

Variations spatio-temporelles du mésozooplancton de la région d'Agadir (Maroc) entre mai 1999 et décembre 2000

Space and time variations of mesozooplankton
in the Agadir region (Morocco)
between May 1999 and December 2000

Façal Youssara^{*/**}, Raymond Gaudy^{* 1},
Abdelatif Moukrim^{**}, Mohammed Moncef^{***}

* Centre d'Océanologie de Marseille, LOB (URA CNRS 6535),
Station marine d'Endoume, rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille, France.

** Laboratoire Eaux et Environnement, Université Ibn Zohr,
Faculté des Sciences d'Agadir, Agadir, Maroc.

*** Laboratoire d'Hydrobiologie, Université Chouaib Doukkali,
Faculté des Sciences d'El Jadida, El Jadida, Maroc.

1. Correspondant : gaudy@com.univ-mrs.fr

Abstract

Youssara F., R. Gaudy, A. Moukrim, M. Moncef, 2004 –
[Space and time variations of the mesozooplankton
in the Agadir region (Morocco) between May 1999
and December 2000]. *Mar. Life*, 14 (1-2) : 3-18.

The biomass, abundance and composition of the mesozooplankton of the Agadir region (Morocco) were studied from May 1999 to December 2000 at three coastal stations displaying different ecological characters (site close to the upwelling, site submitted to anthropic effects, and reference site, without pollution influence).

Highest biomass and abundance mean values are observed at the polluted station, and the lowest, at the reference station. Information is given on the seasonal distribution of the different holoplanktonic and meroplanktonic groups. The occurrence of the copepods *Calanus brevicornis* (*Calanoides carinatus*) and *Ctenocalanus vanus* is strongly related to the upwelling.

On the other hand, this latter has not incidence upon zooplankton productivity, as far as the location of the stations is concerned, all the studied region being evenly enriched in nutrients and in chlorophyll.

KEY-WORDS :

zooplankton, biomass, abundance,
composition, upwelling, Morocco.

Résumé

Youssara F., R. Gaudy, A. Moukrim, M. Moncef, 2004 –
Variations spatio-temporelles du mésozooplancton
de la région d'Agadir (Maroc) entre mai 1999
et décembre 2000. *Mar. Life*, 14 (1-2) : 3-18.

La biomasse, l'abondance et la composition du mésozooplancton de la région d'Agadir (Maroc) ont été étudiées de mai 1999 à décembre 2000 dans trois stations côtières à caractère écologique différent (site proche de l'upwelling, site soumis à l'action anthropique, et site "de référence", non soumis à la pollution). La biomasse et l'abondance moyennes sont les plus élevées à la station anthropisée et les plus faibles à la station de référence. Des informations sont données sur la distribution saisonnière des différents taxons de l'holoplancton et du méroplancton. La présence des copépodes *Calanus brevicornis* (*Calanoides carinatus*) et *Ctenocalanus vanus* est fortement liée à l'upwelling. Par contre, celui-ci n'a pas d'incidence sur la productivité du zooplancton selon la position des stations, toute la zone étudiée étant uniformément enrichie en nutriments et en chlorophylle.

MOTS CLÉS :

zooplankton, biomasse, abondance,
composition, upwelling, Maroc.

Introduction

Les remontées d'eaux profondes (upwelling) contribuent à alimenter en nutriments la couche euphotique, ce qui favorise en conséquence la production primaire. Cet enrichissement peut se répercuter à son tour sur les maillons trophiques ultérieurs de la chaîne alimentaire. Ce phénomène s'observe en diverses aires océaniques, à des échelles spatiales ou temporelles différentes, mais il est plus développé et plus constant aux bordures ouest des continents, et notamment, dans le nord-ouest africain, entre 18 °N et 32 °N.

Dans l'Atlantique marocain, la région d'Agadir est caractérisée par un upwelling saisonnier dont la source se situe au cap Ghir (Hagen *et al.*, 1996). Ce phénomène débute au printemps et atteint son maximum d'intensité en été (Grall *et al.*, 1982). L'upwelling de la région d'Agadir est maintenant bien décrit aux plans hydrologique et hydrodynamique (Grall, 1973 ; Le Floch, 1973 ; Fiala, Jacques, 1974 ; Minas *et al.*, 1974 ; Le Corre, Tréguer, 1976 ; Grall *et al.*, 1982 ; Hagen *et al.*, 1996), mais son influence sur la biomasse secondaire n'a été abordée que ponctuellement, à certaines saisons (Grall *et al.*, 1974 ; Thiriot, 1978). En ce qui concerne la répartition faunistique, les travaux de Furnestin (1957) sont relatifs à la distribution des principaux taxons du zooplancton de surface le long des côtes atlantico-marocaines, et ceux de Furnestin et Belfquih (1976) et de Belfquih (1980), basés sur le même matériel, ont trait aux copépodes. Ces données ont été complétées par la suite par les résultats des campagnes CINECA (Cooperative Investigation in the North East Central Atlantic) consacrées à l'étude de l'upwelling marocain et mauritanien pour ce qui concerne la répartition des principaux taxons holoplanctoniques (Boucher, Thiriot, 1973) et l'inventaire spécifiques des copépodes (Boucher *et al.*, 1973 ; Vives, 1982). Plus récemment, un certain nombre de travaux marocains concernent des secteurs plus limités dans des zones côtières, estuariennes ou littorales (Chiaou, Menioui, 1998 ; Ouldessaib *et al.*, 1998 ; El Khalki *et al.*, 1999, sous presse) ou, au contraire, considèrent la structure biogéographique des copépodes sur une échelle plus vaste (Chiaou *et al.*, 1998). Cependant, en milieu marin, aucun travail portant sur le cycle annuel de l'ensemble du zooplancton n'avait encore été fait.

Compte tenu de la variabilité temporelle du phénomène d'upwelling devant les côtes marocaines, il nous a donc paru utile d'effectuer dans la région d'Agadir un suivi saisonnier des variations de biomasse, d'abondance et de la structure taxinomique du peuplement

zooplanctonique, ceci afin de mieux comprendre l'effet des conditions environnementales sur le milieu biologique.

Matériels et méthodes

Trois stations ont été explorées régulièrement de mai 1999 à décembre 2000 avec un pas d'échantillonnage de 15 jours environ (**figure 1**). Ces stations ont été prospectées lors de chaque sortie entre 8 h et 15 h. Elles se situaient à environ 2 km de la côte, sur des fonds d'une trentaine de mètres.

La station du cap Ghir (30° 36' 1" N ; 9° 50' 9" W) est localisée à environ 45 km d'Agadir, au large d'une pointe rocheuse qui constitue la limite nord de la baie d'Agadir. Cette région est la plus directement soumise à l'influence de l'upwelling.

La station de Taghazout (30° 31' 3" N, 9° 44' 8" W), éloignée de l'influence directe de l'upwelling et de toute source de pollution, est réputée pour sa salubrité (Id Halla *et al.*, sous presse). Elle a été donc choisie comme station de référence.

La station d'Anza (30° 26' 6" N, 9° 40' 7" W), au voisinage immédiat de la ville d'Agadir, a été choisie pour prendre en considération l'action anthropique dont l'effet s'ajoute ici à celui des facteurs naturels. Cette station est en effet soumise à une forte décharge de rejets urbains et aux effets polluants d'une importante activité industrielle (cimenterie, huilerie, conserverie, divers) et portuaire (Id Halla *et al.*, sous presse).

À chaque station, des mesures de température, de salinité, de pH et de concentration en chlorophylle *a* (mesurée par fluorimétrie selon Holm-Hansen et Rieman, 1978) ont été effectuées sur des échantillons d'eau de mer prélevés en surface, à 15 m et à 25 m de profondeur. Cependant, comme les valeurs de ces différents facteurs ne différaient pas significativement entre les trois niveaux de prélèvement (ANOVA ; $P > 0,05$), seules les mesures de surface ont été représentées ici.

Le zooplancton a été pêché verticalement entre 25 m et la surface avec un filet WP₂ (UNESCO, 1968) de 56 cm d'ouverture et de 200 µm de vide de maille. Chaque échantillon était fractionné à la boîte de Motoda. Une partie du prélèvement était tamisée sur un disque pré-pesé en soie, rapidement rincée ensuite à l'eau distillée puis déshydratée dans une étuve à 60°C pendant trois jours. La biomasse du zooplancton (poids sec) était évaluée d'après la différence des poids de l'échantillon déshydraté et de la soie pré-pesée.

Cette valeur était ensuite extrapolée au milieu naturel en tenant compte de la taille du sous-échantillonnage de la pêche et du volume filtré par le filet entre 25 m et la surface (6,25 m³).

Une autre fraction de la pêche était conservée en flacons dans de l'eau de mer formolée à 4 % et tamponnée au borax, pour la détermination et le comptage des organismes. Ces dénombrements ont été réalisés à partir de trois répliqués d'un sous-échantillon, placés dans une cuve de Dollfus. L'abondance des principaux groupes holoplanctoniques et méroplanctoniques a ensuite été extrapolée au milieu. Les principaux taxons du mésozooplancton ont été séparés. Les copépodes et les cladocères ont été identifiés à l'espèce.

Les résultats des comptages ont été traités par l'analyse factorielle des correspondances (AFC) et par la classification hiérarchique au moyen du logiciel SPAD 3. L'AFC a été choisie de préférence à l'ACP (Analyse en Composantes Principales) parce qu'elle permet une représentation simultanée des variables et des observations. D'autre part, pour traiter les relations entre les points, elle utilise au lieu de la distance euclidienne une distance dite du CHI-2, basée sur les proportions et non les valeurs absolues, ce qui n'impose pas de transformation logarithmique des données.

Résultats

Paramètres environnementaux

La température est généralement plus froide à la station du cap Ghir, la plus proche de l'upwelling, que dans les deux autres stations, surtout en été, période où l'upwelling est le plus intense (**figure 2**). La salinité, analogue aux trois stations, est minimale en hiver. Le pH est légèrement plus bas au site industriel d'Anza. La chlorophylle *a* varie de manière identique dans les trois stations avec un maximum au printemps et en début d'été.

Biomasse et abondance zooplanctoniques

La biomasse du zooplancton (**figure 3**) fluctue fortement. Le pic automnal est plus développé et plus précoce à la station d'Anza. En moyenne annuelle, la biomasse zooplanctonique est la plus élevée à la station d'Anza (19,52 mg.m⁻³), intermédiaire à la station du cap Ghir (16,04 mg.m⁻³) et la plus faible à la station de Taghazout (13,80 mg.m⁻³).

Les variations d'abondance du mésozooplancton sont plus ou moins parallèles à celles de la biomasse avec cependant un pic supplémentaire en fin de printemps

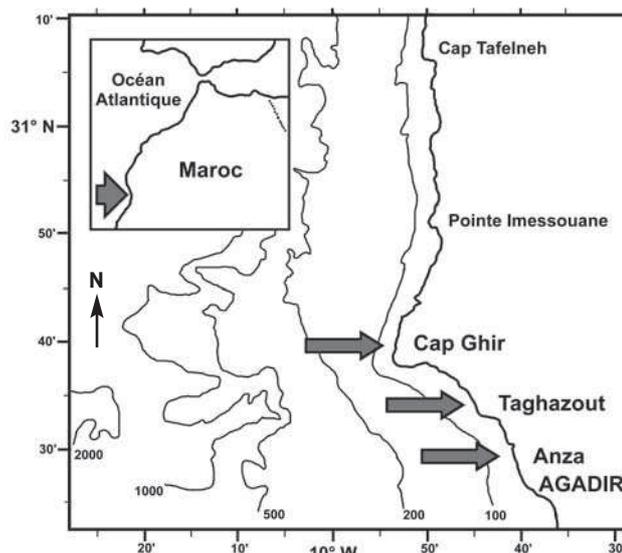


Figure 1
 Zone d'étude et localisation (flèches) des trois stations de prélèvements. / Study area and location (arrows) of the three sampling stations.

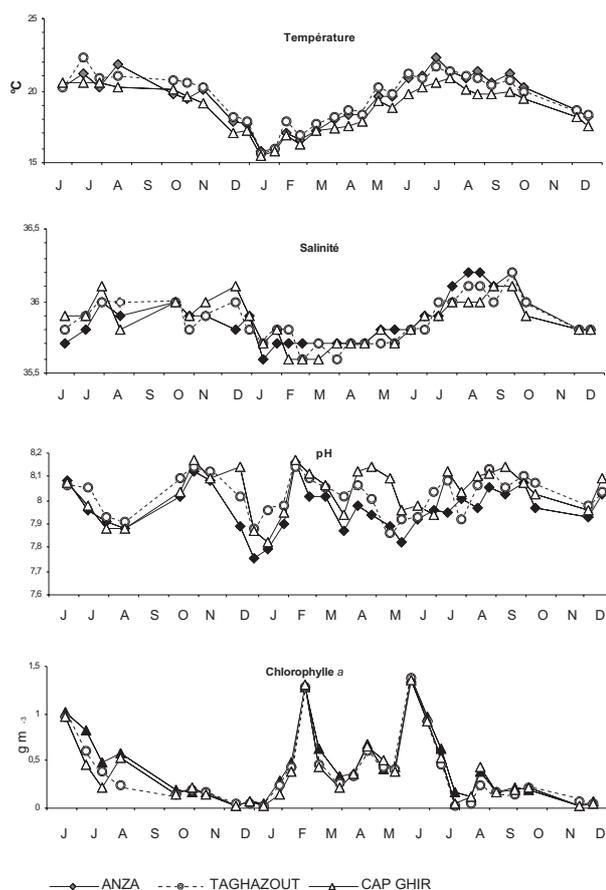


Figure 2
 Variations saisonnières de certains paramètres environnementaux aux trois stations de prélèvement. / Seasonal variations of some environmental parameters at the three sampling stations.

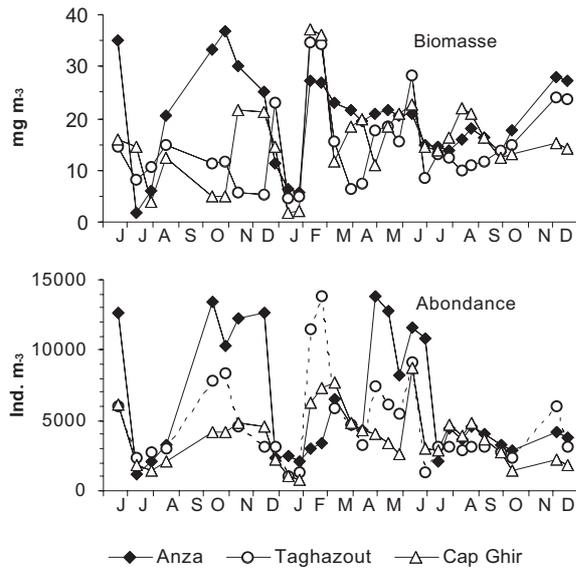


Figure 3

Variations saisonnières de la biomasse (a) et de l'abondance (b) du zooplancton aux trois stations de prélèvement. / Seasonal variations of zooplankton biomass (a) and abundance (b) at the three sampling stations.

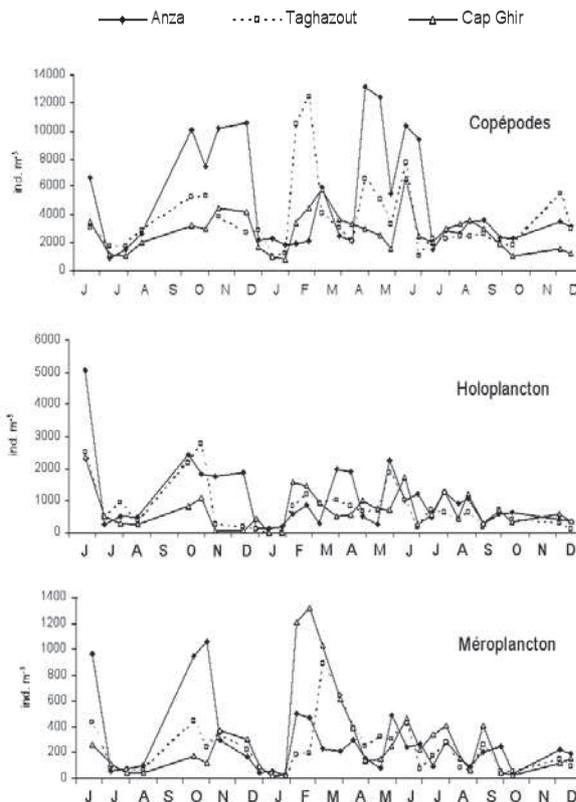


Figure 4

Variations saisonnières de la densité des copépodes, du reste de l'holoplankton et du méroplankton aux trois stations de prélèvement. / Seasonal variations of the density of copepods, other holoplankton and meroplankton at the three sampling stations.

– début d'été, bien marqué à la station d'Anza. Les variations saisonnières d'abondance et de biomasse sont indépendantes de la température, de la salinité et du pH, mais sont corrélées à la quantité de chlorophylle aux stations de Taghazout ($r = 0,58^{**}$ pour l'abondance et $0,56^{**}$ pour la biomasse) et du cap Ghir ($r = 0,60^{**}$ pour l'abondance et $0,44^*$ pour la biomasse), alors qu'aucune corrélation significative n'est trouvée à la station d'Anza.

Variations spatiales et saisonnières du zooplancton

Les copépodes (figure 4) constituent la fraction la plus importante du mésozooplancton (en moyenne annuelle : 79 % à Taghazout, 77 % à Anza et 75 % au cap Ghir). La proportion des autres taxa holoplanktoniques est de 16 % à Taghazout et de 18 % à Anza et au cap Ghir. Le méroplankton (plancton larvaire) est proportionnellement plus abondant au cap Ghir (7 %) qu'aux deux autres stations (5 %). Les copépodes présentent deux pics principaux d'abondance, l'un en automne et au printemps, plus accusé à la station d'Anza, et l'autre en hiver, surtout marqué à Taghazout. L'évolution saisonnière du reste de l'holoplankton suit le même schéma mais avec des variations plus atténuées. Le méroplankton montre une pointe principale en octobre, bien marquée à Anza et une autre en fin d'hiver, plus développée au cap Ghir.

36 espèces ont été identifiées (tableau I). Les variations saisonnières de 12 d'entre elles sont illustrées sur la figure 5.

Copépodes

Les deux espèces formant le fond du peuplement sont *Acartia clausi* et *Paracalanus parvus*. *Acartia clausi* présente une succession de pics d'amplitude assez semblable aux différentes stations, sauf de la fin d'été à la fin d'automne lors de la première année où la population d'Anza est beaucoup plus développée, et en hiver, où son abondance est maximale à Taghazout. *Paracalanus parvus* montre une évolution saisonnière assez semblable. *Centropages chierchiae* est bien représenté en fin de printemps, en été (surtout aux stations du cap Ghir et de Taghazout) et en automne, notamment à Anza. *Oncaea curta* présente, par contre, une évolution temporelle différente avec une période d'abondance en fin d'automne – début d'hiver, plus marquée au cap Ghir et à Taghazout, et une autre au printemps, très accentuée à Anza, fin avril. *Euterpina acutifrons* montre une succession de pics, plus développés en automne à Anza et en fin d'hiver au cap

Tableau I

Abondance (ind.m⁻³; moyennes saisonnières) des copépodes de la région d'Agadir (A : automne ; H : hiver ; P : printemps ; E : été).
 Abundance (ind.m⁻³; seasonal means) of copepods from the Agadir region (A: Autumn; H: Winter; S: Spring; E: Summer).

Station	Anza				Taghazout				Cap Ghir			
	A	H	P	E	A	H	P	E	A	H	P	E
<i>Acartia clausi</i>	932,1	370,4	433,4	344,7	425,4	661,4	337,0	238,4	166,5	175,1	229,0	329,2
<i>A. discaudata</i>	0,0	0,0	5,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Paracalanus parvus</i>	273,9	193,5	151,4	131,5	186,1	611,6	273,5	104,3	153,3	239,9	141,9	142,0
<i>P. nanus</i>	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
<i>Centropages chierchiae</i>	298,7	55,4	28,2	100,0	169,4	70,8	76,3	76,6	132,8	45,7	80,5	87,1
<i>C. typicus</i>	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,7	0,0
<i>C. violaceus</i>	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Temora stylifera</i>	77,4	11,2	45,7	73,9	56,8	18,0	44,1	60,1	43,2	18,3	24,8	81,5
<i>Calanus helgolandicus</i>	6,9	66,6	25,3	26,7	5,5	31,3	16,8	22,4	8,6	56,1	44,0	28,8
<i>C. brevicornis</i>	0,8	1,3	2,8	2,6	1,4	2,3	1,6	2,5	3,4	3,5	4,2	8,9
<i>C. minor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
<i>Oncaea curta</i>	544,2	166,2	4448,0	1331,0	660,7	329,6	1105,0	408,3	686,8	715,8	1289,0	520,5
<i>O. media</i>	1,8	24,0	0,0	9,2	0,0	20,3	49,1	9,2	0,0	56,0	19,1	8,7
<i>O. minuta</i>	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0
<i>Oithona nana</i>	164,6	87,1	579,3	237,6	134,7	260,0	510,3	90,6	140,5	95,8	264,8	81,9
<i>O. helgolandica</i>	39,6	78,5	41,6	21,9	37,2	139,3	85,5	12,9	15,4	64,7	32,1	9,0
<i>O. setigera</i>	0,3	2,7	0,0	0,8	0,2	10,5	0,0	0,7	0,0	4,4	0,0	0,0
<i>Calocalanus pavo</i>	3,1	10,7	0,0	2,9	5,3	12,6	1,5	0,4	0,7	6,3	4,6	2,0
<i>C. contractus</i>	1,9	1,2	0,0	1,2	0,6	2,9	2,7	1,8	0,2	3,9	0,0	0,0
<i>C. plumulosus</i>	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Euterpina acutifrons</i>	301,3	53,9	350,4	142,3	111,8	103,9	317,1	46,7	80,9	150,1	149,4	105,8
<i>Clytemnestra scutellata</i>	3,4	0,0	0,0	1,3	1,9	0,0	136,9	1,5	0,5	0,0	0,0	1,1
<i>Candacia sp.</i>	0,3	0,6	0,0	0,0	0,2	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
<i>Clausocalanus furcatus</i>	1,0	0,0	2,5	0,4	1,1	4,4	2,3	2,8	1,5	1,0	1,8	0,4
<i>C. arcuicornis</i>	58,5	67,3	13,7	10,6	51,2	73,3	26,3	15,9	42,2	20,3	23,0	24,7
<i>Ctenocalanus vanus</i>	6,5	0,0	0,0	0,4	6,3	0,9	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	3,0
<i>Corycaeus typicus</i>	66,9	12,1	43,5	21,7	19,2	9,5	36,8	14,7	12,1	38,0	22,5	20,7
<i>C. clausi</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
<i>C. latus</i>	0,0	0,6	2,2	0,1	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0
<i>Corycella rostrata</i>	7,7	3,0	0,0	0,0	1,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Isias clavipes</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Eucalanus elongatus</i>	0,0	0,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
<i>Euchaeta hebes</i>	0,0	5,9	7,3	3,1	0,0	3,1	0,8	1,7	0,2	0,5	0,5	0,5
<i>Lucicutia longicornis</i>	0,0	0,0	1,6	1,2	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Aetideus armatus</i>	0,0	0,0	1,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Labidocera brunescens</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0

Ghir et au printemps, notamment à Taghazout. *Temora stylifera* est surtout abondant en été et en automne. *Oithona nana* est maximum au printemps (Taghazout et Anza). Son abondance paraît plus limitée au cap Ghir. *Oithona helgolandica*, plus abondante en hiver surtout à Taghazout, est toujours plus rare au cap Ghir. *Clausocalanus arcuicornis* est surtout abondant en automne lors de la première année du cycle, et en hiver, notamment aux stations d'Anza et de Taghazout. *Calanus helgolandicus* domine surtout en hiver mais présente aussi un maximum bien marqué en juin à la station de Taghazout. *Calanoides carinatus* est relativement rare et quelquefois absent. Son abondance s'élève au printemps et en été. Ses plus fortes densités sont observées au cap Ghir. *Ctenocalanus vanus* se développe en été et en automne.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) a été réalisée à partir des fréquences saisonnières moyennes de 12 espèces, sélectionnées pour leur plus grande fréquence aux trois stations (**figure 6**). Les trois premiers axes représentent respectivement 82 %, 14 % et 2,6 %

de l'inertie totale soit un total de 98,6 %. L'axe 1 est lié aux saisons marquées par une augmentation progressive de la température (printemps et été). A son extrémité positive se situent deux espèces thermophiles *Oncaea curta* et *Oithona nana*. L'axe 2 correspond à la succession automne – hiver, au cours de laquelle les températures sont en phase descendante. Il est caractérisé dans sa partie la plus positive par *Calanus helgolandicus*, une espèce du large transportée par le courant des Canaries. Enfin, l'axe 3 exprime l'influence de l'upwelling, plus marqué au printemps et en été aux stations du cap Ghir et de Taghazout, et est caractérisé surtout par *Ctenocalanus vanus* tandis que l'autre espèce indicatrice d'upwelling, *Calanus brevicornis* (*Calanoides carinatus*), se situe en position intermédiaire dans les parties positives des axes 2 et 3, indiquant par là le caractère plus froid de son habitat. La projection du nuage des individus sur le plan constitué par les deux premiers axes met en évidence une répartition des 12 espèces en quatre groupes différents, bien identifiés par ailleurs sur l'arbre hiérarchique.

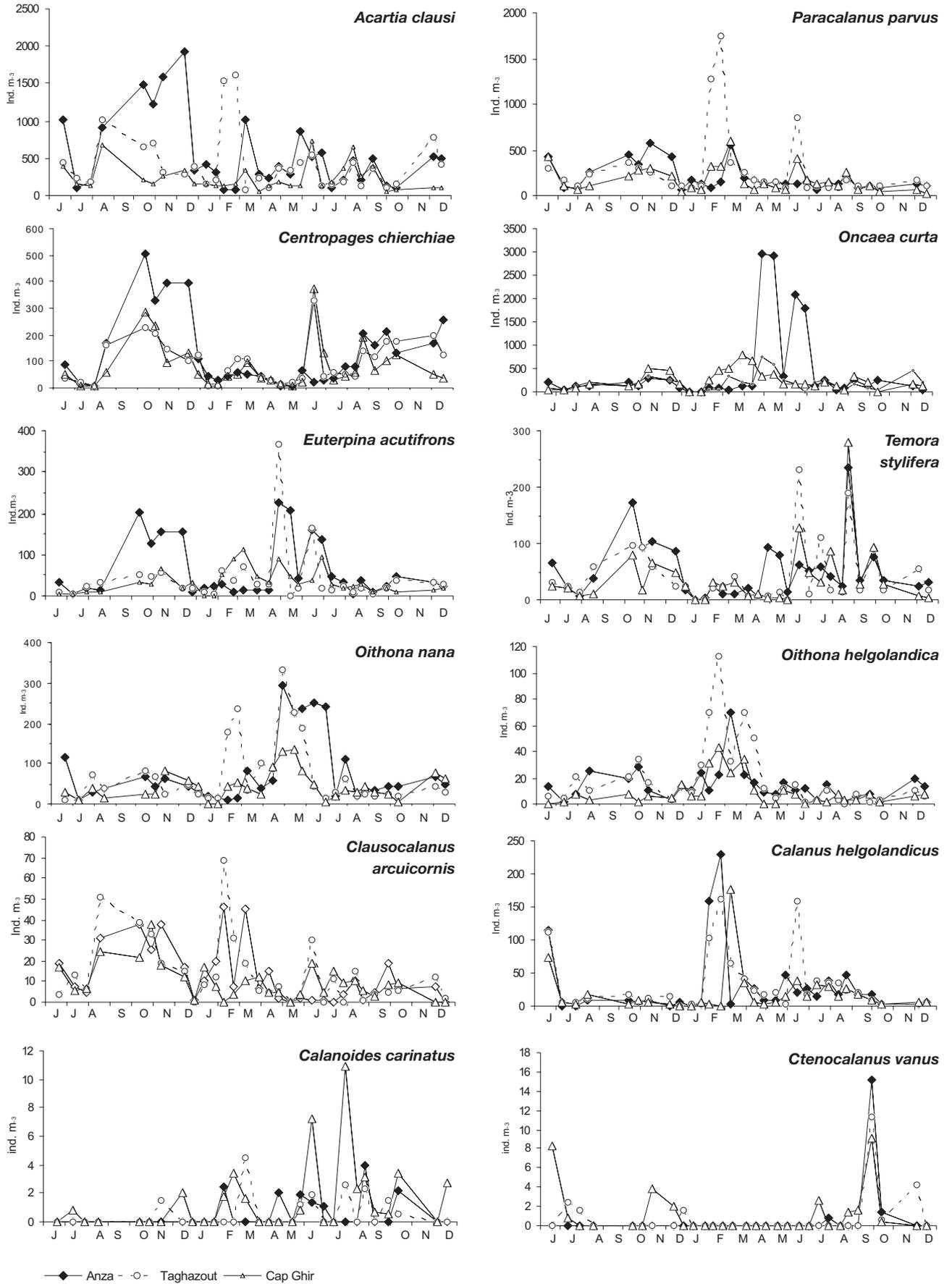


Figure 5

Variations saisonnières de la densité de quelques espèces de copépodes aux trois stations de prélèvement.
Seasonal variations of the density of some copepod species at the three sampling stations.

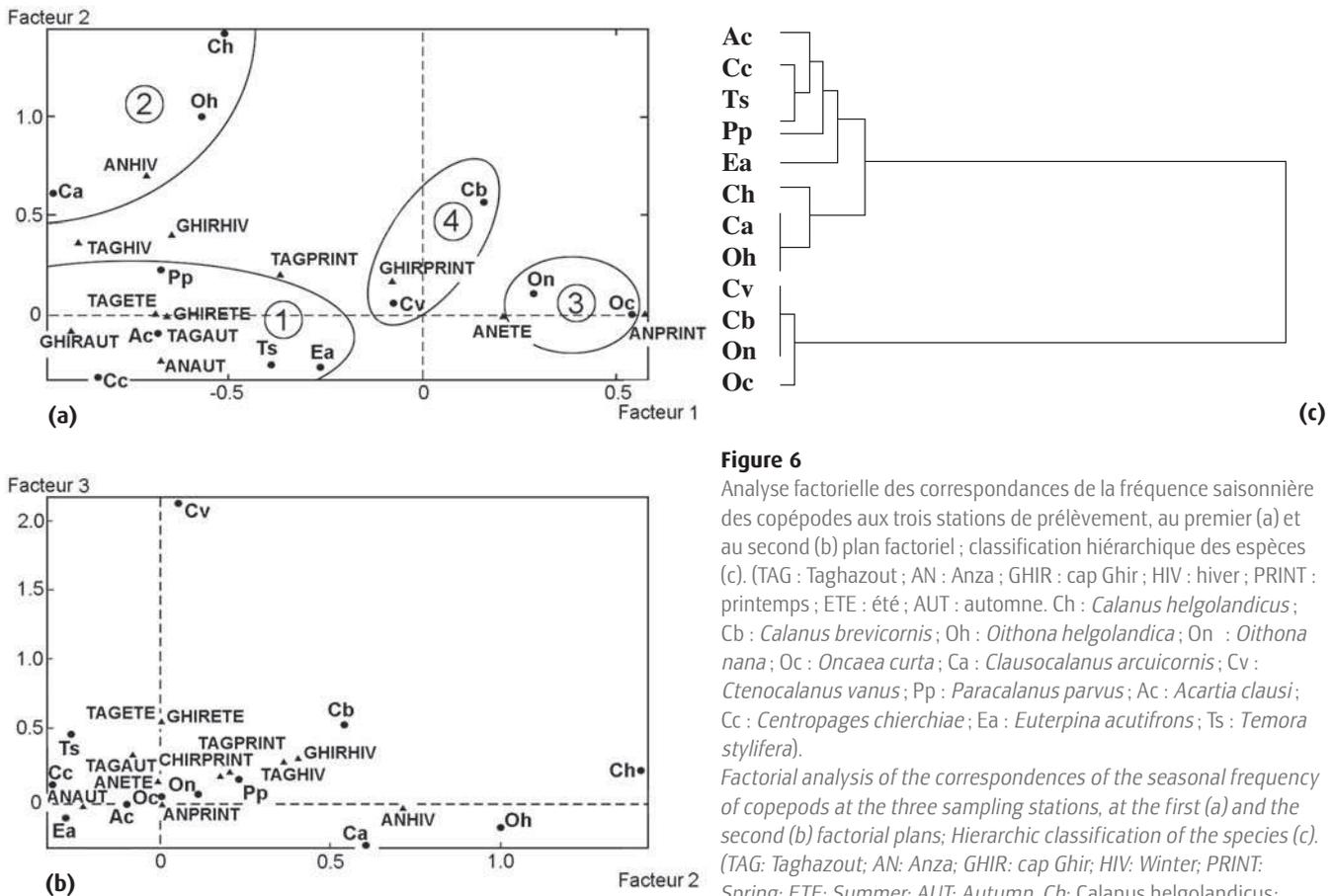


Figure 6

Analyse factorielle des correspondances de la fréquence saisonnière des copépodes aux trois stations de prélèvement, au premier (a) et au second (b) plan factoriel ; classification hiérarchique des espèces (c). (TAG : Taghazout ; AN : Anza ; GHIR : cap Ghir ; HIV : hiver ; PRINT : printemps ; ETE : été ; AUT : automne. Ch : *Calanus helgolandicus* ; Cb : *Calanus brevicornis* ; Oh : *Oithona helgolandica* ; On : *Oithona nana* ; Oc : *Oncaea curta* ; Ca : *Clausocalanus arcuicornis* ; Cv : *Ctenocalanus vanus* ; Pp : *Paracalanus parvus* ; Ac : *Acartia clausi* ; Cc : *Centropages chierchiaie* ; Ea : *Euterpina acutifrons* ; Ts : *Temora stylifera*).

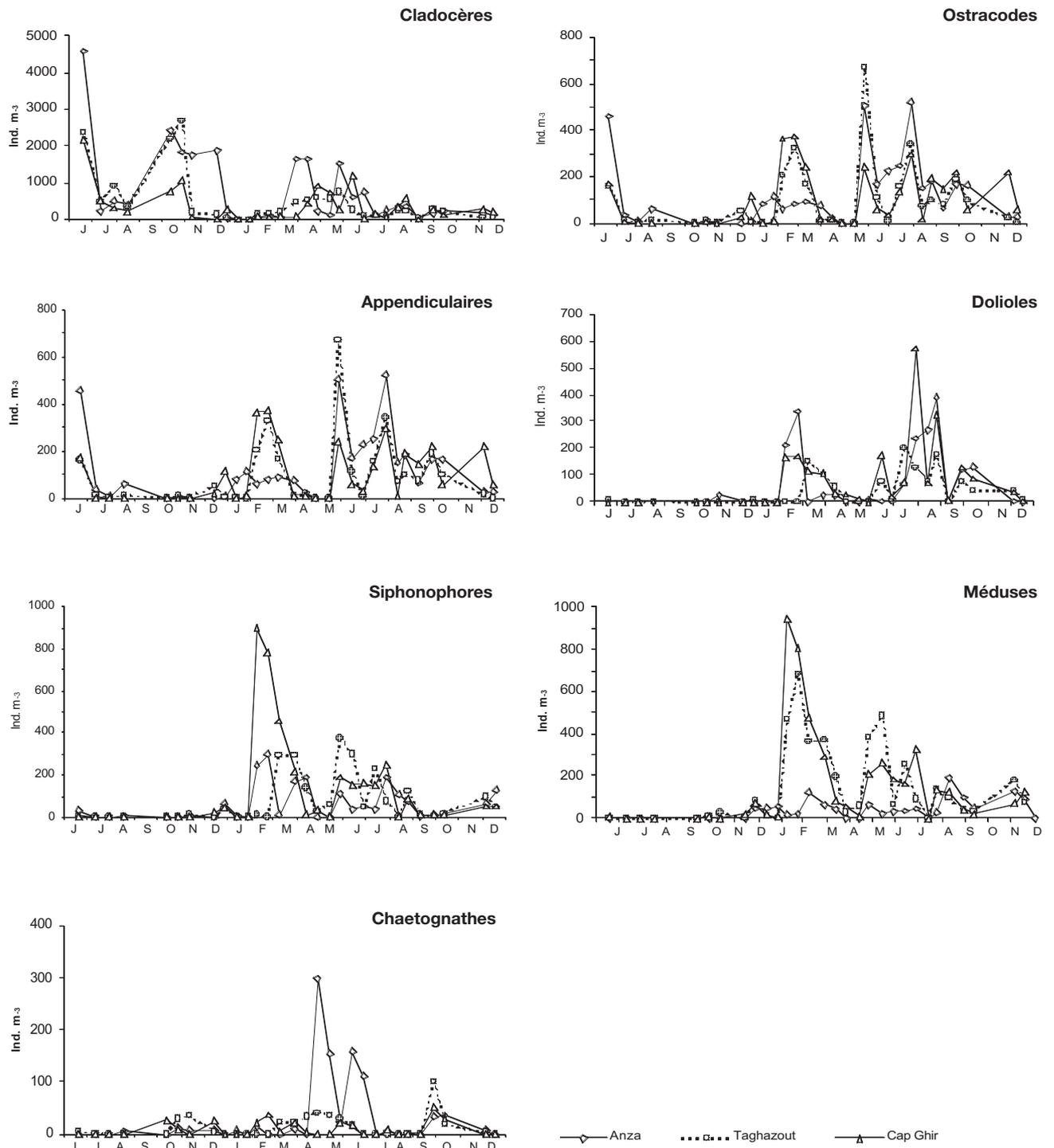
Factorial analysis of the correspondences of the seasonal frequency of copepods at the three sampling stations, at the first (a) and the second (b) factorial plans ; Hierarchic classification of the species (c). (TAG : Taghazout ; AN : Anza ; GHIR : cap Ghir ; HIV : Winter ; PRINT : Spring ; ETE : Summer ; AUT : Autumn. Ch : *Calanus helgolandicus* ; Cb : *Calanus brevicornis* ; Oh : *Oithona helgolandica* ; On : *Oithona nana* ; Oc : *Oncaea curta* ; Ca : *Clausocalanus arcuicornis* ; Cv : *Ctenocalanus vanus* ; Pp : *Paracalanus parvus* ; Ac : *Acartia clausi* ; Cc : *Centropages chierchiaie* ; Ea : *Euterpina acutifrons* ; Ts : *Temora stylifera*).

Le 1^{er} groupe, centré aux origines des axes, rassemble des espèces pérennes sans affinité saisonnière particulière. Ces espèces sont par ordre de fréquence *Acartia clausi*, *Centropages chierchiaie*, *Temora stylifera*, *Paracalanus parvus* et *Euterpina acutifrons*. Le 2^e groupe réunit les espèces cryophiles à affinité hivernale. On y trouve *Calanus helgolandicus*, *Clausocalanus arcuicornis* et *Oithona helgolandica*. Le 3^e groupe comprend deux espèces à affinité estivale, *Oncaea curta* et *Oithona nana*, abondantes surtout à Anza. Le 4^e groupe enfin, est constitué par les deux espèces indicatrices d'upwelling : *Ctenocalanus vanus* et *Calanoides carinatus*. (le synonyme de cette dernière espèce, *Calanus brevicornis*, a été utilisé sur la figure pour éviter la confusion avec *Centropages chierchiaie*).

La projection des points sur le plan formé du 2^e et 3^e axe (figure 6b), permet de mettre plus clairement en évidence ce groupe lié à l'upwelling, bien expliqué par l'axe 3.

Holoplancton autre que les copépodes

L'holoplancton, copépodes non compris, comprend 19 groupes identifiés (espèces ou genres), présentés sur le **tableau II**, avec leurs abondances saisonnières respectives. Les variations saisonnières des sept taxons les mieux représentés sont rapportées sur la **figure 7**. Le groupe dominant est celui des cladocères, représentés par cinq espèces : *Evadne nordmanni*, *Evadne spinifera*, *Penilia avirostris*, *Podon polyphemoides* et *Podon leuckarti*. Leur développement est surtout lié à la saison chaude, alors qu'ils sont très rares en hiver. *Evadne nordmanni* et *Evadne spinifera* dominent au printemps et en été. *Penilia avirostris* ne se rencontre que pendant l'automne. *Podon polyphemoides* est présente presque toute l'année avec un maximum automnal. *Podon leuckarti*, plus rare, n'est détectée qu'en fin janvier, à la station d'Anza.

**Figure 7**

Variations saisonnières de la densité des principaux taxons de l'holoplancton aux trois stations de prélèvement.
 Seasonal variation of the density of the main holoplanktonic taxa at the three stations.

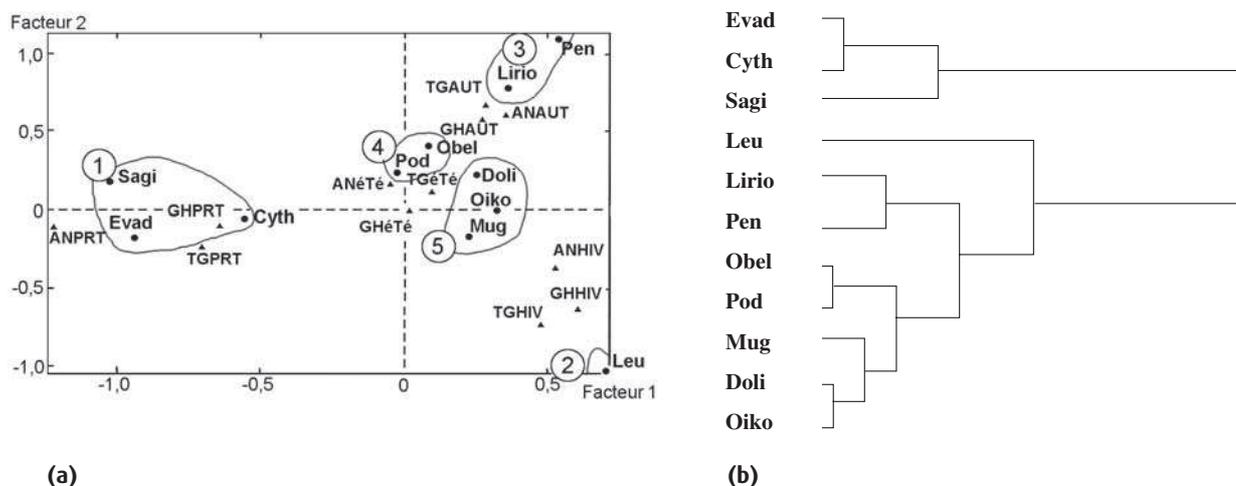


Figure 8

Analyse factorielle des correspondances de la fréquence saisonnière des taxa holoplanctoniques autres que les copépodes aux trois stations, au premier plan factoriel (a); classification hiérarchique des taxa (b). (TG : Taghazout ; AN : Anza ; GH : cap Ghir ; HIV : hiver ; PRT : printemps ; ÉTÉ : été ; AUT : automne. Pen : *Penilia* ; Lirio : *Liriope* ; Obel : *Obelia* ; Pod : *Podon* ; Doli : *Doliolum* ; Oiko : *Oikopleura* ; Mug : *Muggiaea* ; Cyth : *Cytherea* ; Sagi : *Sagitta* ; Evad : *Evadne* ; Leu : *Leuckartia*).

Correspondences factorial analysis of the seasonal frequency of holoplanktonic taxa, excluding copepods at the three stations, at the first factorial plan (top); hierarchic classification of the taxa (bottom). (TG : Taghazout ; AN : Anza ; GH : cap Ghir ; HIV : Winter ; PRT : Spring ; été : Summer ; AUT : Autumn. Pen : *Penilia* ; Lirio : *Liriope* ; Obel : *Obelia* ; Pod : *Podon* ; Doli : *Doliolum* ; Oiko : *Oikopleura* ; Mug : *Muggiaea* ; Cyth : *Cytherea* ; Sagi : *Sagitta* ; Evad : *Evadne* ; Leu : *Leuckartia*).

Tableau II

Abondance (ind.m⁻³; moyennes saisonnières) des taxons holoplanctoniques de la région d'Agadir (A : automne ; H : hiver ; P : printemps ; E : été)
Abundance (ind.m⁻³; seasonal means) of holoplanktonic taxa from the Agadir region (A : Autumn ; H : Winter ; S : Spring ; E : Summer).

Station	Anza				Taghazout				Cap Ghir			
	A	H	P	E	A	H	P	E	A	H	P	E
Cladocères												
<i>Evadne nordmanni</i>	19,4	18,6	660,6	149,6	13,5	32,3	338,2	62,8	7,5	15,8	341,7	100,5
<i>E. spinifera</i>	20,1	0,0	182,8	66,9	26,0	0,0	102,5	18,2	17,7	0,3	84,0	28,4
<i>Penilia avirostris</i>	972,7	3,1	2,2	4,9	637,8	1,8	2,7	5,1	247,2	4,7	2,0	2,1
<i>Podon leuckarti</i>	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>P. polyphemoides</i>	52,8	20,9	112,2	85,4	51,6	58,8	82,7	45,9	72,4	62,2	172,0	59,8
Ostracodes												
<i>Cytherea</i>	1,1	2,6	11,1	13,4	3,1	6,8	26,9	6,0	1,8	0,7	5,8	15,6
<i>Conchoecia</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,7	0,0	0,0
Appendiculaires												
<i>Oikopleura</i>	49,6	73,3	115,6	188,3	45,8	117,0	130,6	108,9	73,1	184,0	55,2	126,9
<i>Fritillaria</i>	0,0	0,0	14,3	44,6	0,0	0,0	4,7	16,8	0,0	0,0	0,9	8,5
Dolioles												
<i>Doliolum denticulum</i>	35,0	90,9	10,7	163,0	21,2	27,1	39,1	99,5	32,1	75,3	58,0	177,5
Salpes												
<i>Cyclosalpa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0
Siphonophores												
<i>Muggiaea</i>	28,8	103,8	85,6	77,1	21,6	56,3	197,9	80,9	17,7	362,4	100,0	110,1
Anthomédues												
<i>Slabberia</i>	0,0	0,0	0,0	4,3	0,4	19,9	7,8	2,3	0,5	0,0	1,6	6,2
<i>Leuckartiara</i>	6,9	45,9	27,4	15,3	4,5	188,4	29,8	10,0	3,0	23,1	24,5	20,0
Leptoméduses												
<i>Obelia</i>	13,4	4,9	3,5	6,0	1,8	0,0	17,8	2,5	5,3	0,0	23,3	3,9
Trachyméduses												
<i>Liriope</i>	24,7	0,8	0,0	28,3	16,2	3,1	0,0	10,4	8,8	0,0	0,0	14,2
Narcoméduses												
<i>Solmissus</i>	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chaetognathes												
<i>Sagitta</i>	13,3	3,8	107,2	20,0	24,0	3,8	30,4	0,2	17,8	10,9	11,2	2,1
Amphipodes												
<i>Lycaea pulex</i>	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,5

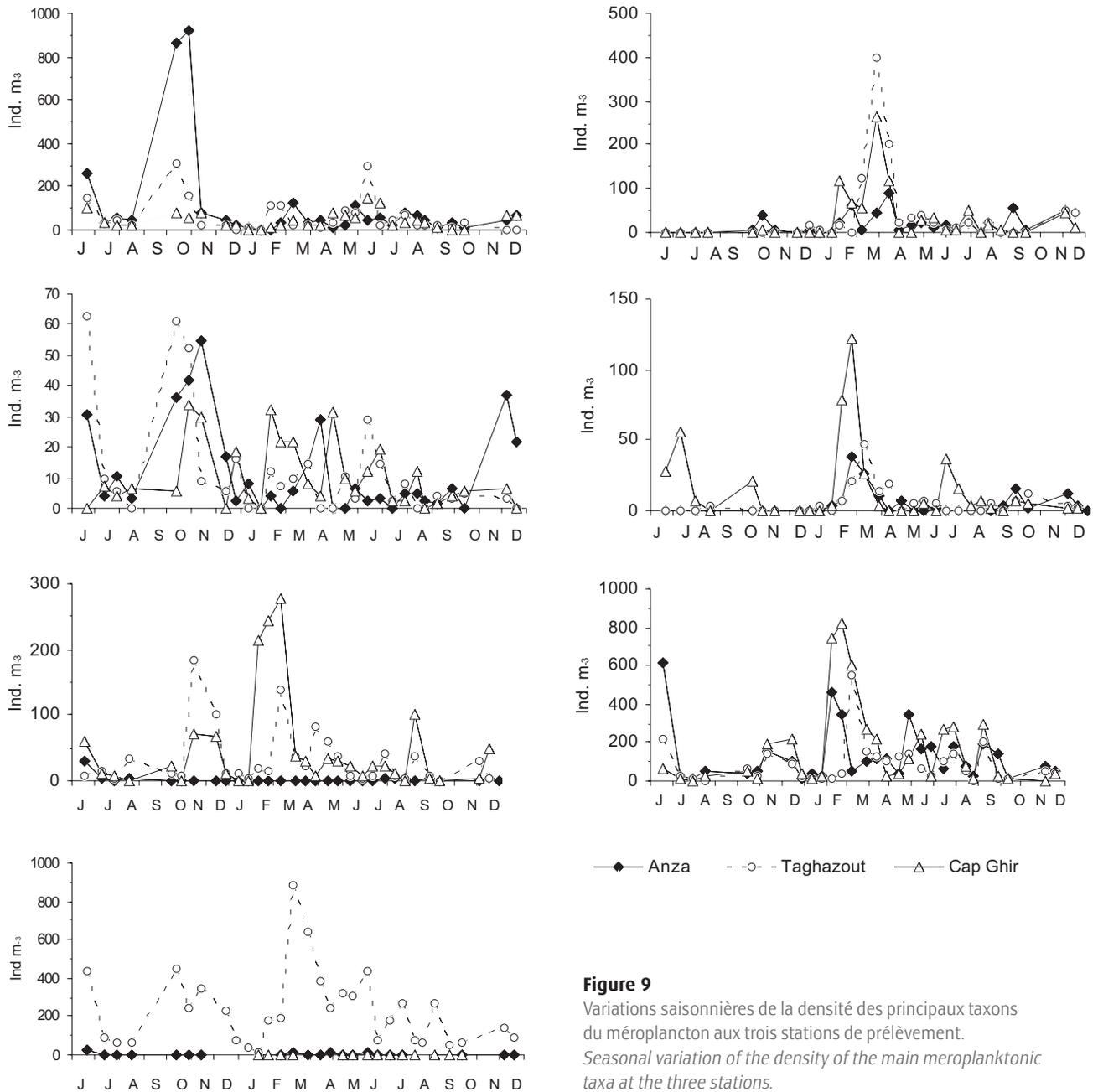


Figure 9
Variations saisonnières de la densité des principaux taxons du méroplancton aux trois stations de prélèvement.
Seasonal variation of the density of the main meroplanktonic taxa at the three stations.

Les ostracodes peuvent être abondants à certaines périodes de l'année, comme en hiver au cap Ghir et à Taghazout, ou en été, aux trois stations.

Les appendiculaires (*Oikopleura* sp., *Fritillaria* sp.) montrent des pics d'abondance en hiver (surtout au cap Ghir et à Taghazout) et au printemps et en été (surtout à Anza et au cap Ghir).

Les doliolles et les siphonophores sont rares en été lors de la première année, mais montrent ensuite des pointes d'abondance importantes en hiver, puis au cours du deuxième été. A la station du cap Ghir, les siphonophores et les appendiculaires sont très abondants en hiver et les doliolles en été.

Les méduses mésoplanctoniques sont plus nombreuses aux stations du cap Ghir et de Taghazout. Les anthoméduses peuvent atteindre un développement important en hiver, pouvant même dominer tous les autres groupes holoplanctoniques (à l'exclusion des copépodes) comme c'est le cas à la mi-janvier au cap Ghir et à Taghazout. Les leptoméduses sont rares et surtout liées à la saison automnale.

Les chaetognathes, peu abondants en automne, atteignent leur maximum de densité au site d'Anza d'avril à juin.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC), a été appliquée sur les fréquences moyennes saisonnières

Tableau III

Abondance (ind.m⁻³; moyennes saisonnières) des taxons méroplanctoniques de la région d'Agadir (A : automne ; H : hiver ; P : printemps ; E : été).
 Abundance (ind.m⁻³; seasonal means) of meroplanktonic taxa from the Agadir region (A: Autumn; H: Winter; S: Spring; E: Summer).

Station	Anza				Taghazout				Cap Ghir				
	A	H	P	E	A	H	P	E	A	H	P	E	
Cirripèdes													
Larves Balanes	256,6	31,6	48,1	46,4	69,8	42,4	88,1	33,6	47,8	18,9	65,1	46,5	
Lamellibranches													
L. Gasteropodes	3,9	2,2	4,3	0,4	1,5	5,5	5,0	1,9	5,2	11,6	2,2	1,6	
L. Bivalves	22,9	1,1	4,4	2,4	15,9	1,8	4,5	3,0	5,5	4,5	9,6	4,9	
Echinodermes													
L. Ophiures	25,0	13,2	27,5	7,7	11,8	22,8	105,4	7,1	7,2	38,9	52,8	4,6	
L. Echinides	0,3	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,9	1,6	0,0	0,0	0,0	4,1	
L. Astérides	1,6	3,1	4,3	0,6	0,6	3,5	12,7	1,6	0,0	0,9	19,7	5,6	
L. Actinotroches	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,9	0,9	0,0	
Annélides													
L. Polychètes	4,0	11,5	3,0	0,8	2,9	11,9	8,6	0,9	4,2	38,2	1,6	1,8	
Poissons													
Œufs	0,3	0,0	0,0	0,4	0,3	1,3	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	9,0	
Larves	0,3	0,0	0,0	1,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6	1,4	0,7	2,9	
Euphausiacés													
Nauplii	20,4	48,9	16,4	16,5	42,2	33,0	40,9	17,2	26,6	122,9	26,3	25,0	
Métanauplii	56,7	79,1	108,4	83,4	42,2	102,2	96,4	70,6	51,6	332,7	112,2	113,3	
Protozoés	1,5	24,3	16,3	18,3	12,2	7,3	21,1	15,2	16,2	37,9	35,4	42,2	
Zoés	0,2	3,7	8,9	1,3	0,6	1,4	4,4	2,6	0,0	4,4	5,1	4,5	
Décapodes													
Nauplii	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	
Protoz. Porcellanes	1,0	2,7	5,7	1,2	0,8	1,2	1,5	0,4	0,2	1,8	0,9	0,9	
Protoz. Phyllosomes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	
Total	394,8	222,8	247,3	183,9	201,3	235,1	390,0	155,7	165,7	615,8	333,5	267,1	

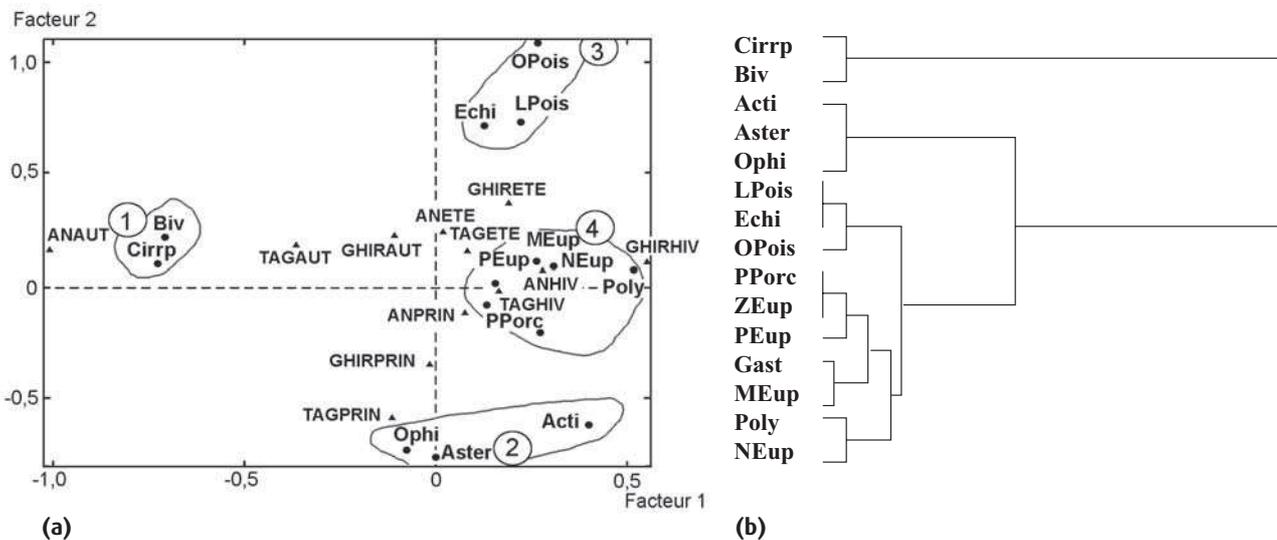


Figure 10

Analyse factorielle des correspondances de la fréquence saisonnière des taxa méroplanctoniques aux trois stations, au premier plan factoriel (a); classification hiérarchique des taxa (b). (TAG : Taghazout; AN : Anza; GHIR : cap Ghir; HIV : hiver; PRIN : printemps; ETE : été; AUT : automne. O : œufs; L : larves; N : nauplii; M : métanauplii; P : protozoés; Z : zoés; Pois : poissons; Echi : échinodermes; Eup : euphausiacés; Porc : porcellanes; Biv : bivalves; Cirrp : cirripèdes; Gast : gastéropodes; Poly : polychètes; Ophi : ophiures; Aster : astérides; Acti : actinotroques).

Correspondences factorial analysis of the seasonal frequency of meroplanktonic taxa at the three stations, at the first factorial plan (top); hierarchic classification of the taxa (bottom). (TAG: Taghazout; AN: Anza; GHIR: cap Ghir; HIV: Winter; PRIN: Spring; ETE: Summer; AUT: Autumn. O: eggs; L: larvae; N: nauplii; M: métanauplii; P: protozoés; Z: zoés; Pois: fish; Echi: échinodermes; Eup: euphausiacés; Porc: porcellanes; Biv: bivalves; Cirrp: cirripèdes; Gast: gastéropodes; Poly: polychètes; Ophi: ophiures; Aster: astérides; Acti: actinotroques).

de 11 représentants de l'holoplancton (copépodes non compris). La projection du nuage des individus sur le plan constitué des deux premiers axes (représentant respectivement 44 % et 29 % de la variance) met en évidence la répartition de ces taxons en 5 groupes, individualisés par ailleurs par leur classement hiérarchique (**figure 8**).

Le premier groupe, formé de taxons à affinité printanière, comprend le cladocère *Evadne*, l'ostracode *Cytherea* et le chaetognathe *Sagitta*. Le deuxième groupe est représenté par l'anthomédule *Leuckartiara* qui est strictement hivernale. Le troisième groupe comporte deux taxons automnaux, la trachymédule *Liriopie* et le cladocère *Penilia*. Le quatrième groupe est constitué de taxa mieux représentés en été et en automne : le cladocère *Podon* et la leptomédule *Obelia*. Le cinquième groupe est composé de taxons pérennes : le siphonophore *Muggiæa*, la doliolle *Doliolum* et l'appendiculaire *Oikopleura*.

Méroplancton

17 taxons méroplanctoniques ont été identifiés (**tableau III**), les plus abondants étant les larves de crustacés (cirripèdes, euphausiacés et décapodes). L'évolution saisonnière des sept taxons les plus importants est rapportée sur la **figure 9**. Les cirripèdes dominent à Anza, l'automne de la première année et sont plus rares au cap Ghir. Les euphausiacés présentent au contraire une distribution préférentielle au cap Ghir, avec un maximum hivernal. Quant aux larves de décapodes, elles ne se rencontrent pratiquement qu'à Taghazout. Les larves d'échinodermes ne sont abondantes qu'au printemps, à Taghazout et au cap Ghir. Celles de mollusques montrent des pics étalés sur toute l'année mais assez mal synchronisés aux trois stations. Les larves de polychètes sont nettement plus abondantes à la station du cap Ghir, notamment en février et en été. Enfin les œufs et larves de poissons sont également bien représentés à la station du cap Ghir et à Taghazout mais sont pratiquement absents de la région d'Anza.

L'analyse factorielle des correspondances considère 15 groupes. La carte factorielle du plan constitué par les deux premiers axes (représentant respectivement 52 % et 20 % de la variance totale), permet de regrouper les larves en quatre catégories séparées, hiérarchisées par ailleurs par la classification hiérarchique (**figure 10**).

Le premier groupe rassemble des taxons bien représentés en automne : les larves de bivalves et de cirripèdes (*Balanus*). Le deuxième groupe réunit des taxons essentiellement printaniers, dont les actino-

troques et les larves d'astérides et d'ophiures. Le 3^e groupe rassemble les taxons à affinité estivale tels que les larves d'échinides et les formes juvéniles de poissons (œufs et alevins). Le 4^e groupe est constitué de taxons pérennes : larves de gastéropodes, de polychètes, zoés de décapodes et les différents stades larvaires d'euphausiacés (nauplii, métanauplii, protozoés et zoés).

Discussion

Biomasse et abondance du zooplancton

Il est admis généralement que la biomasse zooplanctonique dépend directement de la richesse de l'échelon primaire (concentration de chlorophylle). En considérant les variations saisonnières, ceci se vérifie effectivement aux stations de Taghazout et du cap Ghir où les biomasses secondaire et primaire sont corrélées. Par contre, à Anza, l'absence de corrélation significative entre biomasse et richesse en chlorophylle suggère que cette station s'écarte des deux autres par ses conditions trophiques. Ceci résulte probablement des conditions particulières régnant dans cette région, fortement soumise à l'effet anthropique (Id Halla *et al.*, sous presse). L'augmentation de l'apport en sels nutritifs pourrait favoriser la production primaire locale. D'autre part, l'abondance de débris organiques avec leur accompagnement bactérien pourrait servir de nourriture complémentaire au zooplancton omnivore ou favoriser le développement des protistes hétérotrophes, eux-mêmes utilisables comme proies par les copépodes (Heinle *et al.*, 1977 ; Lawrence *et al.*, 1993). Dans les trois stations de la région d'Agadir, des mesures du métabolisme respiratoire et excrétoire effectuées au cours d'expériences saisonnières réalisées pendant la même période (Youssara, 2002) ont permis de calculer les rapports atomiques O/N (oxygène respiré sur azote ammoniacal excrété) qui sont un bon indicateur de la qualité du substrat alimentaire catabolisé (Gaudy, Boucher, 1983 ; Le Borgne, 1986). Les valeurs de O/N du zooplancton d'Anza sont significativement plus basses que celles de la station témoin, indiquant une plus grande proportion de matériel protéique dans la nourriture du zooplancton. Ce complément nutritionnel favoriserait l'accroissement de la production secondaire, se répercutant par une plus haute valeur moyenne de biomasse et d'abondance zooplanctonique à la station d'Anza qu'aux autres stations. L'effet fertilisant des zones polluées sur la production zooplanctonique a déjà été

signalé dans d'autres zones côtières, par exemple dans la région d'Athènes (Moraitou-Apostolopoulou, 1974).

Les plus basses moyennes de biomasse et d'abondance zooplanctoniques au voisinage du cap Ghir peuvent surprendre dans la mesure où l'upwelling est supposé être à l'origine de l'enrichissement de la région. Or, si l'effet de l'upwelling apparaît bien sur les températures, localement plus basses, il ne se manifeste pas sur la concentration de chlorophylle, qui est analogue dans les trois stations. Cette uniformité semble la conséquence d'une concentration homogène en sels minéraux. Lors de la période d'étude, la concentration en nitrates a été mesurée sur l'ensemble de la zone prospectée en mai 1999. Elle était analogue à toutes les stations, avec des valeurs comprise entre 4 et 8 $\mu\text{atg.L}^{-1}$, comparables au maximum de 9 $\mu\text{atg.L}^{-1}$ relevé dans la même région par Le Corre et Treguer (1976). Dans la zone d'étude, il est impossible de séparer les sources de cet enrichissement en nitrates qui pourraient être, soit l'upwelling du cap Ghir lui-même, soit l'eutrophisation se propageant à partir de la ville d'Agadir. Le niveau comparativement plus faible de la biomasse zooplanctonique moyenne au cap Ghir, pourrait résulter de la dilution des eaux de surface par la remontée d'eaux de mi-profondeur, moins riches en zooplancton, ou serait liée à la turbulence. Au cap Ghir, le phénomène d'upwelling n'est stable qu'au-dessous de 50 m de profondeur (Le Saos, Tamerlin, 1976). Les eaux de surface sont fortement influencées par les vents locaux, forts en fin de journée. D'après Grall *et al.* (1982), ces vents forts ($> 20 \text{ m.s}^{-1}$) ralentissent la production primaire en augmentant la turbidité de l'eau; d'autre part, la turbulence induite par le vent diminue le temps de résidence des cellules végétales dans la zone euphotique et s'avère nuisible à l'alimentation, à la reproduction et au développement du zooplancton (Grall *et al.*, 1982), limitant ainsi le transfert de matière au deuxième maillon du réseau trophique.

Physionomie du peuplement

La prépondérance du copépode *Acartia clausi* est conforme aux observations de Belfquih (1980) pour l'ensemble des régions côtières du Maroc. Cette espèce à large distribution est aussi fréquente le long des côtes mauritaniennes (Weikert, 1982), mais se limite plus au sud (Sénégal) à la saison la plus froide (Seguin, 1966). La dominance d'*Acartia clausi* dans le secteur néritique marocain est une conséquence de sa large tolérance aux variations des facteurs du milieu, en particulier celles de la salinité, plus accusées près de la côte

(Crisafi, Crescenti, 1972; Cervetto *et al.*, 1995). Sa plus forte abondance dans le secteur anthropisé d'Anza est à mettre en regard avec son affinité pour les eaux organiquement chargées (Patrioti, 1972; Ayukai, 1987; Pagano, Saint-Jean, 1989). *Acartia clausi* est en effet une espèce omnivore, capable de s'adapter à toute sorte de nourriture (Mauchline, 1998). *Oncaea curta*, espèce également très abondante dans la région d'Agadir, est considérée par Boucher (1982) comme une forme régulière et fréquente dans les secteurs marocain et mauritanien. *Calanus helgolandicus* est une espèce du large dont la distribution est liée au courant des Canaries (Fleminger, Hulseman, 1973). Ce courant est plus proche de la côte marocaine en hiver, y entraînant alors une eau enrichie en *Calanus helgolandicus*, mais se trouve rejeté au large au printemps et en été, en raison de l'ascension des eaux froides de l'upwelling près de la côte. Nos résultats, montrant un pic d'abondance relative de *Calanus helgolandicus* entre fin janvier et début mars, sont en conformité avec ces observations. La période d'intrusion de cette espèce près de la côte coïncide aussi avec une plus forte concentration de chlorophylle *a*. *Calanus helgolandicus*, qui appartient à un genre essentiellement herbivore (Mauchline, 1998), semble trouver alors des conditions trophiques plus favorables à son développement. L'alternance saisonnière de la distribution Côte-large de *Calanus helgolandicus* a été observée dans différentes régions du monde. En Méditerranée, elle atteint le plateau continental de l'hiver au début du printemps, ou à l'occasion d'un upwelling temporaire, mais se cantonne plus au large le reste de l'année (Gaudy, 1985). Dans la zone influencée par l'upwelling de Basse Californie (27° N), elle est considérée comme une espèce méso ou bathypélagique, n'atteignant la côte que lors du bloom phytoplanctonique (Longhurst, 1967).

Deux espèces, *Calanoides carinatus* et *Ctenocalanus vanus*, peuvent être considérées comme indicatrices de l'upwelling. Elles montrent en effet une abondance relativement élevée dans tout le secteur étudié, et plus particulièrement au cap Ghir, la station la plus proche de la zone de remontée. *Calanoides carinatus* est plus abondant au printemps et en été, période où l'upwelling est le plus développé. En Afrique du Nord-Ouest, *Calanoides carinatus* indique les remontées en surface d'eaux froides sub-superficielles (Bainbridge, 1960; De Decker, 1964; Seguin, 1966). Boucher *et al.* (1975) ont montré que la présence de cette espèce dans les sites d'upwelling d'Afrique du nord-ouest était liée à l'existence de basses températures. *Ctenocalanus vanus* est

une espèce superficielle dans les eaux polaires et tempérées froides. Elle plonge en profondeur dans les régions subtropicales et tropicales, dans des masses d'eau profonde présentant les caractères hydrologiques de son biotope d'origine (Sewell, 1948 ; Vervoort, 1963) et se retrouve ramenée en surface dans les zones de remontée d'eau de pente (Boucher *et al.*, 1973 ; Belfquih, 1980). Aux différentes périodes d'apparition de ces espèces, leur présence est d'abord observée à la station du cap Ghir, puis s'étend aux autres stations, ce qui confirme un apport par l'upwelling.

Les cladocères constituent le groupe le plus important après les copépodes. Le genre *Penilia*, avec l'espèce *Penilia avirostris*, n'avait pas été observé dans le secteur néritique marocain par Furnestin (1957), alors qu'il est relativement abondant dans nos récoltes où il peut représenter en automne jusqu'à 30 % de l'holoplancton (copépodes non compris). L'évolution saisonnière d'*Evadne spinifera*, à maximum printanier, et d'*Evadne nordmanni*, bien représentée en été mais disparaissant l'hiver, est conforme à celle observée par Furnestin (1957). Le cycle saisonnier du siphonophore calycoptère *Muggiaea* sp., marqué par des pics en fin hiver – début de printemps et en été, est également en accord avec les résultats de Furnestin (1957). Cette espèce peut représenter, selon Hargreaves (1978), jusqu'à 78 % de la totalité des siphonophores le long des côtes du nord-ouest africain. Deux genres d'appendiculaires seulement sur les quatre recensés par Furnestin (1957) ont été retrouvés dans la région d'Agadir : *Oikopleura* et *Fritillaria*. *Oikopleura dioica* est l'espèce la plus abondante dans le secteur néritique marocain, avec un maximum d'abondance au printemps et en été (Furnestin, 1957 ; Boucher, Thirirot, 1973). Cette même espèce est également signalée plus au sud, en Mauritanie, par Andreu-Puyal *et al.*, 1975.

Aucune information n'est disponible dans la littérature sur les variations saisonnières du méroplancton atlantico-marocain. Dans la région d'Agadir, en dehors d'un stock de formes pérennes, le développement des différentes catégories de larves est lié à une saison déterminée. La plus grande proportion de méroplancton à la station du cap Ghir indique une optimisation de la reproduction des invertébrés et des poissons de cette région, réputée pour sa richesse halieutique. Ce site est celui qui abrite proportionnellement le plus d'œufs et larves de poissons et de stades divers d'euphausiacés, contrastant avec le site pollué d'Anza où ces formes sont rares au profit des larves de balanes, à nutrition opportuniste, qui sont généra-

lement très florissantes dans les secteurs littoraux ou portuaires à forte influence anthropique (Patriti, 1972).

Conclusion

L'influence de l'upwelling apparaît bien au niveau des températures de l'eau côtière, plus basses près du cap Ghir que dans les autres stations. Par contre, on ne dénote aucun enrichissement particulier du phytoplancton qui pourrait être lié à une remontée vers la surface de sels minéraux. L'uniformité de la concentration en chlorophylle dans la région étudiée traduit un enrichissement général de la région en sels nutritifs, soit par l'upwelling, soit du fait de l'anthropisation liée à l'activité économique de la ville d'Agadir. En raison de la flexibilité trophique de certains de ses composants, le zooplancton côtier de la région industrialisée d'Anza tire profit de l'enrichissement en résidus organiques et y atteint la biomasse la plus élevée. Sur le plan faunistique, le mésozooplancton est surtout composé d'un fond de formes côtières, les mieux adaptées à la variabilité des conditions environnementales et trophiques (*Acartia clausi*, *Oncaea curta*, *Euterpina acutifrons*, *Penilia avirostris*, *Oikopleura* sp.). Cependant, quelques espèces sont plus spécialement liées à l'hydrodynamisme, comme par exemple chez les copépodes *Calanus helgolandicus*, transporté par le courant des Canaries, ou *Calanoides carinatus* et *Ctenocalanus vanus*, qui caractérisent les remontées d'eau. Bien que la comparaison de la richesse biologique aux trois stations n'ait pas permis d'isoler l'influence enrichissante de l'upwelling, il est probable que, sur une plus vaste échelle d'espace, celui-ci contribue fortement à la fertilité biologique de l'ensemble de la région, depuis l'échelon primaire jusqu'aux poissons planctonophages. Une évidence indirecte en est donnée par la forte activité des pêcheries de sardines dans cette région des côtes du Maroc.

Bibliographie

- Andreu-Puyal P., G. Santamaria, I. Trepas**, 1975 - Distribution de quelques groupes de zooplancton (Euphausiacés, Ptéropodes-Hétéropodes, Salpides, Doliolides et Appendiculaires) dans le N.O. africain. Communication, *Cons. Perm. Int. Explor. Mer. CM/L*, **16** (unpublished manuscript).
- Ayukai T.**, 1987 - Feeding by the planktonic calanoid copepod *Acartia clausi* Giesbrecht on natural suspended particulate matter of varying quantity and quality. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **106** : 137-149.
- Bainbridge V.**, 1960 - Occurrence of *Calanoides carinatus* (Kröyer) in the plankton of the gulf of Guinea. *Nature*, **188** : 932-933.
- Belfquih M.**, 1980 - *Les copépodes du plateau continental Atlanto-Marocain. Un cycle annuel dans les zones d'upwelling*. Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Univ. Aix-Marseille I, 126 pp.
- Boucher J.**, 1982 - Peuplement de copépodes des upwellings côtiers nord-ouest africains : Composition faunistique et structure démographique. *Oceanologica Acta*, **5** : 49-62.
- Boucher J., A. Thiriot**, 1973 - Campagne CINECA-CHARCOT I, 22 janv-15 fév 1971. Biomasse zooplanctonique 1- Résultats numériques. *Publ. CNEXO, Rés. Camp. Mer*, **6** : 125-128.
- Boucher J., R. Gaudy, F. Vives**, 1973 - Copépodes, liste spécifique. Résultats de la campagne CINECA CHARCOT I. *Publ. CNEXO, Rés. Camp. Mer*, **6** : 135-141.
- Boucher J., A. Laurec, J.F. Samain, S.L. Smith**, 1975 - Etude de la nutrition, du régime et du rythme alimentaire du zooplancton dans les conditions naturelles par la mesure des activités enzymatiques digestives. In : *Proc. 10th Europ. mar. biol. Symp.*, G. Persoone, E. Jaspers (eds). Universa press, Wetteren, Belgium, pp : 85-110.
- Cervetto G., M. Pagano, R. Gaudy**, 1995 - Adaptation aux variations de la salinité chez le copépode *Acartia clausi*. *J. Rech. océanogr.*, **20** : 42-49.
- Chiaou B., M. Menioui, M. Ramdani**, 1998 - Structure biogéographique des copépodes des côtes marocaines. *Rapp. P.-v. Réunion. CIESM*, **35** : 406-407.
- Chiaou B., M. Menioui**, 1998 - Diversité biologique des copépodes des côtes marocaines. *Rapp. P.-v. Réunion. CIESM*, **35** : 408-409.
- Crisafi P., M. Crescenti**, 1972 - Comportamento, morfologia, sviluppo, misure confronti e revisione di otto species della famiglia Acartiidae incontrate un acque marine inquinate soprattutto da scarichi industriali. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, **27** (2) : 221-254.
- De Decker A.**, 1964 - Observations on the ecology and distribution of copepoda in the marine plankton of South Africa. *Dept. Comm. and Ind. Div. Sea Fisher. Pretoria, J. Inv. Rep.*, **49** : 3-47.
- El Khalki A., M. Moncef, R. Gaudy**, 1999 - Étude quantitative et qualitative du peuplement de copépodes de l'estuaire de l'Oum Er Rbia (côte atlantique du Maroc). *J. Rech. océanogr.*, **24** : 55-67.
- 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'Azemour. *Mar. Life*, **14** : 19-29.
- Fiala M., G. Jacques**, 1974 - Relations entre ATP, chlorophylle et production dans la couche euphotique d'une zone d'upwelling (campagne CINECA-CHARCOT II, 14 mars - 30 avril 1971). *Téthys*, **6** : 261-268.
- Furnestin M.L.**, 1957 - Chaetognathes et zooplancton du secteur atlantique marocain. *Recl Trav. Inst. Pêches marit.*, **21** : 1-356.
- Furnestin M.L., M. Belfquih**, 1976 - Les copépodes du plateau continental marocain et du détroit canarien. II. Les espèces au cours d'un cycle annuel dans les zones d'upwelling. *Cons. Int. Explor. Mer, CM L/9*, 4 pp.
- Fleminger A., K. Hulseman**, 1973 - Relationship of Indian ocean epiplanktonic calanoids to the world oceans. *Ecol. Stud. Anal. Synth.*, **3** : 339-348.
- Gaudy R.**, 1985 - Features and peculiarities of the zooplankton communities from the western Mediterranean. In : *Mediterranean Marine Ecosystems*, M. Moraitou-Apostolopoulou, V. Kiortsis (eds), Plenum publ. Co., London, pp : 279-301.
- Gaudy R., J. Boucher**, 1983 - Relation between respiration, excretion (ammonia and inorganic phosphorus) and activity of amylase and trypsin in different species of pelagic copepods from an Indian Ocean equatorial area. *Mar. Biol.*, **75** : 37-45.
- Grall J.R.**, 1973 - Rapport sur les mesures de production primaire. Campagne CINECA-CHARCOT I, 22 janv-15 fév 1971. *Publ. CNEXO, Rés. Camp. Mer*, **6** : 1-188.
- Grall J.R., P. Laborde, P. Le Corre, J. Neveux, P. Treguer, A. Thiriot**, 1974 - Caractéristiques trophiques et production planctonique dans la région sud de l'Atlantique marocain. Résultats des campagnes CINECA Charcot I et III. *Téthys*, **6** : 11-28.
- Grall J.R., P. Le Corre, P. Treguer**, 1982 - Short-term variability of primary production in coastal upwelling of Morocco. *Rapp. P.-v. Réunion. CIESM*, **180** : 221-227.
- Hagen E., C. Züllicke, R. Feistel**, 1996 - Near-surface structures in the Cape Ghir filament off Morocco. *Oceanologica Acta*, **19** : 577-598.

- Hargreaves P.M.**, 1978 - Relative abundance of zooplankton groups in the northwest african upwelling region during 1968 and 1972. In : *Upwelling ecosystems*. R. Boje, M. Tomczac (eds), Springer-Verlag, Berlin, pp : 62-72.
- Heinle R.D., R.P. Harris, J.F. Ustach, D.A. Flemer**, 1977 - Detritus as Food for Estuarine Copepods, *Mar. Biol.*, **40** : 341-353.
- Holm-Hansen O., B. Reimann**, 1978 - Chlorophyll *a* determination: improvements in methodology. *Oikos*, **39** : 438-447.
- Id Halla M., O. Touyer, H. Texier, A. Moukrim**, sous presse. Étude de la physico-chimie des eaux usées des trois principaux rejets du Grand Agadir et de leur impact sur la qualité de l'eau de mer. *J. Rech. océanogr.*
- Lawrence S.G., A. Ahmad, F. Azam**, 1993 - Fate of particle-bound bacteria ingested by *Calanus pacificus*. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, **97** : 299-307.
- Le Borgne R.**, 1986 - The release of soluble end products of metabolism. In : *The biological chemistry of marine copepods*. E.D.S. Corner, S.C.M. O'Hara (eds). Oxford University Press, Oxford, pp : 109-164.
- Le Corre P., P. Treguer**, 1976 - *Contribution à l'étude des sels nutritifs et de la matière organique dans l'eau de mer. Caractéristiques chimiques du golfe de Gascogne et des upwellings côtiers de l'Afrique du Nord-Ouest*. Thèse Doct. ès Sci., Univ. Bret. Occ., 490 pp.
- Le Floch J.**, 1973 - Hydrologie et dynamique du secteur ouest-marocain. Résultats de la Campagne CINECA-CHARCOT I (22 janv. - 15 févr. 1971). *Publ. CNEXO, Rés. Camp. Mer*, **6** : 27-63.
- Le Floch J.**, 1974 - Quelques aspects de la dynamique et de l'hydrologie des couches superficielles dans l'ouest marocain. Campagnes CINECA-CHARCOT I et II. *Téthys*, **6** (1-2) : 53-68.
- Le Saos P., J. Tamerlin**, 1976 - *Campagne CINECA IV (23 juil - 15 août 1973). Hydrologie et courantométrie au large des côtes du Maroc*. Publ. Lab. Océanogr. physique, Brest, 77 pp.
- Longhurst A.R.**, 1967 - Diversity and trophic structure of zooplankton communities in the California Current. *Deep-Sea Res.*, **14** : 393-408.
- Mauchline J.**, 1998 - *The biology of calanoid copepods*. *Adv. mar. Biol.* **33**, 710 pp.
- Minas J.M., L.A. Romana, T. Packard, M.C. Bonin**, 1974 - La distribution de l'oxygène dans l'upwelling côtier (NW de l'Afrique) et dans celui d'une divergence au large (Dôme de Costa Rica), *Téthys*, **6** : 157-170.
- Moraitou-Apostolopoulou M.**, 1974 - An ecological approach to the systematic study of planktonic copepods in a polluted area (Saronic Gulf - Greece). *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, **29** : 29-47.
- Ouldessaib E., A. El Khalki, M. Moncef**, 1998 - Études quantitatives et qualitatives du peuplement de copépodes de la lagune de Oualidia (côte atlantique du Maroc). *Mar. Life*, **8** : 35-43.
- Pagano M., L. Saint-Jean**, 1989 - Biomass and production of the Calanoid copepod *Acartia clausi* in a tropical coastal lagoon: Lagune Ebrié, Ivory Coast. *Sci. mar. (Barc.)*, **53** (2-3) : 617-624.
- Patriti G.**, 1972 - Étude préliminaire des effets de la pollution globale sur le peuplement planctonique des ports Nord de Marseille. *Mar. Biol.*, **12** : 300-308.
- Seguin G.**, 1966 - Contribution à l'étude de la biologie du plancton de surface de la baie de Dakar (Sénégal). Étude qualitative, quantitative et observations écologiques au cours d'un cycle annuel. *Bull. Inst. fr. Afr. noire, sér. A*, **28** (1) : 1-90.
- Sewell R.**, 1948 - The free-swimming copepoda. II Geographical distribution. *Sci. Rep. J. Murray Exped.*, **8** (3) : 317-592.
- Thiriou A.**, 1978 - Zooplankton communities in the West African upwelling area. In : *Upwelling ecosystems*. R. Boje, M. Tomczac (eds). Springer-Verlag, Berlin, pp : 32-61.
- UNESCO**, 1968 - *Zooplankton sampling*. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol., 2, UNESCO press, Paris, 174 pp.
- Vervoort W.**, 1963 - Pelagic copepods (Part I). Copepoda calanoida of the families Calanidae up to and including Euchaetidae. *Atlantide Rept*, **7** : 77-194.
- Vives F.**, 1982 - Sur les copépodes de la région CINECA (parties nord et centrale). *Rapp. P.-v. Réun. CIESM*, **180** : 289-296.
- Weikert H.**, 1982 - Some features of zooplankton distribution in the upper 200 m in the upwelling region off Northwest Africa. *Rapp. P.-v. Réun. CIESM*, **180** : 280-288.
- Youssara F.**, 2002 - *Variations pondérales, structurales et physiologiques du zooplancton en relation avec différents types de structures : upwelling marocain (région d'Agadir), front Almería-Oran (ouest de la mer d'Alboran), Courant Nord Méditerranéen et zone de dilution rhodanienne (Golfe du Lion)*. Thèse Doct. Université de la Méditerranée, 235 pp.

Reçu en janvier 2003 ; accepté en juillet 2004.
Received January 2003; accepted July 2004.