

# Étude des variations saisonnières du peuplement de copépodes de l'estuaire de l'Oum Er Rbia (côte atlantique du Maroc) : impact de la pollution urbaine de la ville d'Azemmour

Study of the seasonal variations of the copepods population from the Oum Er Rbia estuary (Atlantic Coast of Morocco): impact of the urban pollution of Azemmour City

Ahmed El Khalki \*, Raymond Gaudy \*\*, Mohammed Moncef \* 1

\* Laboratoire d'Hydrobiologie, Groupe « Sciences de la Mer », Faculté des Sciences, Université Chouaïb Doukkali, BP 20, 24 000 El Jadida, Maroc.

\*\* Centre d'Océanologie de Marseille, Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, Station Marine d'Endoume, 13007 Marseille, France.

1. Correspondant : mdmoncef@yahoo.fr

## Abstract

El Khalki A., M. Moncef, R. Gaudy, 2004 – [Study of the seasonal variations of the copepods population from the Oum Er Rbia estuary (Atlantic Coast of Morocco): impact of the urban pollution of Azemmour City]. *Mar. Life*, 14 (1-2) : 19-29.

The Oum Er Rbia estuary like all the estuaries of the country is submitted to permanent actions of the pollution. Since it is bordered by Azemmour City whose estuary constitutes an important flowing of wastewater. Thus, the aim of this work is the study during an annual cycle of the influence of domestic waste-water in Azemmour on the physico-chemical quality of the estuarine water and on its copepod populations. The Azemmour effluent causes some changes in the physico-chemical quality of the water (temperature, turbidity, pH, oxygen, salinity) and modifies the qualitative composition and the density of the estuarine copepods community. The copepod assemblage (27 species) is largely dominated by only four species, namely: *Oithona helgolandica*, *Acartia clausi*, *Euterpina acutifrons* and *Acartia discaudata*, which seem to be able to tolerate the great variations of the environmental conditions.

### KEY-WORDS :

copepods, estuary, Oum Er Rbia, urban pollution

## Résumé

El Khalki A., M. Moncef, R. Gaudy, 2004 – Étude des variations saisonnières du peuplement de copépodes de l'estuaire de l'Oum Er Rbia (côte atlantique du Maroc) : impact de la pollution urbaine de la ville d'Azemmour. *Mar. Life*, 14 (1-2) : 19-29.

L'estuaire de l'Oum Er Rbia (Maroc) comme tous les autres estuaires du pays, est soumis à des conditions permanentes de pollution. Il constitue notamment pour la ville d'Azemmour, un exutoire pour les eaux usées domestiques. Ce travail est une étude de l'influence de ces rejets sur la qualité physico-chimique des eaux de l'estuaire de l'Oum Er Rbia et sur son peuplement de copépodes, au cours d'un cycle annuel. Les apports du rejet principal de la ville d'Azemmour provoquent des changements de la qualité physico-chimique de l'eau (température, turbidité, pH, oxygène dissous et salinité) et des modifications qualitatives et quantitatives du peuplement de copépodes de l'estuaire. Parmi les 27 espèces, quatre seulement (*Oithona helgolandica*, *Acartia discaudata*, *Acartia clausi* et *Euterpina acutifrons*) dominent en fréquence et en abondance, et paraissent donc les plus aptes à tolérer les grandes variations des paramètres du milieu.

### MOTS CLÉS :

copépodes, estuaire, Oum Er Rbia, pollution urbaine

## Introduction

Les milieux paraliques (Guélorget, Perthuisot, 1983) s'avèrent d'une grande importance en raison de leurs particularités physico-chimiques, hydrodynamiques et biologiques, et parce qu'ils représentent une importante contribution au développement socio-économique d'un pays (échange commercial, aquaculture, activités touristiques, etc.). Cependant, les estuaires constituent des milieux particulièrement exposés à des actions permanentes de pollution : ils reçoivent différents types de rejets d'eau résiduaire urbaine, des effluents industriels souvent chargés en détritiques organiques et / ou en polluants d'origine agricole (engrais, pesticides). En outre, certains estuaires sous forte influence marine présentent une circulation hydrodynamique variant selon le cycle des marées, ce qui pourrait constituer un obstacle à l'évacuation des polluants en mer et, par conséquent, à la restauration de la salubrité de l'estuaire.

L'estuaire de l'Oum Er Rbia comme tous les autres estuaires du pays, n'échappe pas à cette description. Il est bordé par la ville d'Azemmour qui ne cesse de s'agrandir et dont l'estuaire constitue un important déversoir d'eaux usées domestiques. Sur ses bordures, existent plusieurs rejets d'ordures ménagères, une unité industrielle de nature agroalimentaire et une importante activité agricole sous serres. Ces diverses sources de pollution conditionnent la qualité physico-chimique des eaux en apportant un grand nombre de déchets organiques, de déchets solides, de pesticides, de fertilisants et de détergents. Elles conditionnent aussi sa qualité biologique en rendant le milieu propice à la prolifération de différents germes pathogènes (coliformes) ou de parasites (helminthes).

Dans l'estuaire de l'Oum Er Rbia, seul le travail de Kaimoussi (1996) a partiellement abordé l'impact de la pollution sur la qualité physico-chimique de l'eau et sur la faune benthique. Aucune étude n'avait encore traité de l'effet de la pollution sur le peuplement zooplanctonique, en particulier sur les copépodes qui représentent dans la plupart des milieux aquatiques 80 à 95 % de la biomasse zooplanctonique globale (Gaudy, 1970 ; Diouf, Diallo, 1987 ; Pagano, Saint-Jean, 1988 ; Heerkloss *et al.*, 1990). Les copépodes ont une grande importance dans la chaîne alimentaire. En effet, par leur diversité spécifique, leur abondance et leur valeur nutritive, ils constituent un aliment de choix pour différents organismes zooplanctoniques ou nectoniques, à l'état adulte ou larvaire, notamment les chaetognathes, les crustacés, les céphalopodes et de nombreux poissons d'intérêt économique (Castel, 1985 et 1992 ; Nielsen,

Sabatini, 1996 ; Plounevez, Champalbert, 1999). L'objectif du présent travail est d'étudier l'influence du rejet d'eaux usées de la ville d'Azemmour sur les variations qualitatives et quantitatives du peuplement de copépodes de l'estuaire de l'Oum Er Rbia, en relation avec les changements de la qualité physico-chimique des eaux.

## Matériel et méthodes

### Description du site

Le bassin de l'Oum Er Rbia (**figure 1**) est l'un des pôles socio-économiques les plus importants du Maroc. Il représente l'un des bassins versants les mieux aménagés du pays. Il comporte 11 barrages dont les plus importants sont Al Massira, Hassan 1<sup>er</sup>, My Youssef et Bin El Ouidane.

L'estuaire de l'Oum Er Rbia se situe sur la côte atlantique (33° 16'N et 8° 20'W) à 17 km au nord de la ville d'El Jadida. Azemmour occupe la rive gauche de l'embouchure de l'Oued. Le climat de la région est aride, à hiver chaud.

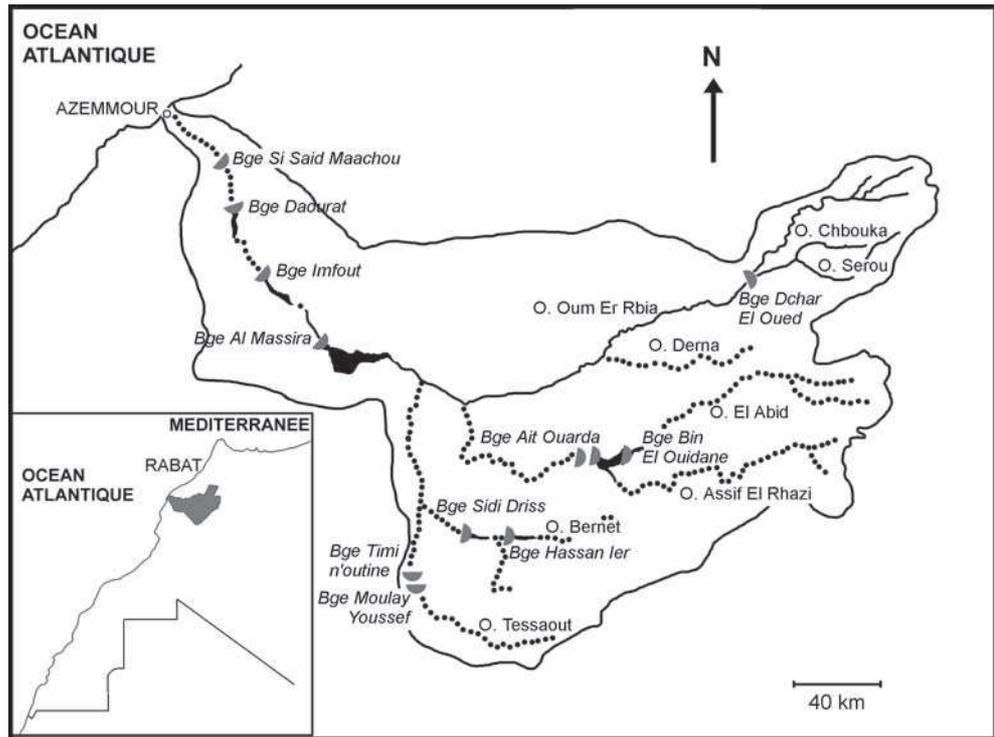
Les apports en eau ont une double origine, marine et fluviale. Toutefois, en raison de la construction d'une digue à 14 km environ de l'embouchure, qui s'ajoute aux 11 barrages situés en amont, les apports en eaux douces restent faibles et se limitent aux infiltrations à travers la digue, aux rejets domestiques et, dans des cas exceptionnels, aux lâchers des barrages. Par conséquent, cet estuaire est largement dominé par la dynamique marine. Cependant, à partir de 1996, l'hydrologie de ce milieu a été fortement influencée par les apports fluviaux en raison des importants volumes d'eau douce acheminés directement par les précipitations violentes subies par la région, ou par des lâchers continus de barrages (**figures 2 et 3**).

### Stations

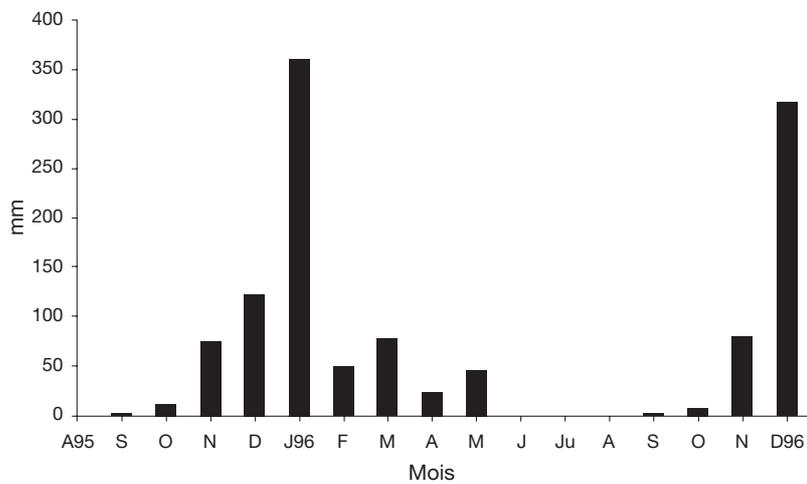
Pour répondre à l'objectif de l'étude, trois stations ont été échantillonnées au cours d'un cycle annuel (du 15 août 1995 au 10 septembre 1996), toujours à marée haute selon un pas d'échantillonnage bimensuel (**figure 4**).

La station 1 (S1) : station de l'embouchure, située à 1 km de la mer. Elle présente une profondeur moyenne de trois mètres à marée haute.

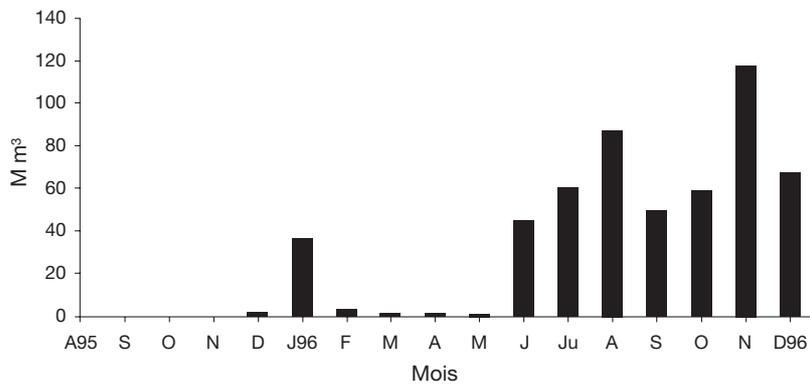
La station R (SR : station du rejet) située à 50 m du rejet principal de la ville d'Azemmour, qui déverse environ 2 250 m<sup>3</sup>/jour d'eau usée. Sa profondeur moyenne est de deux mètres.



**Figure 1**  
 Bassin de l'Oum Er Rbia.  
 Oum Er Rbia basin.



**Figure 2**  
 Précipitations mensuelles  
 dans l'estuaire de l'Oum  
 Er Rbia en 1995-1996.  
 Monthly rainfalls in the Oum  
 Er Rbia Estuary in 1995-1996.



**Figure 3**  
 Volumes mensuels des  
 lâchers de barrage de Sidi  
 Saïd Mâachou en 1995-  
 1996. Monthly volumes of  
 Sidi Saïd Mâachou reservoir  
 releases in 1995-1996.

La station 3 (S3) se trouve plus en amont, à 3,5 km de la mer. Sa profondeur moyenne est de quatre mètres à marée haute.

Dans l'estuaire de l'Oum Er Rbia, la marée est de type semi-diurne et d'une amplitude variant entre 2,1 et 3,3 mètres.

## Prélèvements et mesures

### Milieu

Des prélèvements d'eau ont été effectués en surface, à 1 m et près du fond à l'aide d'une bouteille fermante de 2,5 L. La température (°C) a été mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure et la turbidité a été évaluée en utilisant le disque de Secchi. Les mesures de pH, d'oxygène dissous (méthode de Winkler) et de salinité (déterminée indirectement par des mesures de conductivité à 20°C) ont été faites au laboratoire sur les échantillons d'eau.

### Zooplancton

Le zooplancton a été prélevé à l'aide d'un filet à plancton de type Juday de 80 µm de vide de maille, à partir de traits verticaux fond - surface. Les échantillons ont été immédiatement fixés au formol 4 % puis identifiés au laboratoire sous loupe binoculaire ou au microscope. La détermination des espèces de copépodes a été faite pour les formes marines d'après Rose (1933) et pour les formes d'eau douce d'après Dussart (1967 ; 1969). Les comptages ont été effectués en dénombrant des aliquotes placés dans des cuves de Dolffus, après coloration des organismes au rose Bengale et homogénéisation dans une solution d'alcool glycérolée à 10 %.

## Résultats

### Paramètres physico-chimiques (Figure 5)

Aucune différence significative n'étant apparue entre les mesures faites aux trois niveaux, les données rapportées sur les figures représentent la moyenne de chaque paramètre.

L'évolution temporelle de la température est semblable dans les trois stations au cours des deux années et se caractérise par :

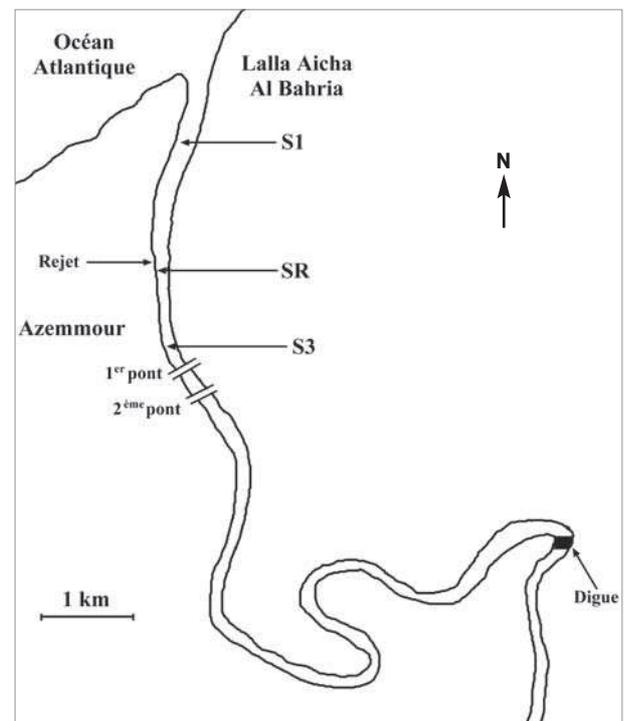
- une période froide d'octobre à février, avec des températures variant entre 15 et 20 °C ;
- une période chaude de mai à septembre avec des valeurs comprises entre 20,5 et 24,5 °C ;
- une période intermédiaire (mars-avril), avec des températures comprises entre 17,5 et 20°C.

La température est toujours systématiquement supérieure au point de rejet par rapport aux autres stations, l'écart thermique pouvant atteindre 2,5 °C. Cependant, la différence n'est pas significative (ANOVA,  $F=0,44$ ).

Le pH de l'eau varie peu en fonction des saisons. Sa valeur moyenne ( $8 \pm 0,1$ ) caractérise en général les eaux marines. Les valeurs du pH sont globalement plus faibles au niveau de SR où le minimum observé est de 7,6, mais cette différence n'est pas significative ( $F=0,49$ ).

La concentration en oxygène dissous varie entre 7,5 et 9 mg.L<sup>-1</sup> sauf le 27-2-1996 où le maximum atteint 11 mg.L<sup>-1</sup> à la station S3. Elle est en moyenne plus basse au point du rejet (SR) que vers l'amont (S3) ou vers l'aval (S1), l'écart pouvant atteindre 1 mg.L<sup>-1</sup>. Cette différence est hautement significative ( $F = 13,96$ ).

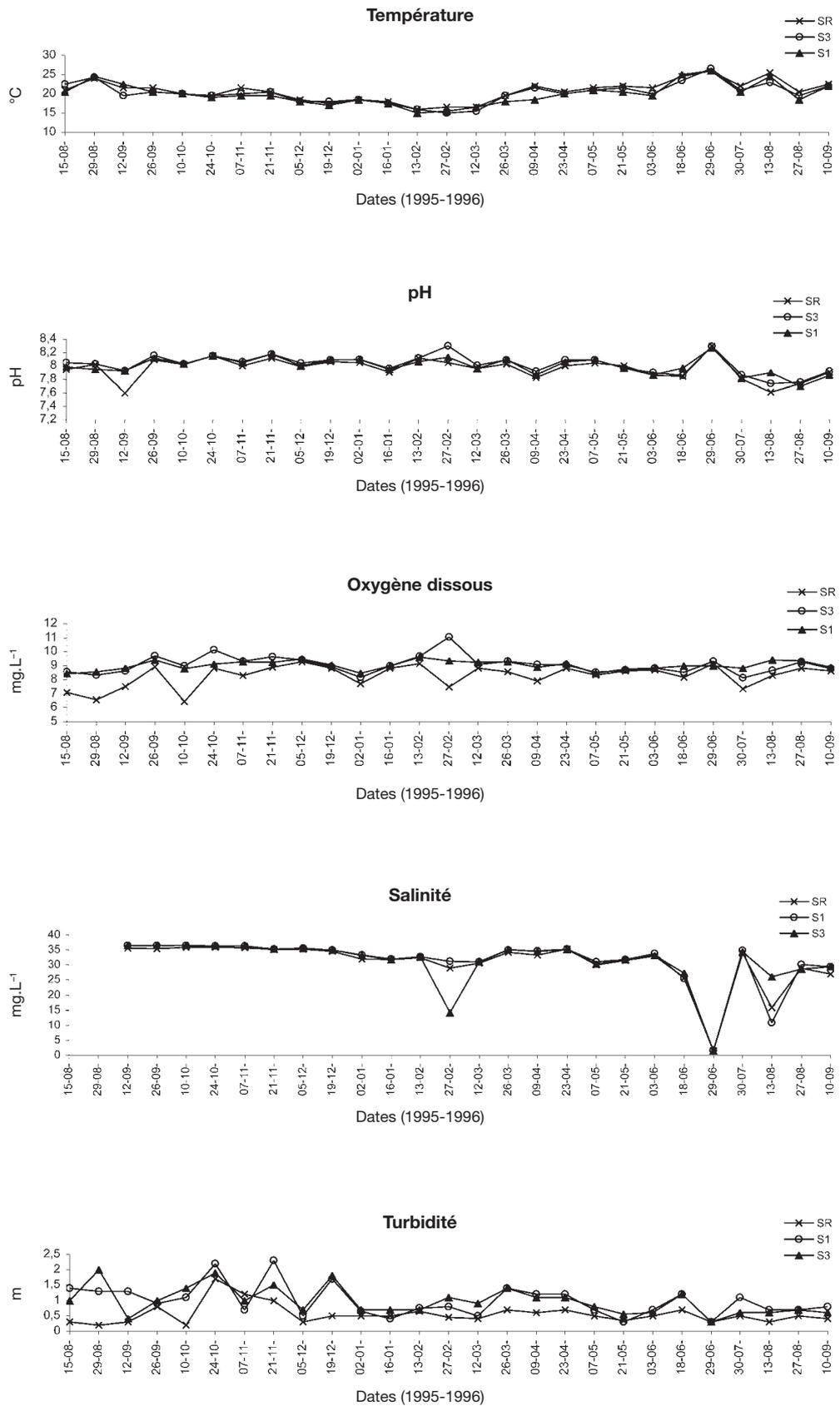
La salinité présente de fortes variations temporelles, entre un minimum de 0,30 g.L<sup>-1</sup> observé dans les trois stations le 29-6-1996 et un maximum de 36 g.L<sup>-1</sup> le 12-9-1995, en S1. Ce paramètre varie peu d'une station à l'autre, (différence non significative) sauf aux périodes de lâchers de barrage (écarts d'environ 16 g.L<sup>-1</sup> observés le 27-2-1996 et le 13-8-1996). La turbidité est significativement plus élevée au point du rejet (SR) ( $F=8,62$ ) qu'aux autres stations.

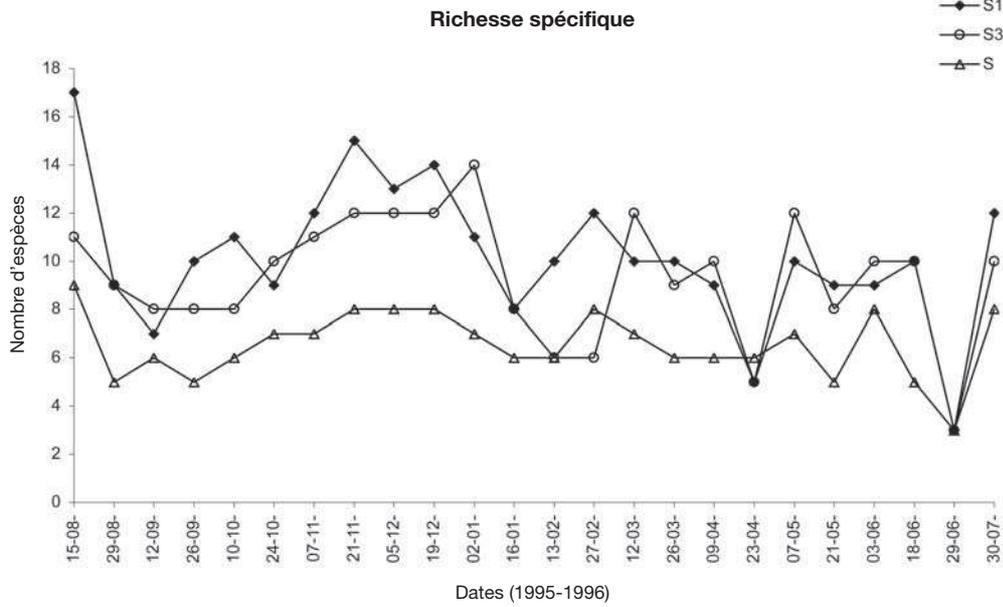


**Figure 4**  
Localisation des stations d'étude dans l'estuaire de l'Oum Er Rbia. / Localization of the study stations in the Oum Er Rbia estuary.

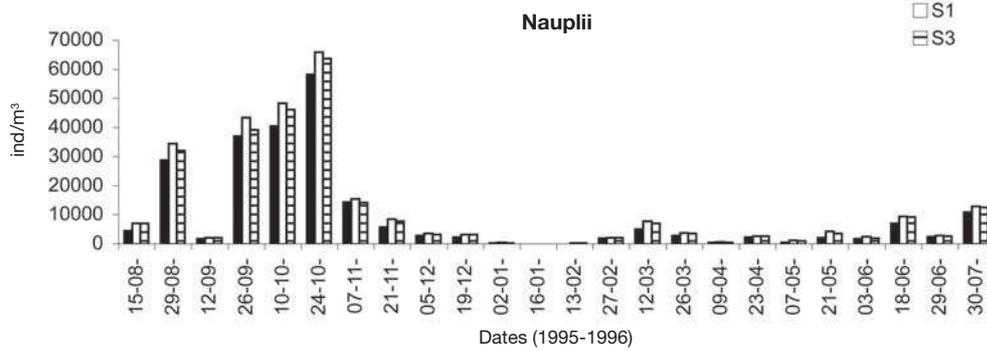
**Figure 5**

Variations saisonnières des paramètres physico-chimiques dans les stations S1, SR et S3 de l'estuaire de l'Oum Er Rbia. *Seasonal variations of physico-chemical parameters in the stations S1, SR and S3 of the Oum Er Rbia estuary.*

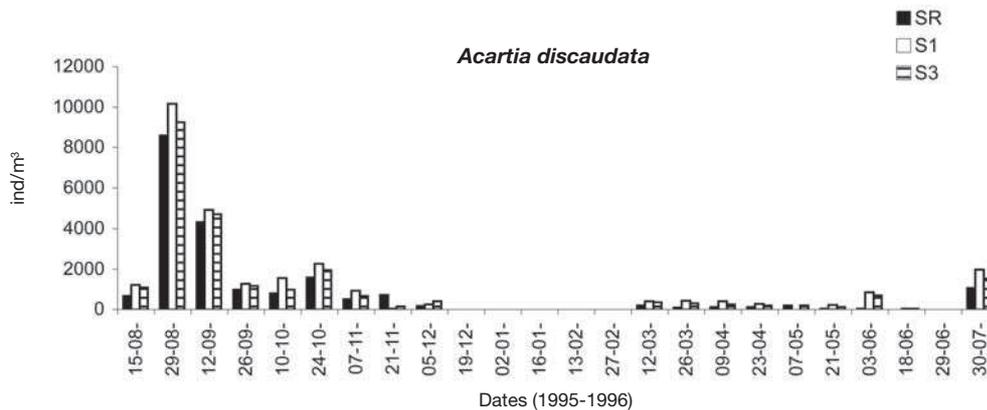
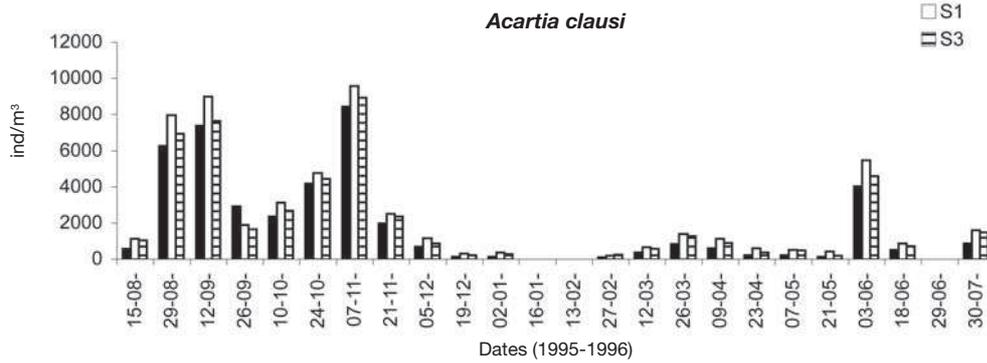




**Figure 6**  
Variations saisonnières de la richesse spécifique (nombre d'espèces) des copépodes de l'estuaire de l'Oum Er Rbia. / Seasonal variations of the Oum Er Rbia estuary copepod specific richness (number of species).

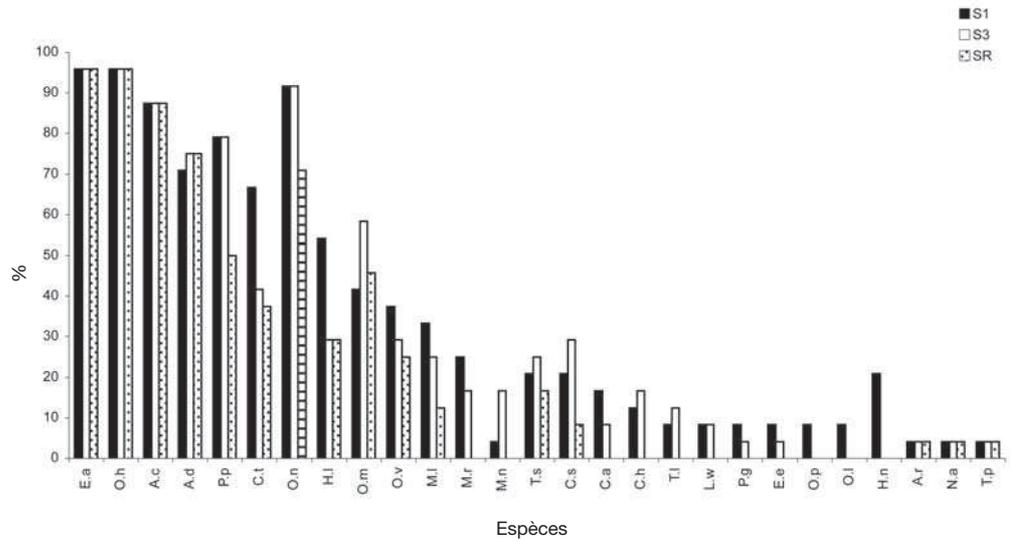


**Figure 8**  
Evolution saisonnière de la densité des nauplii et des principales espèces de copépodes aux stations S1, SR et S3 de l'estuaire de l'Oum Er Rbia. / Seasonal evolution of the density of the nauplii and of the main copepod species in the stations S1, SR and S3 of the Oum Er Rbia estuary.



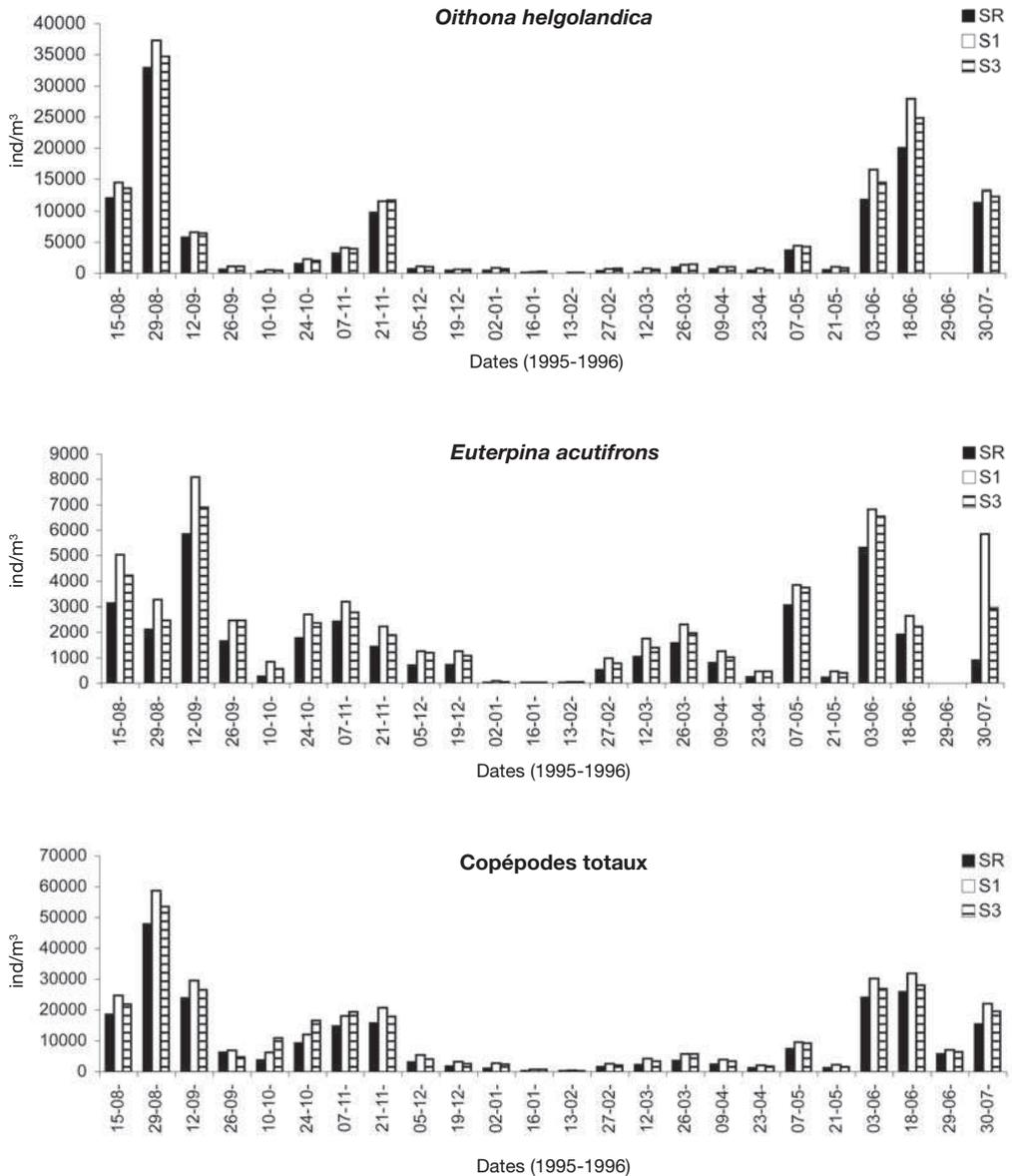
**Figure 7**

Fréquence des espèces de copépodes aux stations S1, SR et S3 de l'estuaire de l'Oum Er Rbia (les espèces, dont les noms complets figurent sur le tableau I, sont classées selon leurs abondances relatives). / Frequency of the copepod species in stations S1, SR and S3 of the Oum Er Rbia estuary (species, which the complete names are in Table I, are ranked according to their relative abundance).



**Figure 9**

Evolution saisonnière de la densité des copépodes totaux et des principales espèces de copépodes aux stations S1, SR et S3 de l'estuaire de l'Oum Er Rbia. / Seasonal evolution of the density of total copepods and of the main copepod species in stations S1, SR and S3 of the Oum Er Rbia estuary.



## Peuplement de copépodes

### Analyse qualitative

La richesse spécifique globale (**tableau 1**) est plus faible au voisinage du rejet (16 espèces) qu'à S1 (27 espèces) et S3 (24 espèces). De plus, le nombre d'espèces recensées lors de chaque sortie en SR est toujours inférieur à celui observé en S1 et S3 (**figure 6**), cette différence étant hautement significative ( $F=15,06$ )

Aux trois stations étudiées, parmi les espèces les plus fréquentes (**figure 7**), quatre espèces de copépodes seulement se distinguent aussi par leur forte abondance : *Oithona helgolandica*, *Euterpina acutifrons*, *Acartia clausi* et *Acartia discaudata*. Ces espèces contribuent respectivement pour 34%, 19%, 20% et 6% du peuplement global de copépodes de l'estuaire, soit 79% à elles quatre.

### Analyse quantitative

Les densités des nauplii, de l'ensemble des copépodes et de chacune des quatre principales espèces de l'estuaire, montrent des variations saisonnières et spatiales, en fonction de la position des stations par rapport au rejet de la ville d'Azemmour.

Sur le plan temporel (**figures 8 et 9**), plusieurs pics de densité se succèdent au cours du cycle saisonnier. Ils se situent généralement en automne, au printemps et en été, saison durant laquelle la densité des espèces de copépodes atteint son maximum. En hiver ou lors des lâchers de barrages, les nauplii et le peuplement de copépodes estuariens sont au minimum et peuvent même disparaître complètement du milieu, surtout lorsque le débit du lâcher est important. Cette situation entraîne un remplacement des espèces marines par des espèces dulçaquicoles telles que les cyclopoïdes *Acanthocyclops robustus* et *Tropocyclops prasinus* et le calanoïde *Neolovenula alluaudi*. Cette constatation a été faite le 29-6-1996 et le 13-8-1996 dates auxquelles ces trois espèces ont fait une apparition remarquable, constituant alors la presque totalité du peuplement de copépodes présents dans l'estuaire.

Sur le plan spatial, au niveau de SR, les densités des nauplii, du peuplement total de copépodes et de ses quatre principales espèces, sont plus faibles par rapport à S1, S3 présentant quant à elles des valeurs intermédiaires. Cependant, la différence entre rejet (SR) et stations de référence (S1 et S3) n'est pas significative.

**Tableau 1**

Espèces de copépodes de l'estuaire de l'Oum Er Rbia. / *The Oum Er Rbia estuary copepod species.*

Familles	Espèces	Abréviations
	<i>Acartia clausi</i> (Giesbrecht, 1889)	A.c
Acartiidae	<i>Acartia discaudata</i> (Giesbrecht, 1881)	A.d
	<i>Acartia grani</i> (Sars, 1904)	A.g
Paracalanidae	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	P.p
Centropagidae	<i>Centropages typicus</i> (Krøyer, 1849)	C.t
Calanidae	<i>Calanus helgolandicus</i> (Claus, 1863)	C.h
Eucalanidae	<i>Eucalanus elongatus</i> (Dana, 1848)	E.e
Pseudocalanidae	<i>Clausocalanus arcuicornis</i> (Dana, 1849)	C.a
Pontellidae	<i>Labidocera wollastoni</i> (Lubbock, 1857)	L.w
Temoridae	<i>Temora stylifera</i> (Dana, 1848)	T.s
	<i>Temora longicornis</i> (Muller, 1792)	T.l
Diaptomidae	<i>Neolovenula alluaudi</i> (De Guerne et Richard, 1890)	N.a
Tachydiidae	<i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1852)	E.a
Ectinosomatidae	<i>Microsetella rosea</i> (Dana, 1852)	M.r
	<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck, 1864)	M.n
Oncaeidae	<i>Oncaea minuta</i> (Giesbrecht, 1892)	O.m
	<i>Oncaea venusta</i> (Philippi, 1843)	O.v
Corycaeidae	<i>Corycaeus speciosus</i> (Dana, 1849)	C.s
Harpacticidae	<i>Harpacticus littoralis</i> (Sars, 1910)	H.l
Microarthroninae	<i>Microarthridion littorale</i> (Pope, 1881)	M.l
	<i>Oithona helgolandica</i> (Claus, 1863)	O.h
Oithonidae	<i>Oithona nana</i> (Giesbrecht, 1892)	O.n
	<i>Oithona plumifera</i> (Baird, 1843)	O.p
	<i>Oithona linearis</i> (Giesbrecht, 1891)	O.l
	<i>Halicyclops neglectus</i> (Kiefer, 1935)	H.n
Cyclopidae	<i>Acanthocyclops robustus</i> (Sars, 1863)	A.r
	<i>Tropocyclops prasinus</i> (Fisher, 1866)	T.p

## Discussion

Les paramètres environnementaux de l'estuaire varient en fonction des saisons et de la position des stations par rapport au rejet principal de la ville d'Azemmour ; de fortes variations ponctuelles sont provoquées par les lâchers de barrage. Ainsi, l'ensemble des perturbations hydrologiques observées dans l'estuaire de l'Oum Er Rbia en font un milieu particulièrement instable, ce qui ne doit pas être sans conséquence sur le peuplement animal qui s'y trouve, notamment le zooplancton et son constituant principal, le peuplement de copépodes pélagiques.

### Variations saisonnières

La température de l'eau subit des fluctuations saisonnières importantes, classiques dans les milieux peu profonds.

Les variations saisonnières qualitatives et quantitatives du peuplement de copépodes sont fortement liées aux fluctuations des paramètres environnementaux notamment de la température qui constitue un facteur écologique important pour la croissance des populations. La majorité des copépodes de l'estuaire subissent une baisse de densité et peuvent même disparaître en hiver. Au contraire, la saison estivale constitue la période durant laquelle la richesse spécifique et la densité des principales espèces de copépodes sont les plus fortes. Ceci pourrait être relié aux réchauffements printanier et estival des eaux de l'estuaire qui favorise la reproduction et le développement larvaire du zooplancton (Gaudy, 1970 ; Stearns *et al.*, 1989 ; Moncef, 1993).

### Variations ponctuelles liées aux lâchers de barrage

Les valeurs de salinité les plus basses enregistrées au cours de cette étude (29-6-1996 et 13-8-1996), en absence de toute précipitation, sont directement liées aux lâchers de barrage qui tendent à homogénéiser les paramètres physico-chimiques de l'amont vers l'aval. Une constatation similaire a été faite auparavant dans l'estuaire de Bou Regreg (Cheggour, 1988 ; Chiahou, 1990 ; Ezzaouak, 1991).

Dans l'estuaire de l'Oum Er Rbia, la salinité semble constituer le facteur principal contrôlant l'abondance et la richesse spécifique des copépodes qui y vivent, non seulement en raison de l'importance de ses variations temporelles mais surtout du fait des lâchers de barrage qui provoquent des chutes temporaires brutales de la salinité, comme cela a été observé fin juin, période où

les eaux de l'estuaire, devenues presque douces, n'abritaient plus que des espèces de copépodes d'eau douce. Les organismes marins ont donc alors été éliminés en raison de l'existence de salinité en deçà de leurs limites de tolérance. Selon Pagano et Saint-Jean, 1988 ; Castel, 1993 ; Gaughan, Potter, 1995 ; Mishra, Panigrahy, 1996 ; Padmavati, Goswami, 1996, parmi d'autres auteurs, chaque espèce estuarienne ou lagunaire possède une marge de tolérance bien définie vis-à-vis d'un facteur particulier, notamment la salinité. Son expansion est maximale lorsque les conditions lui sont favorables et très faible voire même nulle lorsque les variations approchent ou dépassent ses limites de tolérance.

### Variations liées à la position des stations

L'effet réchauffant du rejet urbain de la ville d'Azemmour reste essentiellement localisé à proximité de l'émissaire des eaux usées. Ce réchauffement, important à marée basse (observations personnelles) reste encore visible à marée haute malgré l'intrusion d'eau marine plus fraîche. La forte dominance de la dynamique marine dans le secteur étudié explique l'impact limité des rejets sur la salinité de l'eau, dans la mesure où des valeurs presque identiques ont été observées en SR et à l'embouchure de l'oued.

L'oxygène dissous est fortement affecté par la pollution. Ainsi, les faibles valeurs observées au niveau du point du rejet, par comparaison à celles notées en amont et en aval, témoignent de la charge en matière organique dont l'oxydation biologique nécessite l'utilisation d'une partie de l'oxygène dissous du milieu récepteur. Cependant, par comparaison avec les concentrations observées dans l'estuaire du Bou Regreg (Cheggour, 1988 ; Ezzaouak, 1991), ces valeurs restent élevées, surtout dans la zone soumise à l'influence de la pollution urbaine, ce qui s'explique à la fois par l'influence plus forte de la marée dans l'estuaire de l'Oum Er Rbia et par la plus grande charge polluante dans le Bou Regreg.

Les conditions de forte turbidité observées à la station SR sont la conséquence directe de la charge polluante riche en particules et en matières en suspension amenée par l'émissaire.

Les modifications de l'environnement provoquées par les apports du rejet de la ville d'Azemmour, aboutissent à des modifications qualitatives et quantitatives du peuplement de copépodes, notamment une diminution de la richesse spécifique et de la densité. Ces résultats s'accordent avec ceux obtenus par différents auteurs dans des zones sous influence marine. Ainsi, à Bietri (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire), Arfi *et al.* (1987)

avaient noté que le déversement de nombreux effluents domestiques et industriels de la ville d'Abidjan se traduisait par une augmentation du degré d'eutrophisation s'accompagnant d'une baisse importante des effectifs zooplanctoniques, surtout chez les copépodes. La même constatation a été faite par Arfi *et al.* (1982) dans les milieux portuaires de Marseille où les facteurs de pollution provoquent une diminution de la diversité spécifique et de la densité du zooplancton. De même, Arfi (1983) a noté qu'à proximité immédiate de l'émissaire de Cortiou (Marseille) où la turbidité est importante, le zooplancton présentait une plus grande pauvreté spécifique et quantitative.

Parmi les facteurs liés directement au rejet, la forte turbidité de l'eau et la teneur relativement faible en oxygène dissous à proximité du rejet de la ville d'Azemmour, semblent être à l'origine des changements qualitatifs et quantitatifs constatés dans le peuplement de copépodes, en agissant probablement au niveau de la physiologie des espèces. Selon Arfi *et al.* (1981), de tels facteurs peuvent agir sur les mécanismes de filtration, limitant l'acquisition de nourriture, et sur le recrutement des copépodes. Le maintien ou l'absence de certaines espèces de copépodes près du rejet par comparaison avec les autres stations de référence, indique des tolérances différentes vis-à-vis des facteurs de pollution. En effet, parmi toutes les espèces recensées dans l'estuaire, seules *Oithona helgolandica*, *Euterpina acutifrons*, *Acartia clausi* et *Acartia discaudata*, semblent être capables de résister à la pollution, alors que les autres espèces de fréquence sensiblement plus faible à SR qu'à S1 et S3, telles que *Paracalanus parvus* ou *Centropages typicus*, peuvent être classées comme des formes moins tolérantes. Ce résultat est similaire à celui obtenu par différents auteurs, dont Arfi *et al.* (1981) et Sioukou-Frangou, Papathanassiou (1991), selon lesquels *Acartia clausi*, *Oithona helgolandica* et *Euterpina acutifrons* sont les copépodes qui tolèrent le mieux les milieux fortement perturbés, alors que *Centropages typicus* et *Paracalanus parvus* se classent parmi les espèces côtières qui supportent mal ce type de milieu. Les espèces les plus tolérantes sont d'ailleurs celles qui montrent la plus grande capacité d'adaptation physiologique. Par exemple, Moraitou-Apostolopoulou, Verriopoulos (1981) ont montré que l'espèce *Acartia clausi* des secteurs pollués présentait des caractéristiques physiologiques différentes de celles observées chez l'espèce vivant dans des secteurs non pollués, notamment une meilleure résistance aux changements brutaux de température du milieu.

## Bibliographie

- Arfi R.**, 1983 - *Dynamique structurelle et fonctionnelle du plancton en aires perturbées (secteur de Cortiou - darse de Fos). Traitement des données.* Thèse Doct. ès Sci., Univ. Aix-Marseille II, 357 pp.
- Arfi R., G. Champalbert, G. Patriti**, 1981 - Système planctonique et pollution urbaine : un aspect des pollutions zooplanctoniques. *Mar. Biol.*, **61** : 133-141.
- Arfi R., G. Champalbert, G. Patriti, A. Puddu, J.P. Reys**, 1982 - Étude préliminaire comparée du plancton du Vieux-Port, de l'avant-port et du Golfe de Marseille (liaison avec des paramètres physiques, chimiques et de pollution). *Téthys*, **10** (3) : 211-217.
- Arfi R., M. Pagano, L. Saint-Jean**, 1987 - Communautés zooplanctoniques dans une lagune tropicale (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) : variations spatio-temporelles. *Revue Hydrobiol. trop.*, **20** (1) : 21-35.
- Castel J.**, 1985 - Importance des copépodes méiobenthiques lagunaires dans le régime alimentaire des formes juvéniles de poissons euryhalins. *Bull. Ecol.*, **16** : 169-176.
- Castel J.**, 1992 - The meiofauna of coastal lagoon ecosystems and their importance in the food web. *Vie Milieu*, **42** (2) : 125-135.
- Castel J.**, 1993 - Long-term distribution of zooplankton in the Gironde estuary and its relation with river flow and suspended matter. *Cah. Biol. mar.*, **34** (2) : 145-163.
- Cheggour M.**, 1988 - *Contribution à l'étude d'un milieu paralique. L'estuaire de Bou Regreg (Côte atlantique marocaine).* Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, E.N.S., Rabat, 337 pp.
- Chiahou B.**, 1990 - *Étude bio-écologique des copépodes pélagiques marins de l'estuaire Atlantique du Bou Regreg (Maroc).* Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Mohamed V, Rabat, 124 pp.
- Diouf P.S., A. Diallo**, 1987 - Variations spatio-temporelles du zooplancton d'un estuaire hyperhalin : la Casamance. *Revue Hydrobiol. trop.*, **20** (3-4) : 257-269.
- Dussart B.**, 1967 - *Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale. Tome I : Calanoides et Harpacticoïdes.* Ed. N. Boubée et Cie, Paris, 500 pp.
- Dussart B.**, 1969 - *Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale. Tome II : Cyclopoïdes et Biologie.* Ed. N. Boubée et Cie, Paris, 292 pp.
- Ezzaouak M.**, 1991 - *La caractérisation hydrodynamique physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles de l'estuaire de Bou Regreg (Maroc) soumis aux rejets des villes de Rabat - Salé.* Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Mohamed V, Rabat, 140 pp.

**Gaudy R.**, 1970 - *Contribution à la connaissance du cycle biologique et de la physiologie des copépodes du Golfe de Marseille*. Thèse Doc. Etat, Univ. Marseille Luminy, 350 pp.

**Gaughan D.J., I.C. Potter**, 1995 - Composition, distribution and seasonal abundance of zooplankton in a shallow, seasonally closed estuary in temperate Australia, *Estuar. coast. Shelf Sci.*, **41** : 117-135.

**Guelorget O., J.P. Perthuisot**, 1983 - *Le domaine paraliq : expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement*. Presses École Normale Supérieure, Paris, 136 pp.

**Heerkloss R., U. Brenning, M. Ring**, 1990 - Secondary production of calanoids (Copepoda, Crustacea) in brackish waters. *Limnol. Oceanogr.*, **20** : 65-69.

**Kaimoussi A.**, 1996 - *Étude de la variabilité de l'accumulation des métaux lourds dans les différents compartiments (sédiments, mollusques et algues) du littoral de la région d'El Jadida*. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Sci., El Jadida, 150 pp.

**Mishra S., R.C. Panigrahy**, 1996 - Copepods of Bahuda estuary (Orissa), East coast of India, *Indian J. mar. Sci.*, **25** : 98-102.

**Moncef M.**, 1993 - *Étude du peuplement de copépodes et des larves de chaoborides de la retenue de barrage Al Massira Maroc*. Thèse Doct. Etat, Casablanca, 228 pp.

**Moraïtou-Apostolopoulou M., G. Verriopoulos**, 1981 - Thermal tolerance of two populations of *Acartia clausi* (Copepoda) living at differently polluted areas. *Hydrobiologia*, **77** (1) : 3-6.

**Nielsen T.G., M. Sabatini**, 1996 - Role of cyclopoid copepods *Oithona spp.* in North Sea plankton communities. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, **139** : 79-93.

**Padmavati G., S.C. Goswami**, 1996 - Zooplankton ecology in the Mandovi-Zuari estuarine system of Goa, West coast of India, *Indian. mar. Sci.*, **25** : 268-273.

**Pagano M., L. Saint-Jean**, 1988 - *Importance et rôle du zooplancton dans une lagune tropicale, la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Peuplements, biomasse, production et bilan métabolique*. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille II, 390 pp + annexes 50 pp.

**Plounevez S., G. Champalbert**, 1999 - Feeding behaviour and trophic environment of *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Bay of Biscay. *Estuar. coast. Shelf Sci.*, **49** : 177-191.

**Rose M.**, 1933 - Copépodes pélagiques. In : *Faune de France. Vol. 26*. Le Chevalier (ed.), Féd. Soc fr. Sci. Nat., Paris, pp : 170-184.

**Sioukou-Frangou I., E. Papathanassiou**, 1991 - Differentiation of zooplankton population in a polluted area. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, **76** : 41-51.

**Stearns D.E., P.A. Tester, R.L. Walker**, 1989 - Diel changes in the egg production rate of *Acartia tonsa* (copepoda, calanoïda) and related environmental factors in two estuaries. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, **52** (1) : 7-16.

Reçu en février 2001 ; accepté en avril 2004.  
Received February 2001; accepted April 2004.