau côtière doit être effectué une fois tous les trois ans (soit deux fois pour chaque plan de gestion de 6 ans). Des campagnes d'échantillonnage exploratoire ont été réalisées au printemps ou à l'automne 2006 afin de disposer de données conformes et récentes pour définir le réseau de surveillance des invertébrés benthiques. Le protocole technique d'échantillonnage a été défini conformément aux critères imposés par la Directive Cadre sur l'Eau et les paramètres à acquérir ont été définis pour faciliter la bancarisation à l'aide de la future base Quadrige<sup>2</sup>.

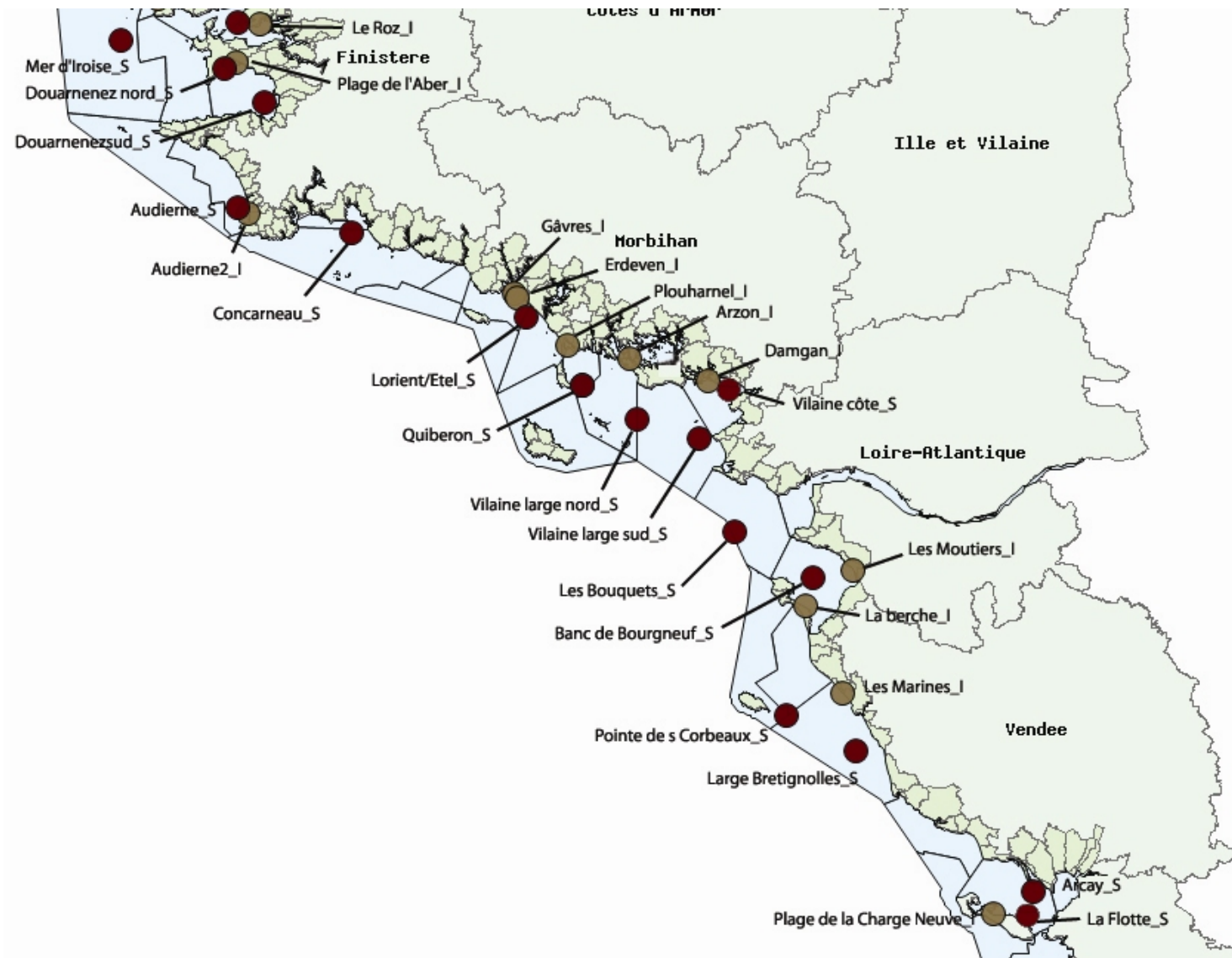
L'idée centrale du contrôle de surveillance 2007 était d'échantillonner simultanément la totalité des 42 stations identifiées au sein des masses d'eau côtières afin d'obtenir une image globale et synchronisée de l'état écologique de l'ensemble des masses d'eau. En chacune des stations a été renseignée une fiche de métadonnées.

### **b- Stratégie générale**

Les pratiques et connaissances en matière de surveillance des macroinvertébrés sont plus avancées et mieux standardisées en milieu meuble qu'en milieu rocheux. Le contrôle de surveillance 2007 sur l'élément de qualité biologique des invertébrés benthiques porte donc prioritairement sur les fonds meubles. Compte tenu de la variabilité du milieu intertidal, et conformément aux recommandations du Groupe d'Intercalibration Géographique Nord-Est Atlantique (GIG NEA), les points de surveillance ont été préférentiellement positionnés en milieu subtidal. La zone intertidale mérite toutefois d'être suivie si elle est bien représentée dans la masse d'eau (>30% de la surface) ou lorsque l'échantillonnage du milieu subtidal est difficile (limitation de l'accès, houle, type de substrat...). Au sein des substrats meubles, la priorité est donnée aux sédiments fins (vases, sables vaseux, sables fins et éventuellement sables moyens).

La figure 1 présente, par district hydrographique, la localisation des 42 stations retenues dans le cadre du contrôle de surveillance 2007 : elles sont au nombre de 23 en domaine subtidal, et 19 en domaine intertidal. L'échantillonnage de ces stations a été pris en charge par différents partenaires, en fonction de leur localisation géographique (Tableau 1).

L'ensemble des échantillons prélevés a été traité.





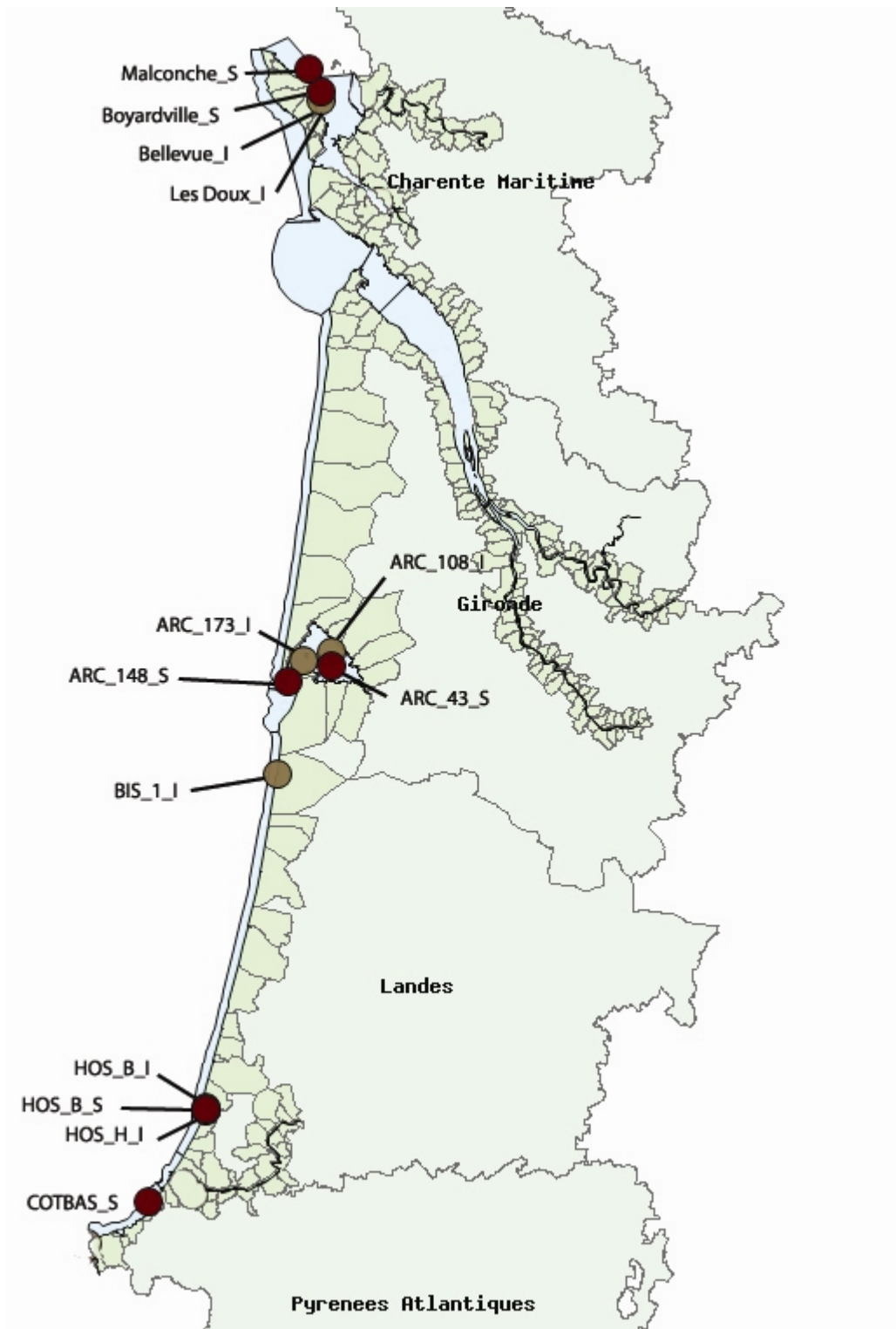


Figure 1 : Localisation des stations échantillonnées dans le cadre du contrôle de surveillance (rouge : stations subtidales, marron : stations intertidales).

**Tableau 1 : Répartition des stations entre les différents partenaires intervenant sur la façade Atlantique et caractéristique de l'échantillonnage.**

Partenaires	Stations		Date d'échantillonnage	Engin	Nombre de répliqués (faune)
	Domaine intertidal	Domaine Subtidal			
Institut Universitaire Européen de la Mer (Université de Bretagne Occidentale - CNRS)	Le Roz_I Plage de l'Aber_I Audierne2_I Gâvres_I Erdeven_I Plouharnel_I Arzon_I Damgan_I		Printemps 2007	Carottier cylindrique (0,03m <sup>2</sup> )	9
Station Biologique de Roscoff (Université Pierre et Marie Curie - CNRS)		Mer d'Iroise_S Rade de Brest_S Douarnenez nord_S Douarnenez sud_S Audierne_S Concarneau_S Lorient/Etel_S Quiberon_S Vilaine large nord_S Vilaine large sud_S Vilaine côte_S	Printemps 2007	Benne Smith MacIntyre (0,1m <sup>2</sup> )	9
Biolittoral	Les Marines_I Les Moutiers_I La Berche_I		Printemps 2007	Carottier cylindrique (0,05m <sup>2</sup> )	5 (chaque répliquat est un pool de 4 carottes de 0,012m <sup>2</sup> )
		Large Bretignolles_S Bourgneuf_S Pointe des corbeaux_S Les Bouquets_S	Printemps 2007	Benne Smith MacIntyre (0,1m <sup>2</sup> )	5 (3 pour Large Bretignolles et Pointe des Corbeaux)
CNRS - Université de la Rochelle	Bellevue_I Les Doux_I Plage de la Charge Neuve_I		Printemps 2007	Quadrat (0,1m <sup>2</sup> )	5
		Boyardville_S La Flotte_S Arcay_S Malconche_S	Printemps 2007	Benne Van Veen (0,1m <sup>2</sup> )	5
Station Biologique d'Arcachon (Université de Bordeaux I)	ARC_108_I ARC_173_I BIS_1_I HOS_B_I HOS_H_I		Printemps 2007	Carottier cylindrique (0,04m <sup>2</sup> )	5 (9 pour BIS_1_I)
		ARC_148_S ARC_43_S HOS_B_S COTBAS_S	Printemps 2007	Benne Van Veen (0,1m <sup>2</sup> ) et Benne Ekman-Birge (0,0225m <sup>2</sup> - station HOS_B_S)	9 bennes Van Veen et 10 bennes Ekman-Birge

### c- Prélèvements et analyses biologiques

Les prélèvements subtidiaux ont été réalisés à l'aide d'une benne Van Veen, d'une benne Smith McIntyre (surface unitaire de 0,1 m<sup>2</sup> ou bien encore d'une benne Ekman-Birge (surface unitaire 0,025 m<sup>2</sup>), le nombre de réplicats prélevés étant indiqué dans le Tableau 1. Les prélèvements intertidaux ont été effectués à l'aide de carottiers à main ou de quadrats de surfaces unitaires diverses variant de 0,03 à 0,1 m<sup>2</sup>, avec toutefois une surface minimale échantillonnée supérieure à 0,2 m<sup>2</sup>. Dans tous les cas (stations intertidales et subtidales), un prélèvement supplémentaire a été effectué afin de déterminer la granulométrie du sédiment et d'en quantifier la teneur en matière organique par perte au feu. Les protocoles employés pour l'échantillonnage et les analyses respectent le cahier des charges techniques édité par l'IFREMER et en particulier la fiche n°10 des "Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE " (Guillaumont & Gauthier, 2005).

Les prélèvements destinés à l'analyse de la faune ont été tamisés sur une maille de 1 mm puis les refus fixés et conservés dans une solution de formaldéhyde (4 à 10%) éventuellement additionnée de Floxine ou de Rose Bengale (colorants protéiques roses). Les organismes ont ensuite été déterminés et dénombrés spécifiquement. Les noms d'espèces déterminées ont été actualisés selon le référentiel officiel international : European Register of Marine Species (Costello *et al.*, 2001 ; 2004).

## 2- Méthode de qualification biologique des masses d'eau côtière

L'indice idéal, qui résume en une valeur unique représentative d'une somme importante d'informations écologiques sur les invertébrés benthiques, doit répondre à deux conditions :

- être indépendant des facteurs externes : il doit être indépendant de la taille de l'échantillonnage, du type d'habitat, du degré d'identification taxonomique ;
- être capable de refléter les différences entre les communautés benthiques, en relation avec les facteurs de perturbation, qu'il s'agisse de la richesse spécifique, de l'équitabilité de la distribution des espèces ou du caractère sensible ou tolérant des espèces. C'est ce qui définit son pouvoir discriminant.

De nombreux indices ont été développés afin de répondre aux exigences de la Directive européenne Cadre sur l'Eau pour l'évaluation de la qualité des eaux côtières.

L'indice retenu par la France, à l'issue de sa participation au GIG NEA est le M-AMBI. Cet indice (Muxika *et al.*, 2007), version améliorée de l'indice AMBI développé par A. Borja et son équipe (*e.g.* Borja *et al.*, 2000, Borja & Muxika, 2005) et adopté par le pays Basque, repose :

- sur **la reconnaissance parmi les espèces constitutives des communautés benthiques de cinq groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes** (Tableau 2), comme proposé par Hily (1984). Cet indice AMBI est basé sur la pondération de chaque groupe écologique par une constante qui représente le niveau de perturbation auquel les espèces sont associées, selon la formule :

$$AMBI = \frac{(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)}{100}$$

avec

GI, GII, GIII, GIV et GV : proportion d'individus de chacun des groupes écologiques

**Tableau 2** : Groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes (d'après Hily, 1984)

<i>Groupe</i>	<i>Type d'espèces</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Groupes trophiques</i>
<i>I</i>	sensibles à une hypertrophisation	- largement dominantes en conditions normales - disparaissent les premières lors de l'enrichissement du milieu. - dernières à se réinstaller	- suspensivores, carnivores sélectifs, quelques dépositives tubicoles de subsurface
<i>II</i>	Indifférentes à une hypertrophisation	- espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de MO	- carnivores et nécrophages peu sélectifs
<i>III</i>	Tolérantes à une hypertrophisation	- naturellement présentes dans les vases, mais, leur prolifération étant stimulée par l'enrichissement du milieu, elles sont le signe d'un déséquilibre du système	- dépositives tubicoles de surface profitant du film superficiel de chargé de MO
<i>IV</i>	Opportunistes de second ordre	- cycle de vie court (souvent <1 an) proliférant dans les sédiments réduits	- dépositives de subsurface
<i>V</i>	Opportunistes de premier ordre	- prolifèrent dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface	- dépositives

- sur la **richesse spécifique**, ou nombre d'espèces (RS). La richesse spécifique se définit classiquement comme le nombre d'espèces recensées à une échelle d'espace déterminée.

- sur l'**indice de diversité de Shannon-Weaver** :  $H' = \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$

avec

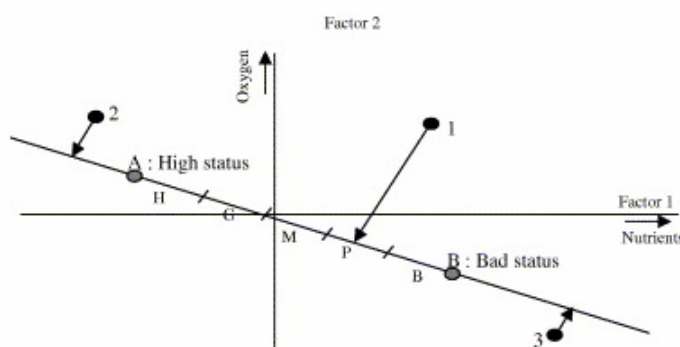
n : nombre d'espèces

$p_i$  : fréquence relative de l'espèce i dans le prélèvement

$$R = \frac{H'}{H_{\max}}, \text{ avec } H_{\max} = \log_2 n$$

La diversité ( $H'$ ), intégrant d'une part la richesse spécifique et d'autre part l'abondance relative des espèces, reflète l'équilibre dynamique de la biocénose et permet d'estimer le degré d'évolution entre les stades pionnier et mature d'une communauté. L'indice le plus couramment utilisé en écologie est celui de Shannon (1948) ; par analogie avec la théorie de l'information, ce dernier exprime la diversité d'une communauté en fonction du nombre d'espèces récoltées et du nombre d'individus de chaque espèce (Frontier & Pichot-Viale, 1991)

Ces paramètres sont calculés pour toutes les stations. Avec le jeu de données résultant, une Analyse Factorielle des Correspondances est réalisée, déterminant trois axes perpendiculaires minimisant le critère des moindres carrés (Bald *et al.*, 2005). La projection dans ce nouveau repère des deux points de référence correspondant à l'état le plus dégradé et l'état le meilleur, permet de définir un nouvel axe sur lequel est projetés l'ensemble des points des stations (Figure 2). Pour chacun d'eux est calculée la distance qui le sépare du point le plus dégradé, en considérant que le segment de droite du point le plus dégradé à celui du meilleur état, à une longueur de 1. Cette distance bornée par 0 et 1 est le M-AMBI.



**Figure 2 : Définition du statut des stations échantillonnées par projection sur l'axe factoriel défini par les conditions de référence (d'après Bald *et al.*, 2005).**

Les stations échantillonnées lors du contrôle de surveillance 2007 (Tableau 1) se réfèrent à **trois types d'environnement hydro-sédimentaires** (sables fins plus ou moins envasés subtidaux, sables fins plus ou moins envasés intertidaux, sables fins à moyens exposés) et, conséquemment, à trois conditions de référence distinctes (Tableau 3).

**Tableau 3: Conditions de référence retenues pour le calcul de la valeur de M-AMBI dans les eaux côtières.**

Environnement hydro-sédimentaire	Etat	Richesse spécifique	Diversité de Shannon-Weaver	AMBI
Sables fins plus ou moins envasés subtidaux	Très bon	58	4	1
	Très mauvais	1	0	6
Sables fins plus ou moins envasés intertidaux	Très bon	35	4	1
	Très mauvais	1	0	6
Sables (fins à moyens) exposés	Très bon	15	3,5	1
	Très mauvais	1	0	6

La grille de lecture du M-AMBI, telle qu'adoptée par la France au sein du GIG NEA, est la suivante :

Classes	[0–0,2]	]0,2–0,39]	]0,39–0,53]	]0,53–0,77]	]0,77–1]
Etat écologique	Très mauvais	Mauvais	Moyen	Bon	Très bon

Les résultats étant susceptibles de différer légèrement en fonction du jeu de données utilisé du fait de l'intégration d'une analyse factorielle des correspondances dans le calcul de l'indicateur, le calcul du M-AMBI sera effectué par façades : Manche d'une part et Atlantique d'autre part. La valeur du M-AMBI retenue pour une masse d'eau donnée correspond à celle observée à la station échantillonnée dans cette masse d'eau lorsqu'elle est unique ou à la **moyenne** des valeurs relatives aux différentes stations lorsqu'il y en a plusieurs.

### **3- Résultats**

#### **a- Station**

Le tableau 4 et l'annexe 1 regroupent l'ensemble des résultats acquis aux différentes stations échantillonnées.

L'analyse des résultats met en évidence que 90,5% des stations sont dans un état très bon ou bon et que seules 9,5% des sites étudiés sont dégradés, le site le plus dégradé étant celui de la Berche (Tableau 4), qui paradoxalement abrite un herbier à zostère naine en expansion. Ce mauvais résultat peut être dû à une localisation de la station échantillonnée trop haute sur l'estran. La faune présente à cette station est en effet pauvre (2 à 5 espèces par réplicats) et dominée par le gastéropode *Hydrobia ulvae*. Un re-positionnement de cette station aux alentours du niveau de la mi-marée permettrait certainement d'obtenir une évaluation plus exacte de la qualité du site.

#### **b- Masse d'eau**

La synthèse des résultats par station à l'échelle de chaque masse d'eau (moyenne des valeurs si plus d'une station) est visualisée sous forme cartographique à l'aide de la figure 3 et du tableau 5 qui en présente les valeurs.

L'agrégation des résultats pour chaque masse d'eau amène à considérer qu'une seule masse d'eau est dégradée : la masse d'eau FRFC08 – « Côte Landaise » (Figure 3 et Tableau 5). L'état de cette dernière est en effet qualifié de moyen, les autres masses d'eau se référant toutes à des états bon ou très bon. Si la valeur finale de M-AMBI caractérisant cette masse d'eau « Côte Landaise » correspond à un état moyen, elle est néanmoins proche de la limite entre état moyen et bon état (qui se situe à 0,53). L'interprétation de ce résultat devra se faire à la lumière des niveaux de confiance et de précision en cours de définition. Néanmoins, il semble que le suivi « invertébrés benthiques » ne soit pas pertinent au sein de cette masse d'eau, qui est préservée des perturbations d'origine anthropique. Le caractère paucispécifique de ce secteur est toute à fait naturel et s'explique par les mouvements sédimentaires très importants dans ce secteur (présence de dunes hydrauliques très mobiles). Une proposition est donc faite d'abandonner le contrôle de surveillance de cette masse d'eau côtière ou de la considérer comme « unique » et lui définir des conditions de références spécifiques intégrant la rigueur des conditions environnementales.

**Tableau 4: Valeurs de l'indice M-AMBI et état biologique observés aux différents sites échantillonnés en Atlantique, selon l'indicateur de qualité « invertébrés benthiques » et synthèse à l'échelle des masses d'eau concernées. 1 = Très bon état, 2 = bon état, 3 = état moyen, 4 = état dégradé et 5 = très mauvais état. S = subtidal, I = intertidal. Une séparation a été faite par district hydrographique. Les valeurs supérieures à 1 doivent être ramenées à 1.**

Bretagne	MEC	Site	M_AMBI	Etat écologique
	FRGC18	Mer d'Iroise_S	0,81	1
	FRGC16	Le Roz_I	0,87	1
	FRGC16	Rade de Brest_S	1,11	1
	FRGC20	Douarnenez nord_S	0,91	1
	FRGC20	Douarnenez sud_S	0,91	1
	FRGC20	Plage de l'Aber_I	1,15	1
	FRGC26	Audierne2_I	0,74	2
	FRGC26	Audierne_S	1,04	1
	FRGC28	Concarneau_S	0,81	1
	FRGC34	Gâvres_I	0,69	2
	FRGC34	Erdeven_I	1,10	1
	FRGC35	Lorient/Etel_S	0,97	1
	FRGC36	Quiberon_S	1,21	1
	FRGC36	Plouharnel_I	1,36	1
	FRGC39	Arzon_I	0,85	1
	FRGC45	Vilaine large nord_S	1,04	1
	FRGC45	Vilaine large sud_S	0,77	1
	FRGC45	Damgan_I	0,83	1

Pays de Loire	MEC	Site	M_AMBI	Etat écologique
	FRGC44	Vilaine côte_S	1,02	1
	FRGC46	Les Bouquets_S	0,67	2
	FRGC48	La berche_I	0,31	4
	FRGC48	Les Moutiers_I	0,60	2
	FRGC48	Banc de Bourgneuf_S	1,06	1
	FRGC47	Pointe des corbeaux_S	0,81	1
	FRGC50	Large Bretignolles_S	0,78	1
	FRGC50	Les Marines_I	0,70	2
	FRGC53	Plage de la Charge Neuve_I	0,47	3
	FRGC53	La Flotte_S	0,97	1
	FRGC53	Arcay_S	0,86	1

Adour Garonne	MEC	Site	M_AMBI	Etat écologique
	FRFC01	Malconche_S	1,03	1
	FRFC02	Bellevue_I	0,49	3
	FRFC02	Les Doux_I	0,54	2
	FRFC02	Boyardville_S	0,80	1
	FRFC07	ARC_148_S	0,95	1
	FRFC06	ARC_108_I	0,71	2
	FRFC06	ARC_173_I	0,92	1
	FRFC06	ARC_43_S	0,85	1
	FRFC08	BIS_1_I	0,52	3
	FRFC09	HOS_B_I	0,56	2
	FRFC09	HOS_B_S	0,78	1
	FRFC09	HOS_H_I	0,69	2
	FRFC11	COTBAS_S	1,21	1

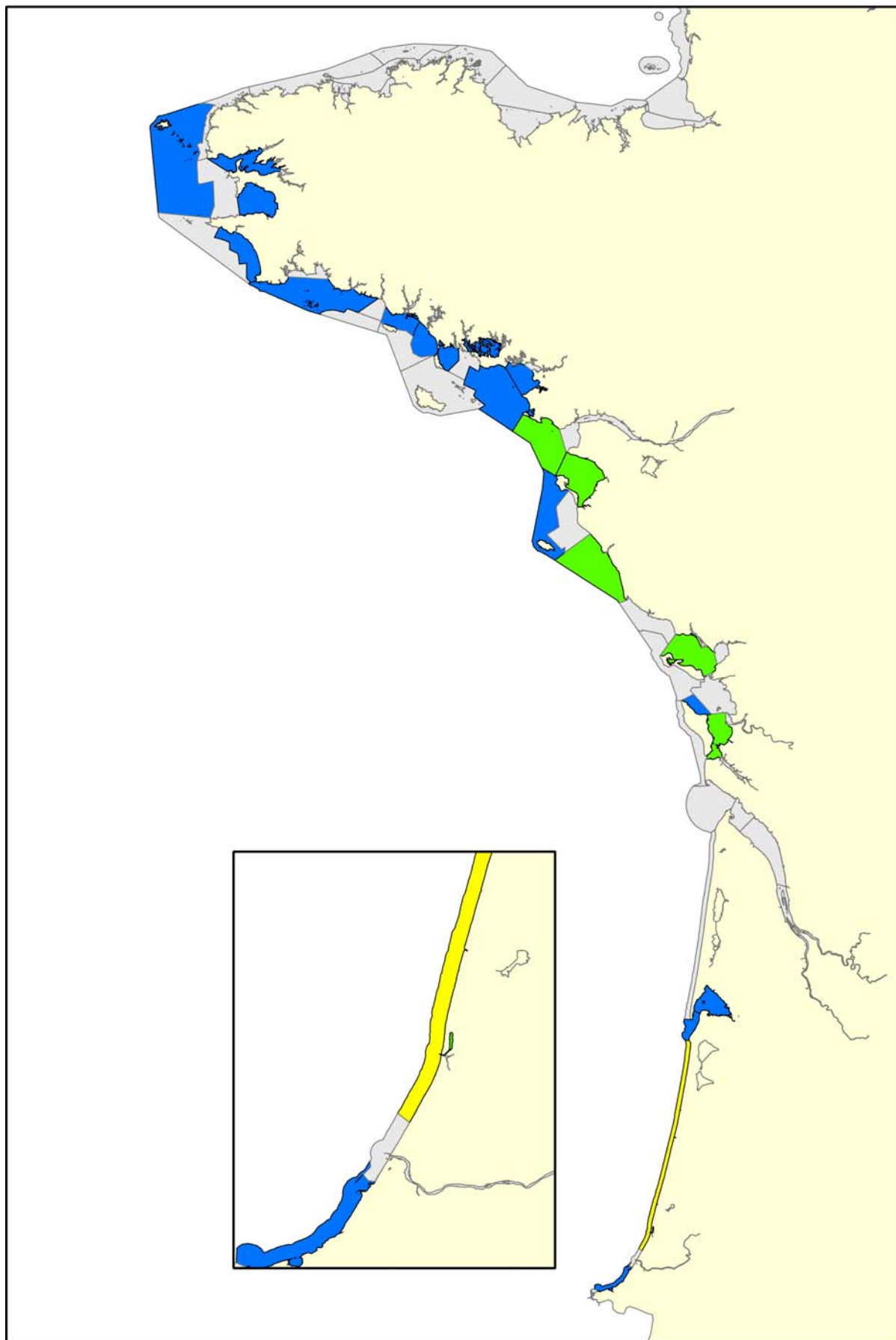


Figure 3 : Etat biologique des masses d'eau côtières selon le paramètre « invertébrés benthiques ».



**Tableau 5: Valeurs de l'indice M-AMBI et état biologique observés à l'échelle de la masse d'eau en Atlantique, selon l'élément de qualité « invertébrés benthiques » et synthèse à l'échelle des masses d'eau concernées. 1 = Très bon état, 2 = bon état, 3 = état moyen, 4 = état dégradé et 5 = très mauvais état. S = subtidal, I = intertidal. Les valeurs supérieures à 1 doivent être ramenées à 1.**

MEC	Libellé de la masse d'eau	M_AMBI moyen	Etat écologique
FRGC18	Iroise (large)	0,81	1
FRGC16	Rade de Brest	0,99	1
FRGC20	Baie de Douarnenez	0,99	1
FRGC26	Baie d'Audierne	0,89	1
FRGC28	Concarneau (large)	0,81	1
FRGC34	Lorient - Groix	0,90	1
FRGC35	Baie d'Étel	0,97	1
FRGC36	Baie de Quiberon	1,28	1
FRGC39	Golfe du Morbihan	0,85	1
FRGC45	Baie de Vilaine (large)	0,88	1
FRGC44	Baie de Vilaine (côte)	1,02	1
FRGC46	Loire (large)	0,67	2
FRGC48	Baie de Bourgneuf	0,66	2
FRGC47	Ile d'Yeu	0,81	1
FRGC50	Nord Sables-d'Olonne	0,74	2
FRGC53	Pertuis Breton	0,77	2
FRFC01	Côte Nord-Est de l'Île d'Oléron	1,03	1
FRFC02	Pertuis Charentais	0,61	2
FRFC07	Arcachon aval	0,95	1
FRFC06	Arcachon amont	0,83	1
FRFC08	Côte Landaise	0,52	3
FRFC09	Lac d'Hossegor	0,67	2
FRFC11	Côte Basque	1,21	1

#### **4- Bibliographie**

- Bald, J., Borja, A., Muxika, I., Franco, J. & Valencia, V., 2005. Assessing reference conditions and physico-chemical status according to the European Water Framework Directive: A case-study from the Basque Country (Northern Spain). *Marine Pollution Bulletin*, **50**, 1508-1522.
- Borja, A., Franco, J. & Pérez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, **40**(12), 1100-1114.
- Borja, A. & Muxika, I., 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's marine biotic index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin*, **50**, 787-789.
- Costello, M.J., Emblow, C.S. & White, R.e., 2004. European Register of Marine Species. Available online at <http://www.marbef.org/data/erms.php>.
- Costello, M.J., Emblow, C.S. & White, R.J., 2001. *European Register of Marine Species : a check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification*. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle.
- Frontier, S. & Pichod-Viale, D., 1991. *Ecosystèmes : structure, fonctionnement et évolution*. Paris: Masson.
- Guillaumont, B. & Gauthier, E., 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE - Recommandations concernant le benthos marin. (ed. Ifremer), Brest.
- Hily, C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, Université de Bretagne Occidentale, Brest: pp. Vol. 1 : 359 & Vol. 352 : 337.
- Muxika, I., Borja, A. & Bald, J., 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, **55**, 16-29.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, **27**, 379-423.

## ANNEXE 1 (

Valeurs de l'AMBI, de la diversité de Shannon-Weaver et de la richesse spécifique observées  
aux différentes stations échantillonnées

Sables fins plus ou moins envasés subtidaux			
	AMBI	H'	RS
ARC_43_S	2,24	4,20	42
Arcay_S	1,27	3,84	25
Banc de Bourgneuf_S	2,12	4,87	88
Boyardville_S	2,40	3,46	50
Concarneau_S	1,76	3,20	43
Douarnenez nord_S	1,71	3,97	51
Douarnenez sud_S	2,05	4,36	50
HOS_B_S	1,76	3,07	35
La Flotte_S	1,43	3,78	69
Large Bretignolles_S	1,63	3,11	31
Les Bouquets_S	2,13	3,07	11
Lorient Etel_S	1,52	4,69	45
Malconche_S	1,50	4,70	64
Mer d'Iroise_S	1,97	3,62	36
Pointe des corbeaux_S	1,92	3,27	44
Quiberon_S	0,95	4,87	100
Rade de Brest_S	2,29	4,93	108
Vilaine côte_S	1,70	4,92	59
Vilaine large nord_S	1,21	4,55	62
Vilaine large sud_S	1,56	3,06	28

Sables fins plus ou moins envasés intertidaux			
	AMBI	Diversité	Richesse
ARC_108_I	3,46	3,19	35
ARC_173_I	3,47	4,03	59
Arzon_I	0,30	2,42	25
Damgan_I	1,86	2,76	40
Gâvres_I	2,85	1,66	50
HOS_B_I	2,89	1,56	27
HOS_H_I	3,93	2,49	51
La berche_I	3,00	0,35	5
Le Roz_I	2,55	4,17	33
Les Doux_I	2,98	1,20	32
Les Moutiers_I	1,80	2,21	6
Plage de la Charge Neuve_I	3,00	1,11	20

Sables fins exposés			
	AMBI	Diversité	Richesse
ARC_148_S	1,01	2,97	15
Audierne_S	1,21	3,55	20
Audierne2_I	0,07	0,58	9
Bellevue_I	2,96	0,83	10
BIS_1_I	2,51	1,21	6
COTBAS_S	0,60	2,13	41
Erdeven_I	1,16	3,88	22
Les Marines_I	0,01	0,32	7
Plage de l'Aber_I	1,09	3,79	26
Plouharnel_I	1,19	4,43	40