

Structure et distribution des peuplements benthiques intertidaux dans un estuaire d'Afrique du Nord : l'estuaire du Bou Regreg

Structure and distribution of the intertidal benthic communities in a North African Estuary: The Bou Regreg Estuary

Essediya Cherkaoui *¹, Abdellatif Bayed **

* Université Mohammed V... Agdal, Ecole Supérieure de Technologie, Avenue le Prince héritier Sidi Mohammed, BP 227, 11000 Salé, Maroc.

** Université Mohammed V - Agdal, Institut Scientifique, Unité d'Océanologie Biologique, Avenue Ibn Batouta, BP 703, Agdal, 10106 Rabat, Maroc.
1. Correspondant : essediya.cherkaoui@yahoo.fr

Abstract

Cherkaoui Essediya, Abdellatif Bayed, 2005 [Structure and distribution of the intertidal benthic communities in a North African estuary: The Bou Regreg estuary]. *Mar. Life*, 15 (1-2) : 29-41.

Prior to the undertaking of a major development project in the Bou Regreg Estuary and Valley, it is of interest to establish a state of reference of the macrobenthos of the site. The socio-economic activities developed on its banks by the two cities of Rabat and Salé and the construction of a dam influence its ecological functioning. On the basis of multivariate analyses of the fauna, three communities have been identified, controlled mainly by sediment grain size and secondarily by hydrological factors expressed by the distance from the mouth of the Estuary. These communities are organised on a downstream-upstream gradient: (1) The *Nephtys cirrosa* community on the right Bank and the *Eurydice pulchra* community on the left Bank; (2) the *Scrobicularia plana* and *Hediste diversicolor* community, that characterizes estuarine environmental conditions, is composed of two assemblages dominated respectively by *Scrobicularia plana* and *Hediste diversicolor*; (3) the *Corophium orientale* community. On the basis of the biotic indices, the communities of this Estuary are qualified as unbalanced except at the Estuary mouth. Comparison with a known situation established 30 years ago shows the disappearance of the *Cerastoderma edule* community. The two other communities are still present with some alterations to their distribution and structure.

KEY-WORDS :

Intertidal communities, biotic indices, macrobenthos, Bou Regreg Estuary, Moroccan Coast.

Résumé

Cherkaoui Essediya, Abdellatif Bayed, 2005 Structure et distribution des peuplements benthiques intertidaux dans un estuaire d'Afrique du Nord : l'estuaire du Bou Regreg. *Mar. Life*, 15 (1-2) : 29-41.

Avant la réalisation d'un grand programme d'aménagement qui intéressera l'estuaire et l'ensemble de la vallée de l'Oued Bou Regreg, il est très utile de définir un état de référence de ce site. Les activités socio-économiques développées sur ses rives par les deux grandes villes de Rabat et Salé et la construction d'un barrage influencent son fonctionnement écologique. Les analyses multivariées de la faune ont permis d'identifier trois peuplements qui sont contrôlés principalement par les facteurs édaphiques et secondairement par l'ensemble des facteurs hydrologiques exprimés par la distance à l'embouchure. Ils se relaient sur un gradient aval...amont : (1) un peuplement marin à *Nephtys cirrosa* sur la rive droite et un peuplement à *Eurydice pulchra* sur la rive gauche ; (2) un peuplement de type estuarien qui se présente avec un faciès à *Scrobicularia plana* et un faciès à *Hediste diversicolor*; (3) un peuplement à *Corophium orientale*. Les indices biotiques qualifient les peuplements de cet estuaire de « déséquilibrés », à l'exception de l'embouchure. Une comparaison avec une situation établie il y a 30 ans montre la disparition du peuplement à *Cerastoderma edule*, alors que les deux autres se maintiennent avec quelques modifications de distribution et de structure.

MOTS CLÉS :

peuplements intertidaux, indices biotiques, macrobenthos, estuaire du Bou Regreg, côte marocaine.

Introduction

La macrofaune benthique joue un rôle primordial dans la caractérisation des écosystèmes côtiers et en constitue un bon indicateur de leur état de santé (Hily, 1984 ; Le Bris, 1988). Elle a été utilisée dans plusieurs sites soit européens comme dans l'estuaire de la Seine (Desprez, 1981), la rade de Brest (Grall, Glémarec, 1997), l'estuaire de la Gironde (Bachelet, 1981) et l'estuaire de Mondego (Marques *et al.*, 1993), soit nord-africains comme l'estuaire du Bou Regreg (Elkaïm, 1974, 1976 ; Cherkaoui *et al.*, 2003), la lagune de Smir (Chaouti *et al.*, 2001) et la lagune de Moulay Bouselham (Bazaïri *et al.*, 2003).

Sur la côte atlantique marocaine, l'oued Bou Regreg et son bassin versant constituent un milieu qui a favorisé l'implantation de populations humaines depuis très longtemps, mais le développement d'activités socio-économiques le long de son estuaire a influé sur les habitats écologiques de cet écosystème. De plus, la réalisation d'un barrage en 1974 a modifié complètement le régime hydrologique et la qualité physico-chimique des eaux de l'estuaire. Les différentes études réalisées sur ce site ont montré une tendance à la disparition progressive de la stratification haline et à la transformation de l'estuaire en bras de mer (Cherkaoui *et al.*, 2003). D'autre part, une dégradation significative de ce site est observée en rapport avec la multiplication des rejets liquides qui s'y déversent et l'absence de crues (Elkaïm, 1972, 1974, 1976 ; Gillet, 1986 ; Cheggour, 1988, 1999 ; Ezzouaq, 1990 ; RED, 1991 ; Lemine, 1993 ; ONEP, 1996). Les organismes benthiques sont également touchés puisque des contaminations métalliques et bactériologiques ont été mises en évidence chez des Polychètes (Gillet, 1987) et des Mollusques (Cheggour, 1988, 1999).

Actuellement, l'estuaire et la vallée du Bou Regreg font l'objet d'un projet d'aménagement qui vise de faire de ce site un véritable trait d'union entre les villes de Rabat et de Salé. L'objectif de cette étude est l'établissement d'un état de référence des peuplements macrozoobenthiques intertidaux de l'estuaire du Bou Regreg avant la mise en place du plan d'aménagement dont le commencement des travaux est prévu en 2005. Le présent travail dresse également un bilan des changements qui ont touché les peuplements 30 ans après la réalisation d'un barrage sur l'oued Bou Regreg non loin de l'embouchure (Elkaïm, 1974, 1976). Nous comparerons aussi nos résultats avec ceux obtenus pour la zone subtidale de cet estuaire (Cherkaoui *et al.*, 2003).

Matériel et méthodes

Caractéristiques du milieu

L'estuaire du Bou Regreg de coordonnées 34°00' N et 6°50' W est situé sur la côte atlantique du Maroc entre Rabat et Salé (**figure 1**). D'une longueur de 23 km et d'une largeur moyenne de 150 m, il présente une orientation globale perpendiculaire à la côte dans une direction SE-NW. En amont, l'estuaire présente un aspect de vallée encaissée bordée de hauts plateaux. En aval (à partir de la station N de notre plan d'échantillonnage), l'encaissement disparaît et l'estuaire traverse une plaine alluviale, appelée Oulja. Cette dernière est remplacée à quatre kilomètres de l'embouchure par les zones périurbaine et urbaine. Les parties terminales de l'estuaire sont formées par les deux plages sableuses de Rabat et de Salé protégées de l'action directe de l'océan par deux digues arquées et convergentes. La marée est semi-diurne de type mésotidal avec un marnage de 2,3-2,8 m en vives eaux et de 1,1-1,2 m en mortes eaux.

Les différentes activités qui se déroulent sur les deux rives de l'estuaire ont une influence sur la qualité physico-chimique des eaux de l'estuaire : (i) rejets des eaux usées domestiques et industrielles des deux grandes villes Rabat et Salé, (ii) exploitation de carrières en amont, (iii) rejets de déchets solides de l'unité de traitement des ordures ménagères, (iv) lâchers de la retenue du barrage et (v) effluents de la station de traitement de l'eau potable. Ces différentes influences se traduisent par l'augmentation de l'apport en sédiments terrigènes, la présence d'eaux pauvres en oxygène et par l'enrichissement des eaux de l'estuaire en matières en suspension.

A la suite de la construction d'un barrage en 1974 sur l'oued Bou Regreg à 23 km de son embouchure, le débit fluvial s'est beaucoup réduit et l'action de la marée au niveau de l'estuaire est devenue plus forte. L'habitat estuarien s'est transformé progressivement en un bras de mer subissant le marnage de façon régulière qui atteint même la base du barrage (Cheggour, 1999). La salinité montre un gradient décroissant aval-amont avec une valeur de 14 au niveau de la confluence o. Bou Regreg / o. Akrech située à 18 km de l'embouchure (Lemine, 1993), alors qu'avant la construction du barrage la salinité à ce niveau ne dépassait pas 2 (Elkaïm, 1972). En raison d'une pluviométrie déficiente (291 mm), l'année 1998 était plus sèche par rapport à la moyenne annuelle (calculée sur 25 ans) de l'ordre de 585 mm (Gillet, 1986). La salinité montre une variation de l'ordre de 1.7 (période 1992-1995) entre saison sèche et saison humide (Cheggour, 1999).

Echantillonnage de la macrofaune

Dans le but d'obtenir une image moyenne spatiale tenant compte à la fois de la répartition spatiale des sédiments intertidaux et des peuplements associés, la variabilité saisonnière a été intégrée en regroupant pour chaque station les échantillons de six campagnes bimestrielle réparties entre mars 1998 et janvier 1999. Une approche comparable a été appliquée avec succès aux peuplements subtidaux de ce même estuaire (Cherkaoui *et al.*, 2003). 12 stations intertidales sont ainsi distribuées sur les 12,5 premiers kilomètres et réparties sur la rive droite (stations A, B, C, J, M) et la rive gauche (stations D, E, F, H, I, K et N) (**figure 1**). Au niveau de chaque station, un carré de 1 m de côté est tracé et à ses quatre sommets sont délimitées quatre surfaces unitaires de 1/16 m² chacune (25 cm x 25 cm) dans lesquelles la faune est prélevée à l'aide d'une bêche plate (Menesguen, 1980 ; Bayed, 2003 ; Bazairi *et al.*, 2003). Le tamisage a été effectué sur place au moyen d'un tamis de 1 mm² de vide de maille. Le refus est fixé au formol à 8%. Au laboratoire, ce refus est trié, et la faune est isolée puis identifiée et comptée.

Mesure et analyse des facteurs du milieu

L'habitat sédimentaire a été caractérisé au niveau de chaque station de prélèvement de la faune. L'estimation de la charge organique totale a été effectuée par la méthode de la perte au feu (6 heures au four à 650°C). L'analyse granulométrique utilise 100 à 200 g de sédiment qui sont dessalés à l'eau douce puis séchés à 60°C. Les pélites sont séparées sur un tamis de 63 µm (tamisage hydraulique), puis ce sédiment est séché de nouveau et tamisé sur une série de 16 tamis Afnor (63 à 2000 µm). En tenant compte de la classification de Chassé et Glémarec (1976), nous avons identifié trois fractions : pélites ($\emptyset < 63 \mu\text{m}$), sables fins ($63 \mu\text{m} < \emptyset < 500 \mu\text{m}$) et sables grossiers et graviers ($500 \mu\text{m} < \emptyset < 2000 \mu\text{m}$) qui constituent le pôle du diagramme triangulaire de Shepard (1954). Chaque station y est représentée par les valeurs moyennes des trois fractions. Le classement du sédiment est estimé par l'indice de Trask (Trask, 1932), $S_0 = [Q_3 / Q_1]^{1/2}$ (1^{er} quartile Q_1 : abscisse dont l'ordonnée est égale à 25% du poids et 3^e quartile Q_3 : abscisse dont l'ordonnée est égale à 75% du poids du sédiment).

Au regard de chaque station intertidale et à sa proximité, des paramètres physico-chimiques (salinité, conductivité, température, pH, turbidité) sont mesurés au niveau de l'eau du chenal, à basse mer, à l'aide d'appareils de mesures spécifiques. Les chlorures et les phosphates ont été déterminés selon les méthodes

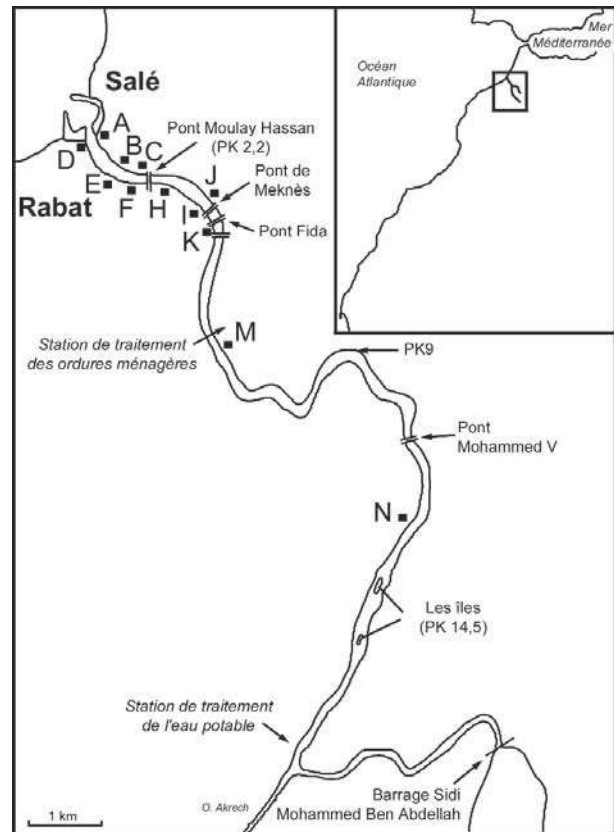


Figure 1
 Localisation géographique de l'estuaire du Bou Regreg et des stations d'échantillonnage (A à N)
Geographic localization of the Bou Regreg Estuary and sampling stations (A to N).

usuelles (Rodier, 1996) sur des échantillons d'eau ramenés au laboratoire.

Analyse des données biologiques

Les unités de peuplements macrobenthiques ont été identifiées et caractérisées à l'aide d'analyses multivariées. Dans un premier temps, une classification ascendante hiérarchique (CAH) est réalisée en utilisant la distance de Chi-2 inter-stations et en groupant les stations par la moyenne des distances pondérées (Lebart *et al.*, 1982). Sur la même matrice de données, une analyse factorielle des correspondances (AFC) (Benzecri, 1973) a été ensuite appliquée. Chaque peuplement identifié a été caractérisé par sa richesse spécifique, son abondance et l'indice FDM (produit de la fréquence et de la dominance moyenne). La structure interne de chaque peuplement a été approchée par l'indice de diversité (H') de Shannon et Wiener (Shannon, Weaver, 1963) et par l'équitabilité (J') (Pielou, 1966).

$H' = -\sum_i^S (P_i \times \log_2 P_i)$, avec $P_i = N_i/N$; H' = indice de diversité de Shannon-Wiener ; S = nombre d'espèces

contenues dans un échantillon ; P_i = dominance de l'espèce i , N_i = effectif de l'espèce i dans l'échantillon ; N = effectif total de l'échantillon.

$$J = H / \log_2(S)$$

La structure trophique des peuplements a été établie en nous basant sur les critères proposés par Hily (1984) et Dauvin (1988). Ainsi un type d'activité alimentaire est attribué à une espèce donnée en fonction de ses caractéristiques morphologiques et étho-écologiques (morphologie des organes collecteurs des aliments, modes d'utilisation de ces organes, nature et origine des aliments et position de l'animal par rapport à l'interface eau ...sédiment) (Bachelet, 1981 ; Grall, Glémarec, 1997 ; Hily, Bouteille, 1999 ; Afli, Glémarec, 2000). Les différentes catégories trophiques des espèces benthiques sont données dans le tableau I.

L'état de perturbation de ces peuplements a été approché en utilisant deux modèles : le modèle des groupes écologiques de Hily (1984), et le Coefficient Biotique de Borja *et al.* (2000). Le modèle de Hily (1984) consiste à classer les espèces en 5 groupes écologiques de pollution-sensibilité différente : (i) Groupe I (GI) - espèces sensibles ; (ii) Groupe II (GII) - espèces indifférentes à une hypertrophisation ; (iii) Groupe III (GIII) - espèces tolérantes à une hypertrophisation ; (iv) Groupe IV (GIV) - espèces opportunistes de second ordre ; (v) Groupe V (GV) - espèces opportunistes de premier ordre (**tableau IV**). Le modèle de Borja *et al.* (2000) reprend ces groupes écologiques et permet de calculer un Coefficient Biotique (BC) établi comme suit :

$$BC = [(0 \times \%GI) + (1.5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4.5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)] / 100$$

Variante de 0 à 6, ce coefficient biotique permet de définir l'Indice Biotique (IB) (**tableau II**). Chacune des espèces rencontrées est donc placée dans un groupe écologique en accord avec les données obtenues pour cette espèce par différents auteurs dans plusieurs sites européens.

Résultats

Caractéristiques sédimentaires et hydrologiques

Le taux moyen de matière organique du sédiment varie de 2,67% (station A) à 10,67% sur la rive gauche (station I) et de 3,75% (station D) à 10,25% sur la rive droite (station M) (**tableau III**). Les taux de pélites et de matière organique totale montrent la même variation de l'aval vers l'amont de l'estuaire.

Le diagramme triangulaire de Shepard (**figure 2**) permet de mettre en évidence quatre catégories sédimentaires :

Sables fins (SF) (stations A et D). Le taux de pélites γ est faible et varie peu entre 0,1% (station D) et 0,3% (station A) et les valeurs maximales de l'indice de Trask sont de 1,60 (station A) et 1,58 (station D).

Sables fins envasés (SFV) (stations B et E). Le taux moyen de pélites γ varie entre 13,7% (station B) et 24,5% (station E). Le sédiment est bien classé avec un indice de Trask compris entre 1,34 et 1,68.

Les vases sableuses (VS) (stations C, F, J, H et N). Les teneurs moyennes en pélites γ varient entre 42,4% (station C) et 63,0% (station N). La médiane granulométrique maximale varie selon les stations entre 70 μm (station H) et 130 μm (station N).

Vases pures (VV) (stations I, K et M). Le taux de pélites γ varie entre 75% (station I) et 83% (station K) et la médiane granulométrique est toujours inférieure à 63 μm .

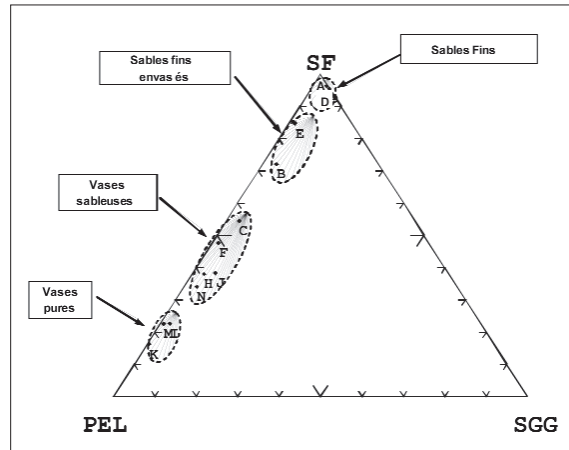
De l'embouchure de l'estuaire, au niveau de la station A, la salinité moyenne diminue en passant de 34 à 17 en amont au niveau de la station N. La conductivité moyenne varie dans le même sens, de 51 $\text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$ au niveau de la station A et 24 $\text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$ au niveau de la station N. La température moyenne de l'eau montre un gradient inverse, les courants plus faibles en amont conjugués avec une faible profondeur permettant donc un plus grand échauffement lié à l'ensoleillement. Le pH montre un léger gradient décroissant de l'aval vers l'amont passant de 8,37 à 7,46. L'oxygène dissous varie entre 6 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ et 2 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ à basse mer, les valeurs les plus faibles sont enregistrées dans la partie moyenne de l'estuaire (Cherkaoui *et al.*, 2003).

Identification des peuplements de macrofaune benthique

Sur les 40 espèces de la macrofaune identifiées dans les échantillons, 17 (43%) sont des Polychètes, 10 (25%) des Crustacés, et 9 (23%) des Mollusques. En terme d'abondance relative, ce sont les Mollusques qui prédominent avec 54%, suivis des Polychètes (23%) et des Crustacés (22%) (**tableau IV**).

La CAH met en évidence un groupe de 9 stations (IS3) alors que les stations D (IS1), A (IS2) et N (IS4) restent isolées mettant ainsi en évidence leurs fortes particularités bionomiques (**figure 3a**). Les AFC ont été menées sur les mêmes données que pour la CAH. Dans une première étape, les espèces rares, récoltées une seule fois à une station donnée, sont écartées de l'analyse. Dans l'AFC appliquée à la matrice finale, les trois

Figure 2



Positionnement moyen des stations dans le diagramme triangulaire de Shepard ; chaque point représente le barycentre du nuage de prélèvements temporels réalisés à chaque station, pélites (PEL), sables fins (SF) et sables grossiers et graviers (SGG).

Average positioning of the stations in the triangular diagram of Shepard; each point represents the barycentre of the cloud of the temporal samples taken at each station, Silty (PEL), fine sands (SF) and coarse sands and gravels (SGG).

Tableau I

Groupe trophique	Environnement	Nature de la nourriture	Etat de la nourriture	Rapport de taille
Carnivores (C)	Indifférent	Animal	Vivant	Macrophage
Nécrophage (N)	Indifférent	Animal	Mort	Macrophage
Herbivores (H)	Interface	Végétal	Vivant	Macrophage
Détritivores (Dt)	Interface	Végétal	Mort	Macrophage
Suspensivores (S)	Colonne d'eau	Mixte	Mixte	Microphage
Dépositivores de surface (Ds)	Interface	Mixte	Mixte	Microphage
Dépositivores de subsurface (L)	Sédiment	Mixte	Mixte	Microphage
Microbroueteurs (μB)	Interface	Mixte	Vivant	Microphage

Classification des différents groupes trophiques établie selon la nature, la taille et l'état de la nourriture ingérée.
Trophic groups classification based on the nature, size and state of the ingested food.

Tableau II

Etat du site	Coefficient biotique (BC)	Indice biotique (IB)	Groupes écologiques dominants	Etat de santé des peuplements
Non pollué	0,0 < BC < 0,2	0	I	Normal
Non pollué	0,2 < BC < 1,2	1		Appauvri
Légèrement pollué	1,2 < BC < 3,3	2	III	Déséquilibré
Moyennement pollué	3,3 < BC < 4,3	3		Vers une situation polluée
Moyennement pollué	4,3 < BC < 5,0	4	IV-V	Pollué
Fortement pollué	5,0 < BC < 5,5	5		Vers une situation très polluée
Fortement pollué	5,5 < BC < 6,0	6	V	Très pollué
Extrêmement pollué	Azoïque	7	Azoïque	Azoïque

Concordance entre coefficients et indices biotiques et état de santé des communautés d'après le modèle de Borja et al. (2000). / Concordance between Biotic coefficients and biotic indices and state of the communities according to the model of Borja et al. (2000).

Tableau III

Stations	Types de sédiments	Md (μm)	IT	MOT (%)
		Min. - Max.	Min. - Max.	Moy. \pm SD
A	Sable fin	180 - 210	1,34 - 1,60	02,67 \pm 0,18
D	Sable fin	130 - 190	1,31 - 1,58	03,75 \pm 0,37
B	Sable envasé	70 - 180	1,41 - 1,68	05,59 \pm 1,13
E	Sable envasé	<63 - 200	1,22 - 1,34	03,48 \pm 1,89
C	Vase sableuse	<63 - 110	—	07,44 \pm 2,11
F	Vase sableuse	<63 - 90	1,44	05,50 \pm 1,78
H	Vase sableuse	<63 - 70	—	08,68 \pm 0,69
I	Vase pure	<63	—	10,67 \pm 1,87
J	Vase sableuse	<63 - 100	—	09,37 \pm 3,37
K	Vase pure	<63	—	08,34 \pm 2,28
M	Vase pure	<63	—	10,25 \pm 1,02
N	Vase sableuse	<63 - 130	—	08,97 \pm 2,68

Quelques caractéristiques granulométriques du sédiment des stations intertidales de l'estuaire du Bou Regreg. (Md : médiane granulométrique, IT : indice de Trask, MOT : matière organique totale) avec indication des valeurs maximales (max), minimales (min), moyennes (moy) et écart type (SD).

Some granulometrical characteristics of intertidal sediment of Bou Regreg Estuary (Md: median grain size, IT: Trask Index, MOT: total organic matter) with indication of maximum (max), minimal (min), averages (moy) and standard deviation (SD) values.

Espèces	GE	Gt	A	D	B	E	C	F	H	I	J	K	M	N
Crustacés														
<i>Garcinus maenas</i>	III	C					0,15 (0,24)							
<i>Corophium acherusicum</i>	III	S		0,66 (0,75)										48,52 (20,93)
<i>Corophium orientale</i>	III	S												
<i>Eurydice spinigera</i>	I	Dt		0,12 (0,20)										
<i>Cyathura carinata</i>	III	Dt		2,53 (2,51)			1,79 (1,42)	26,22 (27,44)	4,78 (5,61)	12,33 (14,07)	5,92 (3,00)	39,30 (20,30)	4,41 (2,89)	32,76 (25,88)
<i>Eurydice pulchra</i>	I	C		0,50 (0,85)										
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	I	Dt	1,66 (0,86)											
<i>Haustorium arenarius</i>	I	S		0,16 (0,80)										
<i>Melita palmata</i>	III	Dt		0,16 (0,80)				0,30 (0,50)	0,20 (0,33)					0,03 (0,05)
<i>Uca tangeri</i>	III	C						1,08 (1,78)				0,45 (0,75)		
Nombre total d'espèces			10											
Densité totale (N/m²)			284,84											
Mollusques														
<i>Cephalopoda</i> ind.	Ind.	Ind.						1,28 (2,14)						
<i>Cerastoderma edule</i>	III	S	0,16 (0,27)		8,36 (4,62)	10,21 (4,08)	9,23 (6,24)	0,20 (0,50)	3,95 (2,64)	0,82 (1,10)		0,82 (1,10)		
<i>Donax trunculus</i>	I	S	0,16 (0,27)											
<i>Haminaea navicula</i>	I	C			0,08 (0,16)				0,90 (1,50)					
<i>Hinia reticulatus</i>	II	N			1,06 (1,76)									
<i>Hydrobia Ulvae</i>	III	µB			0,05 (0,80)					7,81 (13,02)			0,21 (0,34)	0,23 (0,37)
<i>Natica viitata</i>	II	C												
<i>Scrobicularia plana</i>	III	Ds			18,74 (18,98)	19,5 (10,25)	98,05 (17,82)	44,55 (32,80)	67,17 (12,50)	32,6 (4,69)	17,7 (8,15)	9,00 (8,80)	207,6 (35,84)	
<i>Tapes decussata</i>	III	S			0,27 (0,46)				0,60 (0,80)					
Nombre total d'espèces			9											
Densité totale (N/m²)			695,12											
Polychètes														
<i>Alkmaria romijini</i>	III	Ds						0,60 (0,99)	0,13 (0,22)	0,21 (0,35)				0,32 (0,48)
<i>Capitella capitata</i>	V	L			0,24 (0,40)	7,12 (6,12)	0,42 (0,50)		1,00 (1,67)	4,44 (7,41)				
<i>Capitellidae</i> ind.	V	L						0,30 (0,50)						
<i>Cirratulus cirratus</i>	IV	Ds			0,12 (0,20)			0,60 (0,99)						
<i>Diopatra neopolitana</i>	II	C			0,51 (0,67)									
<i>Glyceria alba</i>	II	C			0,26 (0,85)									
<i>Glyceria convoluta</i>	II	C			1,06 (1,76)	23,27 (26,72)	0,91 (0,98)	0,77 (1,03)	0,61 (0,81)	1,52 (2,53)				
<i>Hediste diversicolor</i>	III	Dt			49,5 (12,55)	2 (1,65)	29,77 (23,48)	15,69 (27,59)	67,83 (11,38)	41,91 (29,72)	38,53 (10,52)	16,45 (08,37)	41,00 (36,45)	48,94 (10,40)
<i>Mysta picta</i>	II	C					0,57 (0,79)	0,93 (1,24)			0,45 (0,75)			
<i>Nephtys cirrosa</i>	I	C	1,66 (1,12)			2,67 (4,27)								
<i>Nephtys hombergii</i>	II	C			0,20 (0,27)			0,46 (0,73)		1,11 (1,85)				
<i>Owenia lusiiformis</i>	I	Ds			1,46 (1,94)									
<i>Pectinaria koreni</i>	I	L			0,15 (0,25)									
<i>Polydora ciliata</i>	IV	Ds						0,15 (0,24)	0,52 (0,87)					0,86 (1,38)
<i>Scolecopsis mesnili</i>	I	Ds	1,83 (1,12)											
<i>Scolecopsis squamata</i>	I	Ds												
<i>Streblospio dekhuyzenii</i>	III	Ds	0,50 (0,2)	0,16 (0,27)	0,53 (0,88)		4,49 (7,07)	0,30 (0,50)	1,22 (1,82)	0,66 (1,10)				1,58 (2,55)
Nombre total d'espèces			17											
Densité totale (N/m²)			286,02											
Autres groupes														
<i>Actinia</i>	I	C			0,34 (0,56)	0,97 (1,56)			0,20 (0,33)				0,05 (0,09)	
Larves de Diptères	Ind.	C					0,42 (0,51)	1,29 (1,37)	1,42 (2,23)	2,12 (2,61)	1,81 (1,81)	2,14 (1,49)	0,55 (0,59)	
Némertes	II	C				1,95 (3,12)		0,30 (1,50)						
Plathelminthes-Nématodes	I	C					0,31 (0,49)							0,16 (0,44)
Nombre total d'espèces			4											
Densité totale (N/m²)			13,87											

Tableau IV

Richesse spécifique totale, abondance moyenne avec les écart-types et groupes trophiques des espèces dans chaque station (C : carnivores ; Ds : dépositives de surface, L : dépositives de subsurface, N : nécrophages, µB : microbrouteurs, Dt : détritatives et S : suspensives).

Total species richness, mean abundance with standard deviation and trophic groups of species in each sampling station (C: Predators, Ds: surface deposit feeders, L: subsurface deposit feeders, Dt: detrititic feeders and S: suspension feeders, N: scavengers, µB: micro-grazers).

premiers axes factoriels totalisent alors 62% de l'inertie totale. La projection simultanée des nuages de points observations (espèces) et des variables (stations) sur le plan F1xF2 (**figure 3b**) isole les mêmes groupes de stations que la CAH : IS2 (station A), IS1 (Station D), IS3 (stations B, C, E, I, J, M, F, H, K) se succèdent selon l'axe F1, tandis que l'axe F2 sépare IS4 (Station N). Du point de vue spécifique, selon l'axe F1, *Gastrosaccus spinifer* (contribution relative de 15.3%), *Nephtys cirrosa* (13.3%) et *Scolecopsis mesnili* (26.7%), dans les valeurs positives, s'opposent à *Cyathura carinata* (7%) et *Hediste diversicolor* (6%) dans les valeurs négatives de l'axe F1.

Les coefficients de corrélation de rang de Spearman, entre les coordonnées des stations aux axes factoriels F1 et F2 et les valeurs moyennes des facteurs du milieu (Bayed, 2003) pour chacune de ces stations, montrent une corrélation significative ($p < 0.05$) entre l'axe F1, d'une part, et la distance par rapport à la mer, les facteurs physico-chimiques de l'eau (conductivité, salinité, oxygène dissous, température), hydrologiques (turbidité) et édaphiques (taux de pélites, taux de sables fins, taux de sables grossiers, matière organique), d'autre part (**tableau V**).

Les ensembles de stations obtenus à la fois par la CAH et l'AFC sont cohérents et sont définis par des assemblages particuliers d'espèces. Les espèces dominantes de chaque assemblage ou peuplement sont mises en évidence à l'aide de l'indice FDM (**tableau VI**).

Composition et structure des peuplements

De l'aval vers l'amont, on peut identifier les quatre peuplements suivants :

1. Peuplement à *Eurydice pulchra* (IS1)

Situé sur du sable fin au niveau de l'embouchure sur la rive gauche de l'estuaire, il est caractérisé par une faible richesse spécifique (six espèces); la diversité H' est de 2,27 (**tableau VII**). Ce peuplement se caractérise par des espèces sabulicoles marines : *Eurydice pulchra*, *Scolecopsis squamata* et *Haustorius arenarius* et est dominé par les dépositores de surface et par les suspensivores qui totalisent 70%. Les carnivores sont bien représentés avec 25% (**tableau VIII**).

2. Peuplement à *Nephtys cirrosa* (IS2).

Il apparaît dans le même substrat que le groupe IS1, mais sur la rive droite. La richesse spécifique est également de six espèces avec un indice de diversité H' de 2,02 légèrement plus faible par rapport à IS1 (**tableau VII**). Le groupe IS2 se caractérise par des espèces sabulicoles et sténohalines comme *Donax trunculus*,

Nephtys cirrosa, et *Scolecopsis mesnili*. La structure trophique est dominée par les dépositores de surface (50%) suivis des carnivores (30%) (**tableau VIII**).

3. Peuplement à *Scrobicularia plana* ... *Hediste diversicolor*.

IS3 étant bien mis en évidence dans l'AFC, il se scinde en deux groupes (IS3a et IS3b) dans la CAH. Ces deux entités dominées par les mêmes espèces (*Scrobicularia plana* et *Hediste diversicolor*) sont deux faciès d'un même peuplement.

Faciès à *Scrobicularia plana* (IS3a).

Situé en amont des peuplements marins IS1 et IS2, il est caractérisé par une richesse spécifique maximale (31 espèces), mais la diversité H' y est plus faible (1,28) (**tableau VII**). Il y a apparition d'espèces estuariennes comme *Scrobicularia plana*, *Hediste diversicolor*, *Cyathura carinata* et *Tapes decussata* et la disparition d'espèces sabulicoles et marines qui se trouvent ici à leur limite supérieure d'extension. Ce faciès est dominé par les dépositores de surface (85%) et les détritivores (10%) (**tableau VIII**). La présence de *Capitella capitata* souligne la surcharge du milieu en matière organique.

Faciès à *Hediste diversicolor* (IS3b).

Composé de 21 espèces, ce faciès se différencie du précédent (IS3a) par la disparition de *Uca tangeri*, *Owenia fusiformis*, *Natica vittata* et *Nephtys cirrosa* et l'apparition de *Carcinus maenas*. La diversité est plus élevée que IS3a (2,28) (**tableau VII**). Les dépositores de surface et les détritivores prédominent avec plus de 80% des individus et seulement 27% en nombre d'espèces. Les microbrouleurs n'existent qu'au niveau de cette entité (**tableau VIII**).

4. Peuplement à *Corophium orientale* (IS4).

La richesse spécifique est de huit espèces (**tableau VII**). Ce peuplement localisé en amont de l'estuaire est caractérisé par l'apparition de *Corophium orientale*, espèce de dessalure et de *Polydora ciliata*. C'est un peuplement sous influence fluviale. Ici, il y a disparition de *Scrobicularia plana* et le maintien de *Hediste diversicolor* avec une diminution de sa densité. Les suspensivores et les détritivores composent la structure trophique de ce peuplement avec 50% chacun (**tableau VIII**).

Etat de santé des peuplements

Les peuplements marins (IS1 et IS2) sont caractérisés par la dominance des espèces sensibles (groupe I), tandis que les autres peuplements en amont sont presque exclusivement constitués d'espèces tolérantes

Tableau V ..Corrélation de rang de Spearman entre les axes factoriels F1 et F2 de l'AFC et les facteurs du milieu (Les valeurs des corrélations significatives à $p < 0.05$ sont écrites en gras).

Spearman rank correlation between the F1 and F2 factorial axes of the correspondence factorial analysis and the environment factors (bold values are significant, $p < 0.05$).

Facteurs du milieu	F1	F2
Distance par rapport à la mer	– 0,88	0,23
Taux moyen des pétilites	– 0,84	0,17
Taux moyen des sables fins	0,84	– 0,22
Taux moyen des sables grossiers	0,66	0,07
Taux moyen de matière organique	– 0,65	0,84
Turbidité de l'eau du chenal	0,89	– 0,98
Conductivité de l'eau du chenal	– 0,53	0,90
Température de l'eau du chenal	0,80	– 0,89
Salinité de l'eau du chenal	0,90	– 0,96
Oxygène dissous de l'eau du chenal	– 0,88	0,23

Tableau VI ...Liste des premières espèces de chaque peuplement du macrobenthos classées par ordre décroissant des valeurs de l'indice FDM. / *List of the main species of each macroinfauna community and classified by decreasing rank of the FDM index values.*

Peuplements	Espèces	FDM
IS1 (station D)	<i>Eurydice pulchra</i>	1555,63
	<i>Scolecopsis squamata</i>	1333,28
	<i>Haustorium arenarium</i>	111,13
	<i>Streblospio dekhuyzenii</i>	111,13
IS2 (station A)	<i>Nephtys cirrosa</i>	3124,88
	<i>Scolecopsis mesnili</i>	800,00
	<i>Cerastoderma edule</i>	166,70
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	166,70
	<i>Streblospio dekhuyzenii</i>	125,03
	<i>Donax trunculus</i>	41,68
	IS3a (stations B, E, F, M, K)	<i>Scobicularia plana</i>
<i>Hediste diversicolor</i>		2611,70
<i>Cyathura carinata</i>		2359,78
<i>Cerastoderma edule</i>		225,24
<i>Glycera convoluta</i>		199,36
Larves de diptères		82,66
<i>Capitella capitata</i>		45,00
IS3b (stations C, H, I, J)		<i>Hediste diversicolor</i>
	<i>Scobicularia plana</i>	2854,13
	<i>Cyathura carinata</i>	470,60
	<i>Cerastoderma edule</i>	226,67
	Larves de diptères	57,42
	<i>Streblospio dekhuyzenii</i>	50,32
	<i>Hydrobia ulvae</i>	32,55
IS4 (station N)	<i>Corophium orientale</i>	4852,31
	<i>Cyathura carinata</i>	3275,66
	<i>Hediste diversicolor</i>	1593,92
	<i>Streblospio dekhuyzenii</i>	31,65
	<i>Polydora ciliata</i>	17,27

Tableau VII ...Paramètres de structure des peuplements intertidaux de la macrofaune de l'estuaire du Bou Regreg. / *Structural parameters of the intertidal communities of the macroinfauna in Bou Regreg Estuary.*

	Peuplements				
	IS1	IS2	IS3a	IS3b	IS4
Nombre d'espèces	6	6	31	21	8
Densité (N/m ²)	10,7	18,0	1113,6	452,7	748,0
Indice de diversité H'	2,27	2,02	1,28	2,28	1,72
Equitabilité J'	0,88	0,78	0,26	0,51	0,54

Tableau VIII ...Structure trophique des différents peuplements de la macrofaune de l'estuaire du Bou Regreg exprimée en pourcentage du nombre d'individus. / *Trophic structure of the macroinfauna communities of the Bou Regreg Estuary expressed in percentage of number of individuals.*

Groupes trophiques	IS1	IS2	IS3a	IS3b	IS4
Ds	37,50	55,56	82,58	43,78	3,03
Dt	6,25	7,41	8,38	44,81	48,84
S	31,25	7,41	6,40	4,16	47,77
C	25,00	29,63	1,46	2,61	0,27
N	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00
L	0,00	0,00	0,83	0,52	0,00
μB	0,00	0,00	0,05	4,12	0,09
Groupes indéterminés	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

Tableau IX

Comparaison de l'indice biotique et du coefficient biotique et l'état des peuplements intertidaux et subtidaux de l'estuaire du Bou Regreg.

Comparison of the biotic index and biotic coefficient and the state of the intertidal and subtidal communities in Bou Regreg Estuary.

Distance de l'embouchure (km)	Zone intertidale				Zone subtidale			
	BC	IB	Etat du peuplement	Etat du milieu	BC	IB	Etat du peuplement	Etat du milieu
0	0,80	1	Appauvri	Non pollué	0,26	1	Appauvri	Non pollué
1	2,81	2	Déséquilibré	Légèrement pollué	0,76	1	Appauvri	Non pollué
2	2,90	2	Déséquilibré	Légèrement pollué	2,85	2	Déséquilibré	Légèrement pollué
2,2	2,96	2	Déséquilibré	Légèrement pollué	2,96	2	Déséquilibré	Légèrement pollué
3	3,00	2	Déséquilibré	Légèrement pollué	2,89	2	Déséquilibré	Légèrement pollué
4	2,92	2	Déséquilibré	Légèrement pollué	2,99	2	Déséquilibré	Légèrement pollué
7	2,98	2	Déséquilibré	Légèrement pollué	3,00	2	Déséquilibré	Légèrement pollué
12,5	3,02	2	Déséquilibré	Légèrement pollué	2,99	2	Déséquilibré	Légèrement pollué

Figure 3

Analyses multivariées appliquées à la macrofaune benthique de l'estuaire du Bou Regreg ; (a) Classification Ascendante Hiérarchique ; (b) Plan factoriel F1xF2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances (Carrés=station ; points=espèces).

(Gs : *Gastrossaccus spinifer*, Nc : *Nephtys cirrosa*, Sm : *Scolelepis mesnili*, Ss : *Scolelepis squamata*, Hd : *Hediste diversicolor*, Co : *Corophium orientale*, Sp : *Scrobicularia plana*, Nh : *Nephtys hombergii*).

Multivariate analyses applied to the benthic macrofauna of the Bou Regreg Estuary, (a) Hierarchical Ascending Classification, (b) Factorial plan F1xF2 of the Correspondences Factorial Analysis (Squares=stations; points=species).

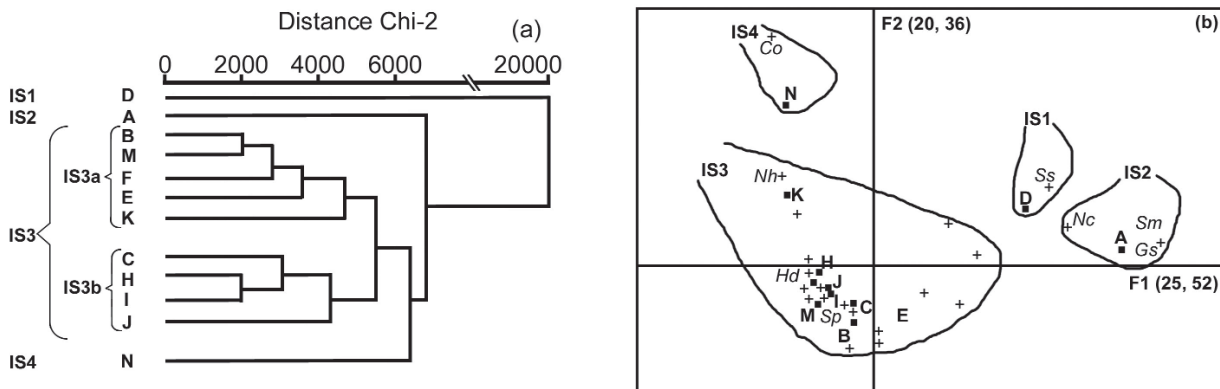
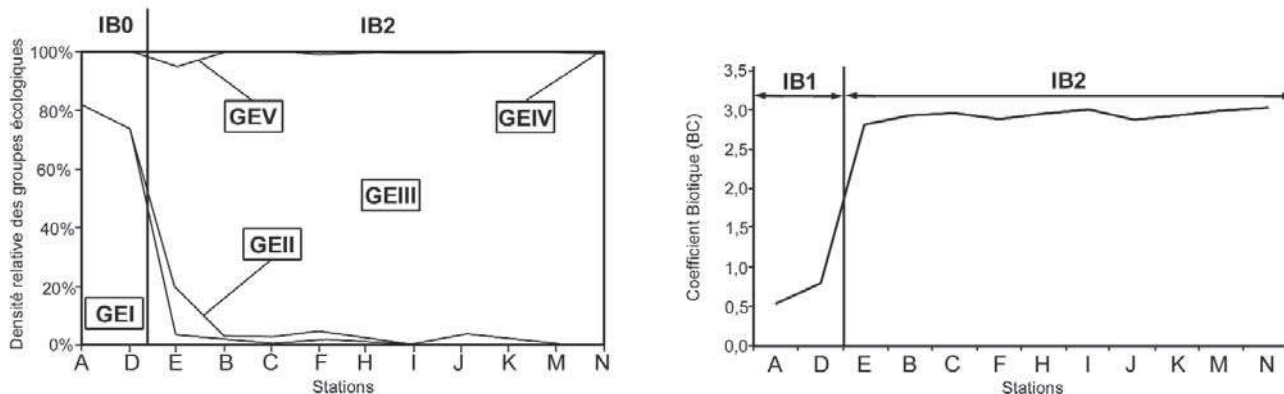


Figure 4

Modèles de bio-évaluation des structures benthiques ; pour chaque station, sont représentés les pourcentages respectifs des cinq groupes écologiques (I, II, III, IV, V) et des indices biotiques suivant les modèles de Hily (a) et de Borja *et al.* (b).

Bio-evaluation models of the benthic assemblages per station percentages of the five ecological groups (I, II, III, IV, V) and biotic index (IB) according to the models of Hily (a) and Model of Borja *et al.* (2000) (b).



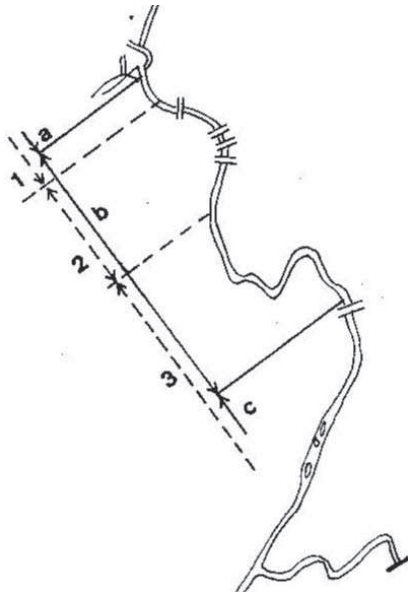


Figure 5

Comparaison de la distribution des peuplements intertidaux et subtidaux de l'estuaire du Bou Regreg (a, b et c = secteurs occupés par les peuplements intertidaux ; 1, 2 et 3 = secteurs occupés par les peuplements subtidaux).

Comparison of the distribution of the intertidal and subtidal communities in Bou Regreg Estuary (a, b and c = areas occupied by intertidal communities; 1, 2 and 3 = areas occupied by subtidal communities).

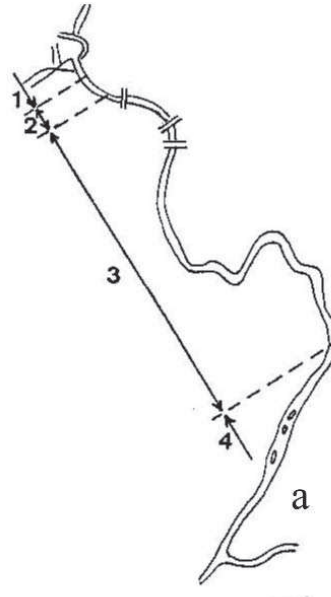
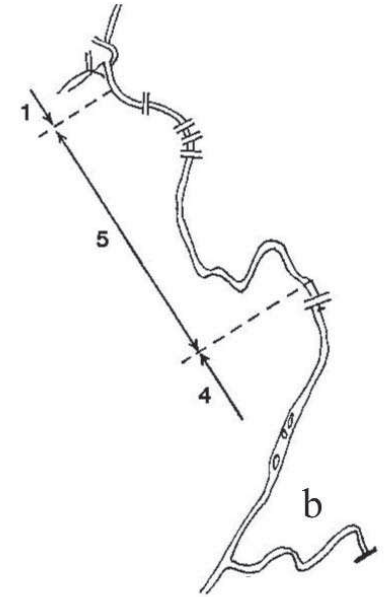


Figure 6

Comparaison de la distribution des peuplements intertidaux de l'estuaire du Bou Regreg pour les périodes avant (a) et après (b) la construction d'un barrage en 1974 ; 1=peuplements marins, 2=peuplement à *Cerastoderma edule*, 3=peuplement à *Scrobicularia plana*, 4=peuplement à *Corophium orientale*, 5=assemblage à *Scrobicularia plana*...*Hediste diversicolor*.

Comparison of the intertidal communities before (a) and after (b) the dam construction on Oued Bou Regreg in 1974; 1=marine communities, 2=Cerastoderma edule community, 3=Scrobicularia plana community, 4=Corophium orientale community, 5=assemblage of Scrobicularia plana...Hediste diversicolor.



du groupe III (**figure 4a**). Les indices biotiques (IB) calculés varient entre 0 et 2 suivant le modèle de Hily (1984), Grall, Glémarec (1997) et entre 1 et 2 suivant le modèle de Borja *et al.* (2000). Ces indices sont donc concordants. Selon le modèle de Borja *et al.* (2000) (**tableau II**), les peuplements se trouvent dans un état appauvri au niveau de l'embouchure et déséquilibré sur le reste de l'estuaire, tandis que le site est qualifié de non pollué à l'embouchure et légèrement pollué ailleurs (**figure 4b**).

Discussion

Situation actuelle

L'analyse hydrologique de l'estuaire montre que la stratification haline observée avant la construction du barrage (Elkaïm, 1972) n'existe plus maintenant (Cherkaoui *et al.*, 2003). L'estuaire est devenu relativement homogène avec une migration du front halin vers l'amont, la salinité étant passée de 2 (Elkaïm, 1974) à 14 au niveau de la confluence avec l'Oued Akreuch

(Cherkaoui *et al.*, 2003). Les trois peuplements de la macrofaune qui s'individualisent de l'aval vers l'amont sont définis à la fois par l'habitat sédimentaire et les caractéristiques hydrologiques. La différenciation entre le peuplement de l'embouchure sur sable et les deux peuplements situés en amont installés sur des sables vaseux ou vases paraît être sous l'action des facteurs édaphiques, mais les gradients hydrologiques longitudinaux (surtout salinité) permettent de séparer entre un peuplement de dessalure et un peuplement installé dans la partie médiane de l'estuaire. Les peuplements de l'embouchure (IS1 et IS2) sont véritablement marins et sont caractérisés par des espèces sabulicoles. Ces peuplements peuvent être identifiés à ceux des plages sableuses de l'Atlantique marocain (Bayed, 2003) et témoignent de l'intrusion d'espèces marines dans l'estuaire, comme c'est le cas pour la lagune estuarienne de Merja Zerga (Bazaïri *et al.*, 2003). Le peuplement à *Scrobicularia plana* - *Hediste diversicolor* qui occupe la plus grande partie de l'estuaire (plus de 10 km de longueur) est mixohalin. D'autres espèces tolérantes (*Cyathura carinata*) s'y installent, qui comme

Scrobicularia plana et *Hediste diversicolor* sont capables de supporter de grandes variations de salinité et des dessalures prolongées. *Scrobicularia plana* est davantage influencée par les conditions hydrodynamiques que sédimentaires du fait de sa nutrition favorisée par un faible courant (McLusky, McIntyre, 1988). Les teneurs en matière organique relativement élevées (7,70% en moyenne) dans laire occupée par ce peuplement favorisent l'installation d'espèces tolérantes de la surcharge en matière organique. Il est à noter que malgré la présence de nombreux émissaires d'eaux usées dans cette partie de l'estuaire, les espèces opportunistes comme *Capitella capitata*, caractéristiques des milieux pollués, montre une apparition sporadique. Cette originalité fait que la richesse spécifique de ce peuplement est élevée en raison du maintien d'espèces sabulicoles du peuplement des sables fins de l'embouchure, mais aussi de nombreuses espèces vasicoles. Sont également présents dans ce peuplement des espèces qui en amont de l'estuaire vont se développer davantage ; c'est le cas de *Cyathura carinata*. Le peuplement à *Corophium orientale* (IS4) localisé en amont de l'estuaire est marqué par l'apparition de *Polydora ciliata* et *Corophium orientale*. Cette dernière, indicatrice de dessalure, caractérise un milieu à influence fluviale (Elkaïm, 1976). Ce peuplement compte également *Hediste diversicolor* et *Cyathura carinata* qui sont présentes dans IS3 et sont capables de supporter de fortes dessalures. L'influence marine sur l'organisation du macrobenthos, matérialisée par la salinité et l'hydrodynamisme, varie selon les conditions édaphiques et hydrologiques locales. Ainsi, dans le cas des estuaires européens, comme celui de la Seine, les peuplements seraient plus proches des peuplements marins avec une influence directe des facteurs édaphiques (Desprez, 1981 ; Desprez *et al.*, 1983). La lagune de Merja Zerga (120 km au nord du Bou Regreg) de type estuarien, montre aussi une succession spatiale de deux peuplements intertidaux (Bazairi *et al.*, 2003), dont un est commun à ces deux écosystèmes marocains (peuplement à *Scrobicularia plana* dans un cas et faciès à *Scrobicularia plana* dans l'autre). A Merja Zerga, le peuplement à *Cerastoderma edule* proche de l'embouchure de la lagune est dominé par des espèces comme *Gastrosaccus spinifer*, *Scolecopsis squamata* et *Nephtys cirrosa* qui sont des espèces également dominantes dans le peuplement marin du Bou Regreg.

Les valeurs de la diversité H' mesurées dans la zone intertidale de l'estuaire du Bou Regreg restent inférieures à 3. Elles sont habituelles pour les peuplements estuariens (Glémarec, Hily, 1981 ; Le Bris, 1988) et sont

très influencées dans l'estuaire du Bou Regreg par la dominance d'une ou deux espèces (*Scrobicularia plana*, *Hediste diversicolor*, *Corophium orientale*), situation qui a été rencontrée également pour les peuplements subtidaux (Cherkaoui *et al.*, 2003). Les valeurs mesurées pour les indices biotiques obtenus par deux modèles (Hily 1984 ; Grall, Glémarec, 1997 ; Borja *et al.*, 2000) permettent de classer l'estuaire du Bou Regreg parmi les sites sous pollution légère, avec des peuplements dans un état déséquilibré, à l'exception de son embouchure qui apparaît appauvri.

Comparaison entre les peuplements intertidaux et subtidaux du Bou Regreg

Nous comparerons les résultats obtenus ici pour la zone intertidale avec ceux de la zone subtidale obtenus pour le même estuaire par Cherkaoui *et al.*, (2003) pendant la même période d'étude. Neuf peuplements et faciès sont identifiés et se répartissent spatialement entre l'aval et l'amont de l'estuaire (**figure 5**). Les peuplements subtidaux montrent une richesse spécifique plus élevée (entre 9 et 41 espèces) que ceux de l'intertidal (entre 6 et 31 espèces), et l'indice de diversité H' reste inférieur à 3 dans les deux cas. En aval, les peuplements marins des deux zones possèdent des espèces pilotes différentes. Le peuplement marin de la zone subtidale (peuplement à *Haustorius arenarius*) est plus étalé dans l'espace (2 km environ contre 1 km). Plus en amont, et dans la zone subtidale, se succèdent le peuplement à *Cerastoderma edule* et le peuplement à *Scrobicularia plana* qui s'étalent respectivement sur 4 km et 5,5 km (entre les pk 2 et pk 12,5). Sur cette portion de l'estuaire, il y a deux peuplements intertidaux : peuplement à *Scrobicularia plana* ... *Hediste diversicolor* et peuplement à *Corophium orientale* (respectivement entre pk 1 et 7 et entre pk 7 et 12,5). La disparition du peuplement à *Cerastoderma edule* de la zone intertidale et son maintien en zone subtidale sur une superficie assez importante indique le rôle important joué par l'hydrodynamisme dans la distribution de l'espèce *Cerastoderma edule* dans cet estuaire (Elkaïm, 1974 ; Cherkaoui *et al.*, 2003) qui, en raison de son régime suspensivore, se trouve favorisée par le courant (Wolff, 1973).

La bioévaluation de l'état des peuplements macrozoobenthiques des zones intertidale et subtidale de l'estuaire du Bou Regreg par l'utilisation des groupes écologiques et le coefficient biotique de Borja *et al.* (2000) qualifient ces deux zones de déséquilibrées avec un milieu légèrement pollué (IB2), sauf pour la partie aval qui est appauvri où le milieu est non

pollué (IBO). L'état non pollué s'étale sur une distance plus grande en zone subtidale (**tableau IX**). Ici, l'action de l'hydrodynamisme assure le renouvellement de l'eau du fond et limite les effets d'enrichissement en matière organique qui ne peut se déposer (Cherkaoui *et al.*, 2003).

Comparaison avec la situation antérieure à la construction du barrage

L'évolution de l'écosystème du Bou Regreg après la construction du barrage est globale, portant à la fois sur les masses d'eau et sur le système benthique (Cherkaoui *et al.*, 2003). Quatre peuplements intertidaux étaient identifiés par Elkaïm (1974, 1976) : un peuplement marin à *Donax ... Eocuma*, de faible extension spatiale à l'embouchure, suivi vers l'amont par un peuplement aux sables à *Cerastoderma edule*, essentiellement dans le secteur marin, puis par un peuplement à *Scrobicularia plana* et, plus en amont, un peuplement à *Corophium orientale* (**figure 6**). Trente ans plus tard, nos résultats montrent qu'il y a trois peuplements qui se succèdent d'aval en amont. Ainsi, le peuplement à *Cerastoderma edule* a disparu et la zone qui était occupée par le peuplement à *Scrobicularia plana* est une zone dominée par le peuplement à *Scrobicularia plana - Hediste diversicolor* qui se présente sous deux faciès : faciès à *Scrobicularia plana* et faciès à *Hediste diversicolor*. Le peuplement de *Corophium orientale*, encore présent, n'a pas changé de distribution. D'autre part, en trente ans, la richesse spécifique globale pour l'ensemble de la zone intertidale de l'estuaire du Bou Regreg a subi une diminution de l'ordre de 56% passant de 72 à 40 espèces en 30 ans, le peuplement marin étant le plus touché par cette réduction.

Remerciements

Nous remercions H. Boubkari pour son assistance au laboratoire.

Bibliographie

Afli A., M. Glémarec, 2000 - Fluctuation à long terme des peuplements macrobenthiques de la partie orientale du golfe du Morbihan (Bretagne, France). *Cah. Biol. mar.*, **41** : 67-89.

Bachelet G., 1981 - Données préliminaires sur l'organisation trophique d'un peuplement benthique marin. *Vie Milieu*, **31** : 205-213.

Bayed A., 2003 - Influence of morphodynamic and hydroclimatic factors on the macrofauna of Moroccan sandy beaches. *Estuar. coast. Shelf Sci.*, **58** : 71-82.

Bazaïri H., A. Bayed, C. Hily, M. Glémarec, 2003 - Spatial organisation of macrozoobenthic communities as a response to environmental factors in a coastal lagoon of North West African coast (Merja Zerga, Morocco). *Oceanologica Acta*, **26** : 457-471.

Benzecri J.P., 1973 - *L'analyse des données (Tome 2) : L'analyse des correspondances*. Dunod, Paris, 619 pp.

Borja A., J. Franco, V. Perez, 2000 - A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar. Pollut. Bull.*, **40** : 1100-1114.

Chaouti A., A. Bayed, T. Benazzou, 2001 - Données préliminaires sur la diversité spécifique et fonctionnelle du zoobenthos de la lagune de Smir (Maroc). *Rapp. P.-v. Réun. CIESM.*, **36** : 372.

Chassé C., M. Glémarec, 1976 - Principes généraux de classification des fonds pour la cartographie bio-sédimentaire. *J. Rech. océanogr.*, **1** : 1-18.

Cheggour M., 1988 - *Contribution à l'étude d'un milieu paralique : l'estuaire du Bou Regreg (Côte atlantique marocaine). Conditions écologiques globales. Etude de la contamination métallique*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Ecole Normale Supérieure Takaddoum, Rabat (Maroc), 337 pp.

Cheggour M., 1999 - *Evaluation de la contamination métallique sur la côte atlantique marocaine et son environnement paralique entre Larache et Safi ... Etude de mollusques Bivalves et leur biotope sédimentaire*. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech (Maroc), 315 pp.

Cherkaoui E., A. Bayed, C. Hily, 2003 - Organisation spatiale des peuplements macrozoobenthiques subtidaux d'un estuaire de la côte atlantique marocaine : l'estuaire du Bou Regreg. *Cah. Biol. mar.*, **22** : 339-352.

Dauvin A., 1988 - *Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ?* ITCF (Institut Technique des Céréales et des Fourrages). Manuel STAT-ITCF, 63 pp.

Desprez M., 1981 - *Etude du macrozoobenthos intertidal de l'estuaire de la Seine*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Rouen (France), 186 pp.

- Desprez M., J.-F. Brulard, J.-P. Dupont, S. Simon, B. Sylvand, P. Duval**, 1983 - Etude de biofaciès intertidaux de l'estuaire de la Seine. *C. r. Acad. Sci., Paris*, **296** (3) : 521-526.
- Elkaïm B.**, 1972 - Contribution à l'étude écologique d'un estuaire atlantique marocain : l'estuaire du Bou Regreg. *Bull. Soc. Sci. nat. phys. Maroc*, **52** : 131-300.
- Elkaïm B.**, 1974 - *Contribution à l'étude écologique d'un estuaire atlantique marocain : l'estuaire du Bou Regreg*. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Bordeaux I (France), 2^{ème} partie, 250 pp.
- Elkaïm B.**, 1976 - Bionomie et écologie des peuplements des substrats meubles d'un estuaire Atlantique marocain : l'estuaire du Bou Regreg. I : Unités indicatrices infralittorales. *Vie Milieu*, **26** : 107-169.
- Ezzouaq M.**, 1990 - *Caractéristiques hydrodynamiques, physico-chimiques et bactériologiques des eaux superficielles de l'estuaire du Bou Regreg soumis aux rejets de Rabat Salé*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Mohammed V, Rabat (Maroc), 270 pp.
- Gillet P.**, 1986 - *Contribution à l'étude écologique des Annélides Polychètes de l'estuaire du Bou Regreg (Maroc)*. Thèse Doctorat, Univ. Aix Marseille 3 (France), 215 pp.
- Gillet P.**, 1987 - Bioaccumulation du cuivre et du zinc chez *Nereis diversicolor* (Annélides polychètes) de l'estuaire du Bou Regreg (Maroc), *Cah. Biol. mar.*, **28** : 339-350.
- Glémarec M., C. Hily**, 1981 - Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. *Acta - cologica*, **2** : 139-150.
- Grall J., M. Glémarec**, 1997 - Biodiversité des fonds de maërl en Bretagne : approche fonctionnelle et impacts anthropiques. *Vie Milieu*, **47** : 339-349.
- Hily C.**, 1984 - *Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest*. Thèse Doctorat d'Etat. Univ. Bretagne Occidentale, Brest (France), 696 pp.
- Hily C., M. Bouteille**, 1999 - Modifications of the specific diversity and feeding guilds in an intertidal sediment colonized by an eelgrass meadow (*Zostera marina*) (Brittany, France), *C. r. Acad. Sci., Paris*, **322** : 1121-1131.
- Lebart L., A. Morineau, J.P. Fenelon**, 1982 - *Traitement des données statistiques*. Dunod, Paris, 510 pp.
- Le Bris H.**, 1988 - *Fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers au contact d'estuaires : la rade de Lorient et la baie de Vilaine*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Bretagne Occidentale, Brest (France), 311 pp.
- Lemine M.**, 1993 - *Impact des activités anthropiques sur l'environnement de l'estuaire du Bou Regreg*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Ecole Normale Supérieure, Takaddoum, Rabat (Maroc), 337 pp.
- Marques J.C., L.B. Rodrigues, A.J.A. Nogueira**, 1993 - Intertidal macrobenthics community communities structure in the Mondego estuary (Western Portugal): reference situation. *Vie Milieu*, **43** : 177-187.
- McLusky D.S., A.D. McIntyre**, 1988 ...Characteristics of the fauna. In: *Continental shelves Ecosystems of the world*. H. Postma, J.J. Zijlsra (eds), 27, Elsevier, pp : 131-151.
- Menesguen A.**, 1980 - *La macrofaune benthique de la baie de Concarneau : peuplements, dynamique de populations, prédation exercée par les poissons*. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Bretagne Occidentale, Brest (France), 127 pp.
- ONEP**, 1996 - *Note sur la qualité des eaux de l'estuaire du Bou Regreg*. Direction Laboratoire de la Qualité des Eaux, 30 pp.
- Pielou E.C.**, 1966 - Shannons formula as a measure of specific diversity, its use and misuse. *Am. Naturalist*, **100** : 463-465.
- RED**, 1991 ...*Etude de pollution de l'Oued Bou Regreg*. Rapport de la Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité, 60 pp.
- Rodier J.**, 1996 - *L'analyse de l'eau*. 8^{ème} édition, Dunod, Paris, 600 pp.
- Shannon C., W. Weaver**, 1963 - *The mathematical theory of communication*. University Illinois Press, Urbana, Illinois, 117 pp.
- Shepard F.P.**, 1954 - Nomenclature based on sand-silcly ratios. *J. Sedim. Petrology*, **24** : 151-158.
- Trask P.D.**, 1932 - *Origin and environment of source sediments of petroleum*. Gulf Publ. Co. Houston, 67 pp.
- Wolff W.J.**, 1973 - The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt. *Zoologische verh.*, **126** : 1-242.

Reçu en août 2004 ; accepté en octobre 2005.
Received August 2004; accepted October 2005.