

Evolution spatio-temporelle des abondances zooplanctoniques au large de la côte atlantique marocaine entre Cap Boujdour (26°30'N) et Cap Blanc (21°N)

Soukaina ZIZAH¹, Omar ETTAHIRI¹, Siham SALAH¹,
Ahmed YAHYAOU² & Mohammed RAMDANI³

1. Institut National de Recherche Halieutique (INRH) ; 2, Rue Tiznit, 20030 Casablanca, Maroc. e-mail : soukainazizah@yahoo.fr

2. Université Mohammed V-Agdal, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Av. Ibn Batouta, B.P. 1014 R.P., Rabat, Maroc

3. Université Mohammed V-Agdal, Institut Scientifique, Département de Zoologie et Ecologie Animale
Av. Ibn Batouta, B.P. 703 Agdal, Rabat

Résumé. Les principaux résultats relatifs aux investigations réalisées au sein de l'écosystème pélagique situé au large de la côte atlantique marocaine entre Cap Blanc (21°N) et Cap Boujdour (26°30'N) ont montré que la répartition de la chlorophylle *a* décrit un gradient croissant du Nord vers le Sud. Ce dernier est étroitement corrélé à la température et aux teneurs en sels nutritifs. Entre la baie de Cintra et le Cap Blanc, zone hébergeant un front permanent et une résurgence, la faune zooplanctonique est très diversifiée : 85 espèces de copépodes ont été identifiées. Une nette prédominance des populations à caractère tempéré a été notée ; en revanche, les copépodes inféodés aux eaux tropicales sont rares.

Mots clés : côte atlantique marocaine, écosystème pélagique, Copépodes, biomasse, chlorophylle *a*.

Space and time evolution of zooplankton abundances off the southern Moroccan Atlantic coast between Cape Boujdour (26°30'N) and Cape Blanc (21° N).

Abstract. The main results related to the investigations performed within the pelagic ecosystem situated off the Moroccan Atlantic coast between Cap Blanc (21°N) and Cap Boujdour (26°30'N), show that the distribution of the Chlorophyll depicts an increasing North-South gradient. The latter was strictly correlated with temperature and nutrients. Between the bay of Cintra and Cap Blanc, a permanent front and resurgence were identified. The Copepod fauna was quite diversified with 85 identified species. The populations with a temperate character were predominating. On the other hand, species linked to tropical waters were rare.

Key words: Moroccan Atlantic coast, pelagic ecosystem, Copepods, Biomass, Chlorophyll 'a'.

INTRODUCTION

La répartition des communautés zooplanctoniques est fortement liée aux paramètres environnementaux (courants, température, salinité...). Au sein du réseau trophique, ces interactions conditionnent fortement la production halieutique.

Le rôle des peuplements micro-zooplanctoniques dans le transfert de la matière nutritive entre les différentes composantes de la chaîne trophique pélagique a été abondamment décrit (Turner *et al.* 2001, Ara & Hiromi 2007, Giannakourou *et al.* 2008, Cotté *et al.* 2009). Ces organismes transfèrent des nutriments aux peuplements zooplanctoniques, et ces derniers constituent une ressource nutritive pour les consommateurs, représentés principalement par les poissons pélagiques (Ettahiri *et al.* 2003, Berraho *et al.* 2005).

Dans le présent travail, on se propose d'évaluer la biomasse ainsi que l'abondance des peuplements zooplanctoniques de l'écosystème pélagique de la zone comprise entre Cap Boujdour et Lagouira où s'y concentre le principal stock de la sardine au Maroc (Berraho 2007). Cette étude rentre dans le cadre du programme de recherche

de l'Institut National de Recherche Halieutique (INRH), qui a pour objectif l'évaluation des stocks des petits pélagiques (sardine, sardinelles, chinchards, maquereaux et anchois) le long de la côte atlantique marocaine, à travers les campagnes océanographiques réalisées durant 2007, 2008 et 2009.

MATERIEL ET METHODES

Les prélèvements des communautés zooplanctoniques ont été effectués de 2007 à 2009, au niveau de 16 à 37 stations groupées entre 5 et 9 radiales (Fig. 1 et Tab. I). Ils ont été réalisés à bord du navire de recherche océanographique Al Amir Moulay Abdallah, à raison de deux saisons (été et automne) par année.

Les échantillonnages ont été accompagnés de prélèvements physico-chimiques (salinité, température et chlorophylle *a*).

Chlorophylle *a*

Le dosage de la chlorophylle *a* a été réalisé à l'aide d'un fluorimètre de type Turner Design 10AU. Les extraits d'acétone ont été acidifiés, permettant ainsi l'estimation de

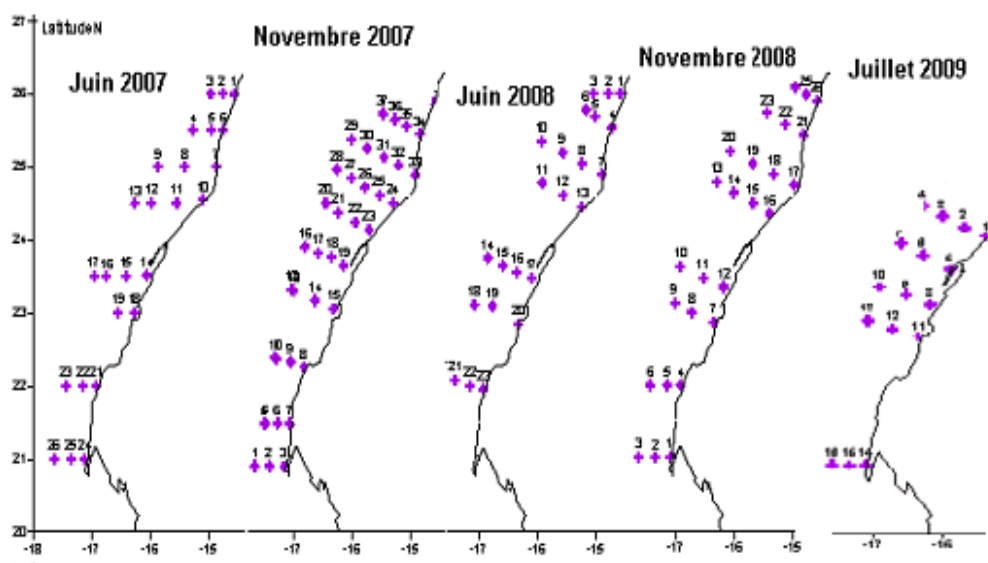


Figure 1. Répartition des stations échantillonnées au large des côtes marocaines entre 21°N et 26°30'N.

la chlorophylle et des phéopigments. Néanmoins, seule la chlorophylle *a* est considérée dans cette étude. En outre, on a retenu uniquement les résultats, exprimés en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, qui sont issus des profondeurs ne dépassant pas 100 m.

Températures

La température, la conductivité et la salinité ont été mesurées sur toute la colonne d'eau par la sonde CTD de type Seabird.

Le zooplancton

Les prélèvements zooplanctoniques ont été réalisés à l'aide d'un filet Bongo (20 cm de diamètre et 95 μm de vide de mailles) équipé d'un débitmètre pour la mesure du volume d'eau filtrée. L'armature est composée de deux filets de 95 μm de maille.

Les prélèvements sont obtenus selon la "récolte en palier" du fond vers la surface au sein d'une colonne d'eau ne dépassant pas 100 m selon des récoltes horizontales (3 minutes) et verticales (1 minute) suivant une vitesse variant entre 2 et 3 nœuds.

Les échantillons ont été conservés dans du formol à 4 %. Une fois au laboratoire, ils ont été subdivisés en deux parties théoriquement égales par la boîte de Motoda : l'une pour le dénombrement, le comptage et l'évaluation des abondances zooplanctoniques (exprimées en nombre d'individus par m^3); l'autre pour l'estimation de la biomasse humide (exprimée en $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$).

L'identification des espèces de copépodes a été effectuée à l'aide des clés de Rose (1933), Trégouboff & Rose (1957), Vervoort (1963, 1965), Razouls (1982) et Razouls *et al.* (2005).

Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)

La Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) est dressée à l'aide du logiciel Minitab en traitant la matrice des données constituée des 2 campagnes les mieux représentatives (juin 2007 et novembre 2007), totalisant 63 stations et 30 variables (27 espèces et 3 paramètres environnementaux). Chaque station est désignée par la lettre J (juin 2007) ou par N (novembre 2007), suivie du numéro de la station indiqué dans la figure 1. Les 30 variables sont codifiées en prenant les deux premières lettres du genre suivies des deux premières lettres de l'espèce. Cette analyse concerne le suivi spatio-temporel des abondances des copépodes les mieux représentés dans la zone étudiée, en plus des températures de surface, la salinité de surface et les teneurs en chlorophylle 'a'. La matrice des données est établie à partir des échantillons analysés (Fig. 1 et Tab. annexe A-I).

Une analyse des groupements, distances euclidiennes normalisées, a été utilisée pour mesurer les niveaux de similitude de la salinité, la température et les concentrations de Chl-a entre les stations échantillonnées, et la méthode de Ward a été utilisée pour illustrer les relations de ces stations dans un dendrogramme (Hafferss & Seridji 2010). Toutes les étapes de cette méthode ont été calculées à l'aide du logiciel Minitab. Des analyses multi-variées ont été effectuées pour identifier objectivement les changements spatiaux dans la structure des communautés zooplanctoniques (composition, abondance et biomasse) et déterminer les contributions relatives des différentes variables environnementales à la variabilité de la structure du zooplancton. Les données sont log-transformées [$\log_{10}(x+1)$] afin d'éviter de fortes influences des copépodes les plus abondants et de répondre aux hypothèses de l'analyse paramétrique multivariée (Hafferss & Seridji 2010). D'autres détails de la technique et sur les traitements mathématiques sont donnés dans Ibanez (1973).

L'utilisation de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été effectuée dans le but de comparer et de séparer les groupements faunistiques en relation avec leurs niveaux d'abondances et pour montrer les liens des espèces de copépodes avec les paramètres environnementaux.

RESULTATS

Hydrologie et distribution spatio-temporelle de la chlorophylle *a*

Température superficielle

L'évolution spatio-temporelle des températures des masses d'eau superficielles met en évidence la forte activité de l'upwelling.

Dans la partie sud de la zone d'étude, l'activité de la résurgence s'accroît particulièrement en été (Fig. 2). D'une station à l'autre, les écarts thermiques sont de l'ordre de 3,5°C. Les températures décrivent un gradient thermique (17 à 21°C) côte – large. Ce gradient persiste en novembre avec un écart thermique réduit (2°C), qui reflète la persistance de l'upwelling durant toute l'année.

Au Nord de Dakhla (24°N), les variations thermiques dans le sens côte – large ne sont pas aussi importantes que dans la partie sud. Durant l'année 2009, les radiales de la partie nord n'ont pas montré de variations importantes. En novembre 2009, les températures au large ont été similaires aux températures côtières.

Salinité des masses d'eau superficielles

Dans l'ensemble de la zone étudiée, les valeurs de la salinité présentent de légères variations entre les saisons estivales et hivernales (Fig. 3). Du Nord au Sud, les valeurs oscillent entre 36,9 à 35,7.

*Chlorophylle *a**

Les concentrations en chlorophylle *a* oscillent entre 0,05 et 6 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Fig. 4). Ces teneurs peuvent être groupées en trois gammes de concentrations : de 0,05 à 1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; de 1 à 3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et de 3 à 6 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Les fortes concentrations ont été particulièrement notées dans la partie sud, au voisinage de Lagouira (21°N), et au nord de Dakhla (24°N). En revanche, les années 2008 et 2009 ont été faiblement productives, accusant de faibles teneurs dans l'ensemble de la zone d'étude.

Les teneurs en chlorophylle présentent une variabilité spatio-temporelle avec un gradient décroissant côte – large. Selon les années, les stations liées aux radiales situées aux alentours de la région de Dakhla (24°N) sont caractérisées par des concentrations élevées à la côte et au large. Les teneurs élevées (3 à 6 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) sont particulièrement observées au sud de la baie de Dakhla (Fig. 4).

A partir de juin 2008, les concentrations en chlorophylle *a* ont nettement baissées (0,05 à 1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) ; en outre,

l'année 2009 a vu de faibles teneurs chloro-phylliennes. Il est à noter que la valeur maximale (4,7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a été atteinte en novembre 2007, tout près de la côte. Néanmoins, en 2008, la même station a montré de faibles concentrations algales.

Les communautés zooplanctoniques

Biodiversité taxonomique

Le tableau I illustre la biodiversité taxonomique de la faune de Copépodes récoltée durant la présente étude. La faune est composée de 85 espèces de Copépodes.

Répartition spatio-temporelle de l'abondance des copépodes

La communauté zooplanctonique est largement dominée par la fraction des copépodes, qui constituent, selon les stations, 90 à 98% de l'ensemble des échantillons traités. Par conséquent, l'étude a été focalisée principalement sur ce groupe faunistique pour évaluer les variations spatio-temporelles des abondances reportées au m^3 . La figure 5 illustre la distribution géographique et les différentes zones de forte abondance en copépodes.

Les valeurs, oscillant entre 50 et 10.000 $\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$, peuvent être regroupées en 4 gammes d'abondances : < 99 $\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$; de 100 à 999 $\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$, de 1000 à 9999 $\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$ et > 10000 $\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$. Les fortes abondances ont été particulièrement notées dans la partie sud, au voisinage de Lagouira (21°N), et au nord de Dakhla (24°N). La période estivale a été caractérisée par une forte abondance des peuplements de copépodes. Comparativement au même mois de l'année précédente, les peuplements de copépodes, en novembre 2008, ont été très faiblement récoltés. Ceci est en relation avec la situation hydrologique précédemment décrite.

Répartition spatio-temporelle des biomasses zooplanctoniques

La figure 6 illustre la distribution des teneurs en biomasse zooplanctonique dans l'ensemble des stations prospectées. La zone située au nord de Dakhla s'est montrée relativement moins productive. Les valeurs sont souvent inférieures à 100 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ et parfois inférieures à 10 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ plus au nord. La zone comprise entre la baie Cintra et cap Blanc a enregistré des valeurs élevées dans l'ensemble de la zone durant les 5 périodes d'échantillonnage. Ces biomasses sont comprises entre 100 et 1000 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Dans la zone des activités permanentes de l'upwelling au voisinage du cap Blanc, les valeurs dépassent souvent 1000 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. La saison hivernale (novembre 2008) montre un gradient Sud–Nord décroissant très significatif pour la biomasse zooplanctonique. Il en est de même pour la période hivernale de 2007 qui manifeste le même gradient. Plus au large, les biomasses deviennent moins importantes par rapport aux stations côtières.

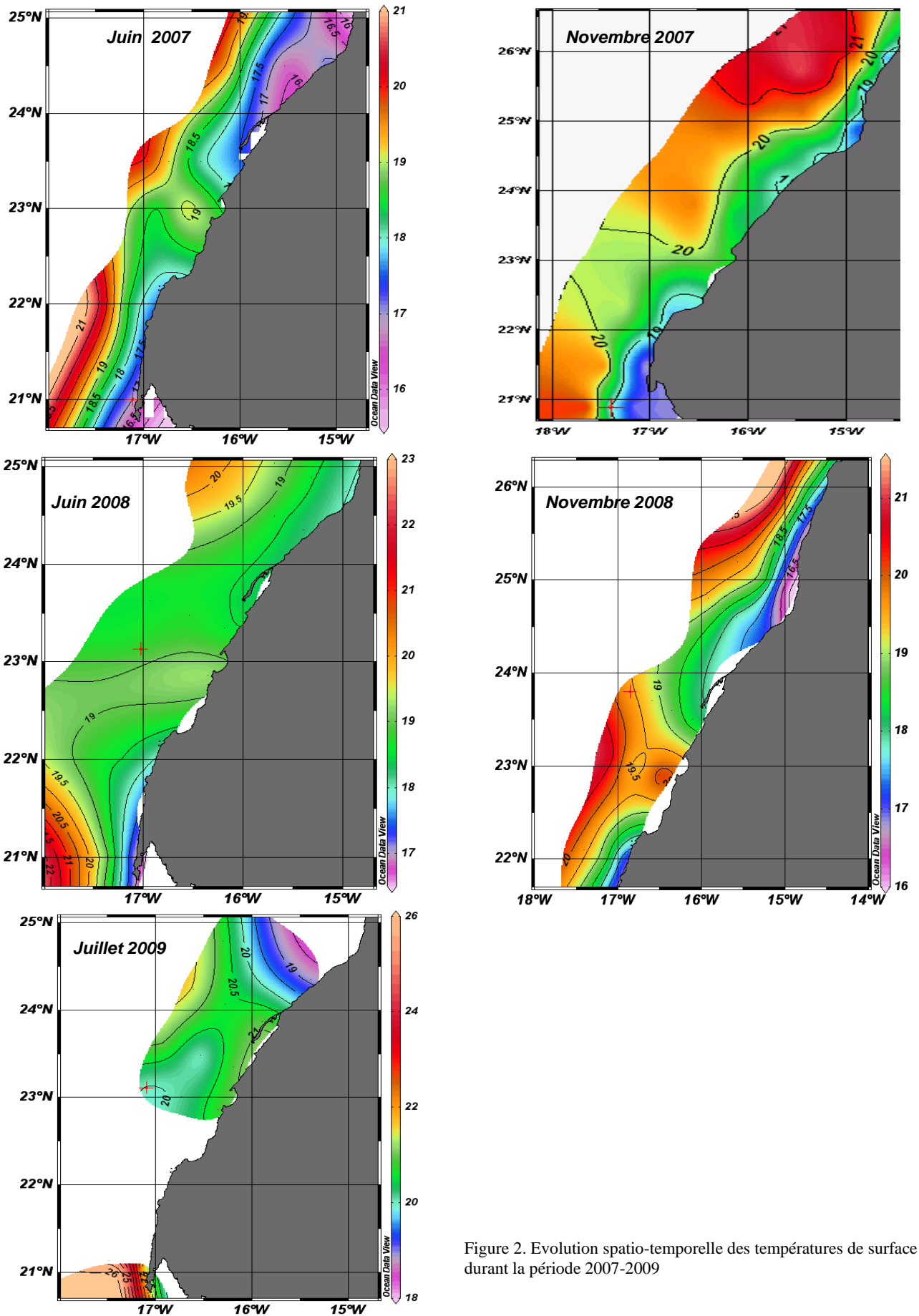


Figure 2. Evolution spatio-temporelle des températures de surface durant la période 2007-2009

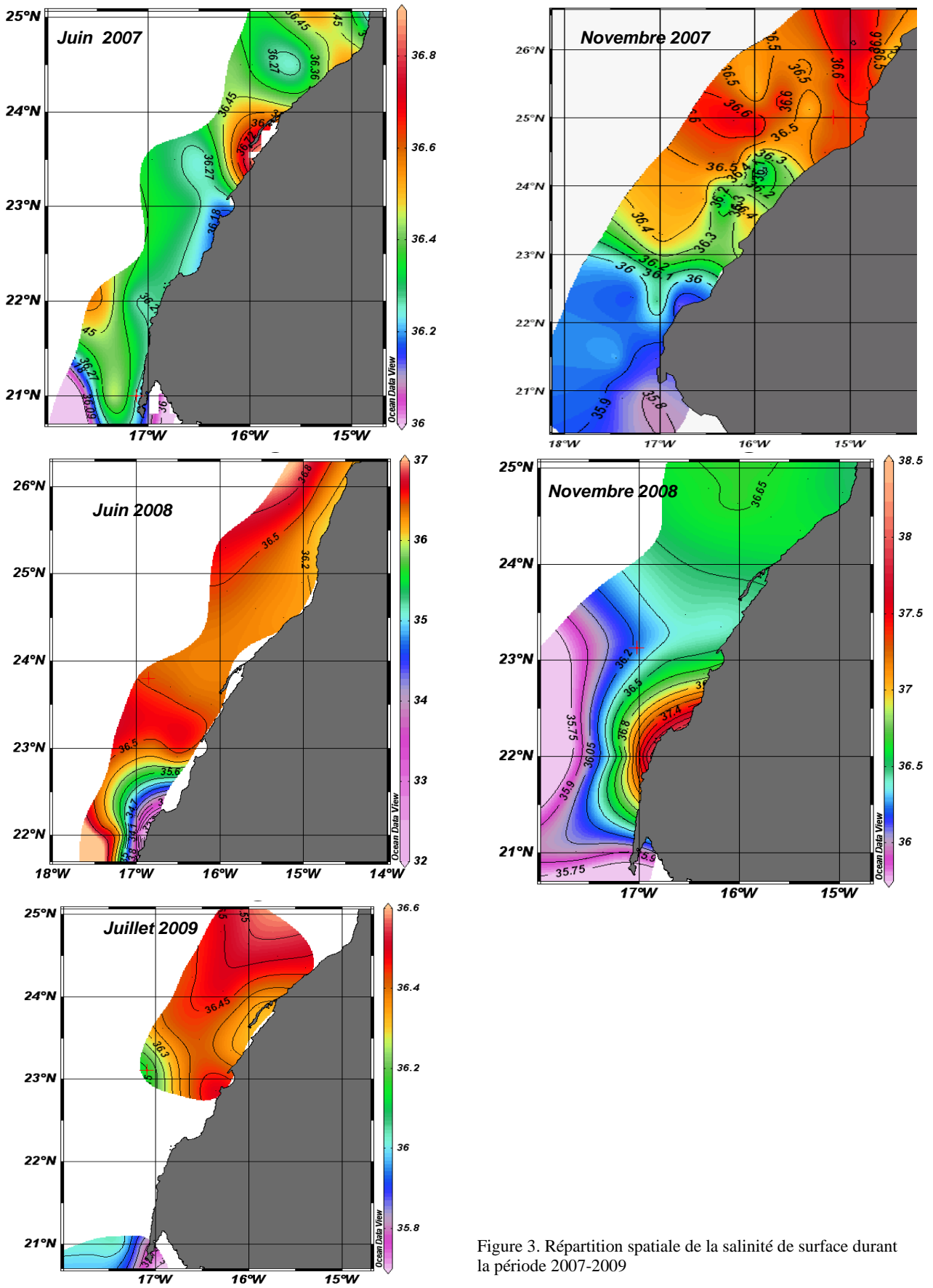


Figure 3. Répartition spatiale de la salinité de surface durant la période 2007-2009

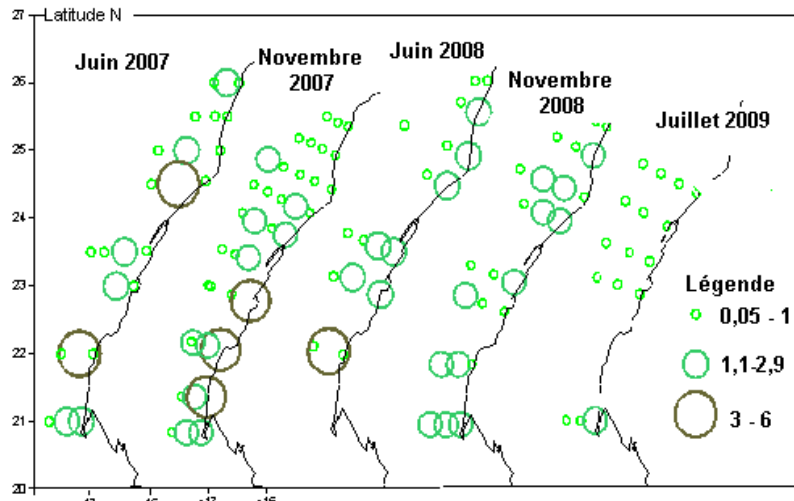


Figure 4. Distribution spatiotemporelle de la biomasse chlorophyllienne, exprimée en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, de 2007 à 2009.

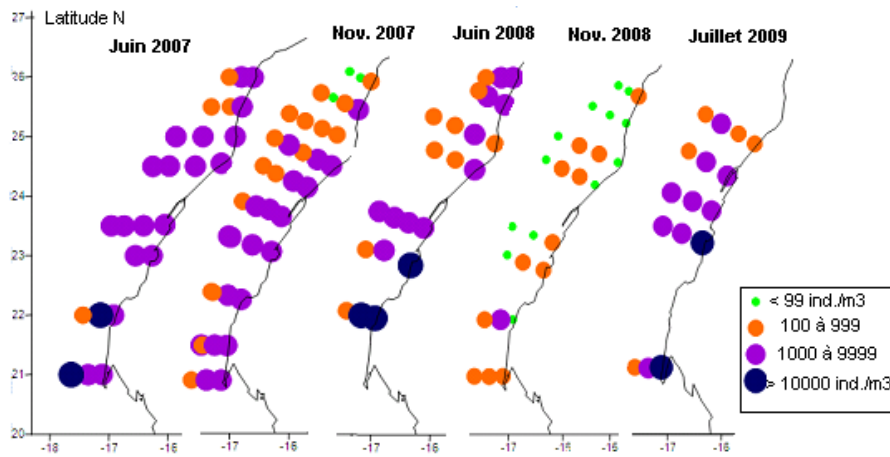


Figure 5. Distribution spatio-temporelle des abondances des copépodes

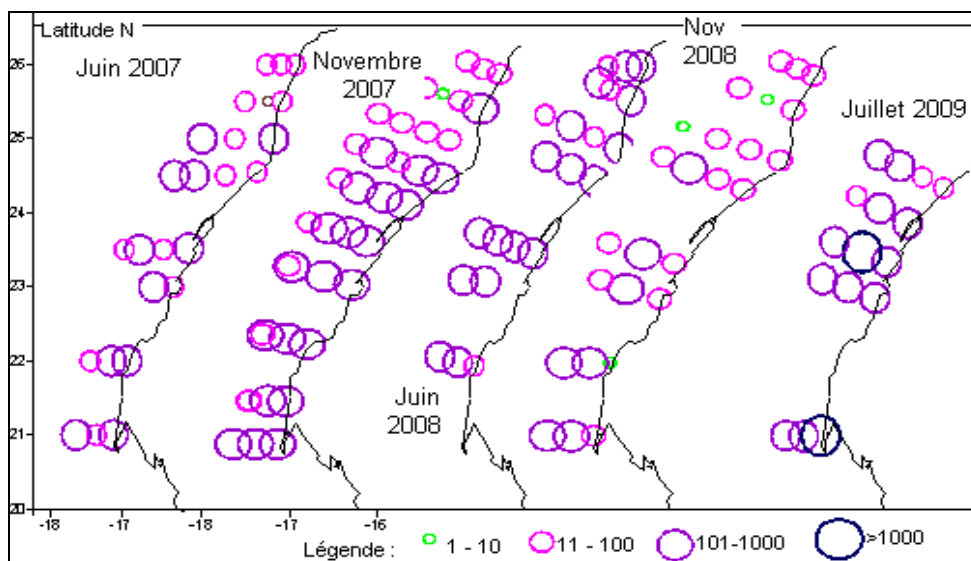


Figure 6. Distribution spatiale des biomasses zooplanctoniques ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)

Tableau I. Biodiversité taxonomique des peuplements de copépodes répertoriés

Légende: * = espèces abondantes et sélectionnées pour les analyses statistiques multivariés; F = femelles; M = males

Genres et espèces	Taille (mm)	Statut écologique
<i>Acartia (Acartia) danae</i> Giesbrecht, 1889	F: 0,90-1,30; M: 0,70-0,90	Épipélagique
<i>Acartia (Acartiura) clausi</i> * Giesbrecht, 1889	F: 0,60-1,47; M: 0,68-1,31	Mésopélagique
<i>Acartia (Acartiura) longiremis</i> Lilljeborg, 1853	F: 0,84-1,35; M: 0,80-1,15	Epi-mésopélagique.
<i>Acartia (Acanthacartia) tonsa</i> Dana, 1849	F: 0,82-1,50; M: 0,77-1,34	Côtière, ± saumâtre
<i>Aegisthus mucronatus</i> * Giesbrecht, 1891	F: 1,28-2,60; M: 1,10-2,00	Méso-bathypélagique.
<i>Aegisthus spinulosus</i> Farran, 1905	F: 1,74-2,12	-
<i>Aetideus armatus</i> * Boeck, 1872	F: 1,33-2,25; M: 1,25-2,10	Epi-bathypélagique.
<i>Arietellus setosus</i> Giesbrecht, 1892	F: 4,27-5,50; M: 3,93-6,20	Epi-méso-bathypélagique
<i>Augaptilus longicaudatus</i> Claus, 1863	F: 2,04-5,09; M: 3,20-4,80	Epi-méso-bathypélagique.
<i>Augaptilus megalurus</i> Giesbrecht, 1889	F: 4,26-6,10; M: 4,00-5,00	Épipélagique
<i>Augaptilus spinifrons</i> Sars, 1907	F: 3,00-3,85; M: 3,1	Épi-mésopélagique
<i>Calanoides carinatus</i> * Krøyer, 1848	F: 1,70-4,00; M: 2,06-3,60	Épi-mésobathypélagique
<i>Calanus helgolandicus</i> * Claus, 1863	F: 1,90-3,50; M: 2,35-3,20	Épipélagique
<i>Calocalanus pavo</i> Dana, 1849	F: 0,79-1,40; M: 0,60-1,18	Épipélagique
<i>Candacia armata</i> Boeck, 1872	F: 1,95-2,88; M: 1,70-2,70	Epi-mésopélagique
<i>Candacia bipinnata</i> Giesbrecht, 1889	F: 2,09-3,16; M: 1,90-3,02	Epi-mésopélagique
<i>Candacia elongata</i> Boeck, 1872	F: 2,00-3,50; M: 3,04-3,80	Méso-bathypélagique
<i>Candacia varicans</i> Giesbrecht, 1892	F: 1,98-2,55; M: 1,91-2,42	Epi-mésopélagique
<i>Centropages chierchiae</i> Giesbrecht, 1889	F: 1,48-2,09; M: 1,48-1,92	Épipélagique
<i>Centropages hamatus</i> * Lilljeborg, 1853	F: 0,94-1,42; M: 0,90-1,30	Épipélagique
<i>Centropages kroyeri</i> * Giesbrecht, 1892	F: 1,25-1,52; M: 1,20-1,41	Épipélagique
<i>Centropages typicus</i> * Krøyer, 1849	F: 1,25-2,00; M: 1,00-1,90	Épipélagique
<i>Centropages violaceus</i> Claus, 1863	F: 1,76-2,24; M: 1,77-2,17	Épipélagique
<i>Clausocalanus jobei</i> Frost & Fleminger, 1968	F: 1,01-1,56; M: 0,87-1,07	Épipélagique
<i>Clytemnestra gracilis</i> * Claus, 1891	F: 1,24-1,56; M: 1,42-1,53	Épipélagique
<i>Corycaeus (Ditrichocorycaeus) anglicus</i> Lubbock, 1857	F: 0,81-1,19; M: 0,69-1,02	Épipélagique
<i>Corycaeus (Corycaeus) clausi</i> F. Dahl, 1894	F: 1,50-1,82; M: 1,30-1,56	Epi-mésopélagique
<i>Corycaeus speciosus</i> Dana, 1849	F: 1,37-2,55; M: 0,75-2,00	Epi-mésopélagique
<i>Corycaeus (Agetus) typicus</i> * Krøyer, 1849	F: 1,30-1,80; M: 1,27-1,62	Epi-mésopélagique
<i>Ctenocalanus vanus</i> * Giesbrecht, 1888	F: 0,81-1,70; M: 1,08-1,95	Epi-bathypélagique
<i>Diaixis pygmaea</i> T. Scott, 1896	F: 0,74-0,95; M: 0,68-0,95	Hyperbenthique
<i>Eucalanus spinifer</i> * T. Scott, 1894	F: 5,42-6,81; M: 5,08	Épipélagique
<i>Eucalanus hyalinus</i> Claus, 1866	F: 4,40-8,25; M: 3,20-5,00	Epi bathypélagique
<i>Euchaeta pubera</i> * Sars, 1907	F: 2,86-4,41; M: 3,43-3,69	Épipélagique
<i>Euchaeta spinosa</i> Giesbrecht, 1892	F: 5,18-7,21; M: 5,22-6,90	Epi-bathypélagique
<i>Euterpina acutifrons</i> * Dana, 1848	F: 0,41-0,86; M: 0,36-0,76	Épipélagique
<i>Farranula carinata</i> * Giesbrecht, 1891	F: 0,72-0,98; M: 0,70-0,91	Épipélagique
<i>Labidocera wollastoni</i> Lubbock, 1857	F: 2,20-2,40; M: 2,00-2,62	Épipélagique
<i>Lucicutia tenuicauda</i> Sars, 1907	F: 3,80	Épipélagique
<i>Macrosetella gracilis</i> * Dana, 1848	F: 0,88-1,68; M: 0,86-1,63	Épipélagique
<i>Mecynocera clausi</i> * Thompson, 1888	F: 0,90-1,29; M: 0,75-1,12	Épipélagique
<i>Metacalanus inaequicornis</i> (Sars, 1902)	F: 1,10-1,14; M: 0,86-0,94	Epi-Hyperbenthique
<i>Microcalanus pusillus</i> Sars, 1903	F: 0,60-0,70; M: 0,70	Épipélagique
<i>Microsetella rosea</i> Dana, 1848	F: 0,36-1,30; M: 0,37-0,70	Épipélagique.
<i>Monstrilla grandis</i> Giesbrecht, 1891	F: 0,80-4,25; M: 0,61-2,00	Épipélagique
<i>Monstrilla helgolandica</i> Claus, 1863	F: 1,40-5,30; M: 1,00-2,00	Épipélagique
<i>Nannocalanus minor</i> * Claus, 1863	F: 1,45-2,40; M: 1,17-2,01	Epi-mésopélagique
<i>Neocalanus gracilis</i> Dana, 1849	F: 1,80-4,40; M: 1,60-3,40	Epi à bathypélagique
<i>Nullosetigera bidentata</i> Brady, 1883	F: 2,00-3,60; M: 2,00-3,00	Méso-bathypélagique.
<i>Oithona brevicornis</i> Giesbrecht, 1891	F: 0,40-0,79; M: 0,40-0,65	Épipélagique
<i>Oithona linearis</i> Giesbrecht, 1891	F: 1,07-1,20	Épipélagique
<i>Oithona nana</i> * Giesbrecht, 1892	F: 0,42-0,95; M: 0,44-0,63	Épipélagique
<i>Oithona plumifera</i> Baird, 1843	F: 0,70-1,54; M: 0,59-1,01	Epi-mésopélagique.
<i>Oithona setigera</i> Dana, 1849	F: 1,10-2,04; M: 0,54-1,20	Epi-mésopélagique.
<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	F: 0,68-1,20; M: 0,50-0,82	Epi à bathypélagique.
<i>Oncaea curta</i> Sars, 1916	F: 0,56-0,76; M: 0,44-0,48	Mésopélagique
<i>Oncaea media</i> Giesbrecht, 1891	F: 0,46-1,02; M: 0,38-0,93	Epi-mésopélagique.
<i>Oncaea mediterranea</i> Claus, 1863	F: 0,85-1,60; M: 0,69-1,12	Epi à mésopélagique,
<i>Oncaea tenella</i> Sars, 1916	F: 0,34-0,39; M: 0,29-0,32	Mésopélagique
<i>Oncaea venusta</i> * Philippi, 1843	F: 0,84-1,70; M: 0,57-1,10	Epi à mésopélagique
<i>Paracalanus aculeatus</i> Giesbrecht, 1888	F: 0,78-1,36; M: 0,71-1,36	Épipélagique
<i>Paracalanus nanus</i> Sars, 1907	F: 0,50-0,65; M: 0,50-0,60	Epi-mésopélagique.
<i>Paracalanus parvus</i> * Claus, 1863	F: 0,63-1,30; M: 0,50-1,40	Epi-bathypélagique

Tableau I (suite)

<i>Paracartia grani</i> Sars, 1904	F: 0,90-1,26; M: 0,95-1,12	Epipelagique
<i>Paraeuchaeta incisa</i> Sars, 1905	F: 5,41-5,92; M: 4,83-5,75	Méso-bathypélagique
<i>Paraeuchaeta norvegica</i> Boeck, 1872	F: 7,00-11; M: 5,45-7,50	Epi à hadopélagique
<i>Pleuromamma abdominalis</i> Lubbock, 1856	F: 2,40-4,50; M: 2,40-4,30	Epi-méso-bathypélagique
<i>Pleuromamma gracilis</i> Claus, 1863	F: 1,50-2,55; M: 1,50-2,25	Epi-mésopélagique
<i>Pleuromamma robusta</i> * F. Dahl, 1893	F: 2,30-4,70; M: 2,10-4,00	Méso-bathypélagique
<i>Pleuromamma xiphias</i> Giesbrecht, 1889	F: 3,50-5,87; M: 3,94-6,42	Epi, méso-bathypélagique
<i>Pseudocalanus elongatus</i> * Boeck, 1865	F: 0,91-1,77; M: 0,91-1,37	Epi-mésopélagique
<i>Rhincalanus cornutus</i> Dana, 1849	F: 2,81-4,16; M: 2,40-3,68	Méso-bathypélagique
<i>Rhincalanus nasutus</i> Giesbrecht, 1888	F: 2,82-6,10; M: 2,70-4,5	Epi à bathypélagique
<i>Sapphirina opalina</i> Dana, 1849	F: 1,20-4,05; M: 1,20-4,34	Epipelagique
<i>Scaphocalanus brevicornis</i> Sars, 1900	F: 1,72-2,04; M: 1,80-1,90	Méso-bathypélagique
<i>Scaphocalanus echinatus</i> Farran, 1905	1,60-2,56; M: 1,26-2,36	Epi-bathypélagique
<i>Scaphocalanus magnus</i> * T. Scott, 1894	F: 3,55-5,60; M: 4,02-5,28	Epi-méso-hadopélagique.
<i>Scaphocalanus medius</i> Sars, 1907	F: 2,00-2,56; M: 1,82	Bathypélagique
<i>Scolecithricella cf minor</i> Brady, 1883	F: 1,82-2,13	Bathypélagique
<i>Scottocalanus persecans</i> Giesbrecht, 1895	F: 3,90-5,76; M: 4,30-5,30	Bathypélagique
<i>Subeucalanus crassus</i> Giesbrecht, 1888	F: 2,10-4,60; M: 2,40-3,50	Epipelagique et méso
<i>Subeucalanus monachus</i> Giesbrecht, 1888)	F: 1,81-2,84; M: 1,86-2,60	Méso-bathypélagique
<i>Temora longicornis</i> * Müller, 1792	F: 0,80-1,66; M: 0,82-1,65	Epipelagique
<i>Temora stylifera</i> * Dana, 1849	F: 1,19-2,05; M: 1,01-1,88	Epipelagique
<i>Undeuchaeta plumosa</i> Lubbock, 1856	F: 3,00-4,65; M: 2,80-3,93	Epi-mésopélagique

Affinités entre les peuplements zooplanctoniques

L'Analyse en Composantes principales (ACP) a permis de comparer et de séparer les groupements faunistiques en relation avec leurs niveaux d'abondances et des paramètres environnementaux : température de surface (T°C), salinité de surface (SS) et chlorophylle 'a' (Cha). Les résultats de ce traitement figurent dans le tableau II : l'axe PC1 montre un net gradient des abondances en Copépodes et de production primaire traduite par les teneurs en Chlorophylle 'a'. L'axe PC2 correspond au gradient de la température de surface.

Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)

Les contributions à la variation totale des 4 premiers axes totalisent 56,4 % (Tab. II), ce qui explique une bonne représentation sur le premier plan représenté par les descripteurs PC1 et PC2. Quatre groupements de variables se dégagent dans le plan factoriel formé par les deux premiers axes. Ce découpage en groupes est basé sur les deux dendrogrammes établis pour les variables et pour les stations (Fig. 7).

Le traitement multivariable appliqué aux 63 stations de la zone étudiée montre 4 groupements de variables dans le plan factoriel PC1×PC2. Ce découpage en groupes est basé sur les deux dendrogrammes établis pour les 27 variables (espèces) et pour les 63 stations (Figs 7-9).

Le dendrogramme représentant la similarité entre la faune des copépodes, à partir du tableau des stations (Fig. 1), oppose quatre groupes bien distincts : les espèces communes dans l'ensemble de la région étudiée, sont composées de *Macrosetella gracilis*, *Calanus*

Tableau II: Répartition des taux d'inerties relatifs aux axes factoriels

Axes	I	II	III	IV
Inerties (%)	23,40	14,50	09,80	08,70

helgolandicus, *Centropages hamatus* et *Pleuromamma robusta*. Ce groupe positionné au centre du plan factoriel, réunit un grand nombre de stations formant le bloc central du dendrogramme (Fig. 9).

Les espèces particulièrement représentées dans les zones influencées par les upwellings permanents dans le sud de la zone étudiée forment le groupe 1 : Il s'agit d'un assemblage composé de : *Oithona nana*, *Calocalanus pavo*, *Euterpina acutifrons*, *paracalanus parvus* et *Eucalanus spinifer*.

Le groupe 2 positionné à gauche de la figure 9 caractérise les stations plus au large qui se singularisent par un assemblage de copépodes composé de : *Farranula carinata*, *Nannocalanus minor*, *Scaphocalanus magnus*, *Coryceus typicus*, *Temora longicornis*, *Euchaeta pubera* et *Aegisthus mucronatus*.

Le groupe 3 est formé de : *Oncea venusta*, *Centropages kroyeri*, *Mecynocera clausi* et *Ctenocalanus vanus* (Figs 7 et 8).

Le groupe 4 se distingue par l'assemblage d'espèces ubiquistes, composé de *Calanus helgolandicus*, *Pleuromamma robusta*, *Macrosetella gracilis*, *Centropages hamatus*. Ce découpage est remarqué aussi dans la classification automatique des stations associées à ces groupements (Fig. 8).

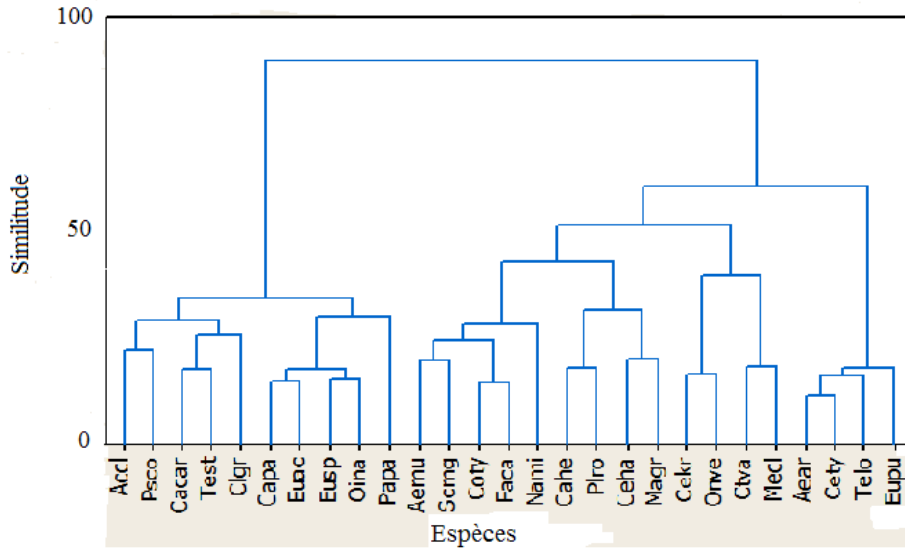


Figure 7. Groupements faunistiques issus de la CHA.

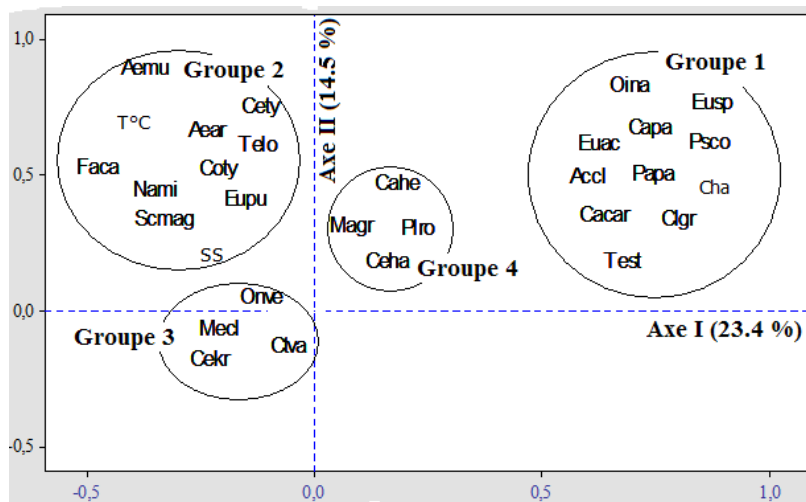


Figure 8. Liens des Copépodes avec les paramètres environnementaux sur les axes I et II issus des deux campagnes (juin et novembre 2007).

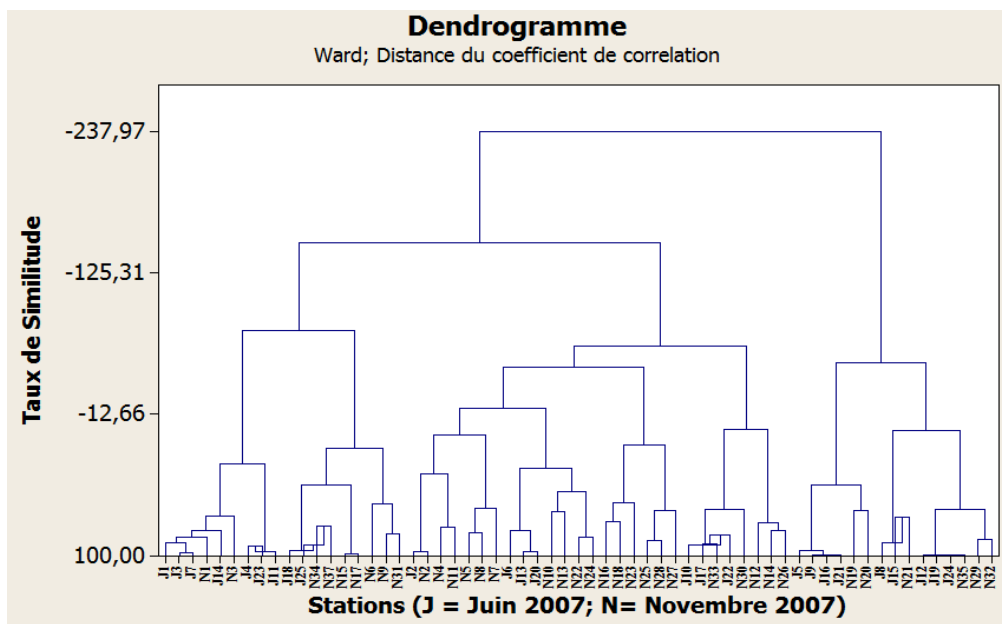


Figure 9. Dendrogramme des 63 stations durant les deux campagnes juin et novembre 2007.

Durant les deux saisons d'échantillonnage, la communauté de copépode s'est montrée largement dominée par *Calanus helgolandicus*, *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* et *Centropages typicus*. Les abondances diffèrent selon les saisons; *Calanoïdes carinatus* est signalée dominante dans les eaux côtières du Sénégal et de la Côte d'Ivoire (Séguin 1981). *Acartia clausi*, *C. helgolandicus* et *C. typicus* dominent dans les assemblages zooplanctoniques des eaux marocaines (Somoue *et al.* 2005). Ces espèces sont associées à *Acartia discaudata*, *A. grani*, et *P. parvus* dans les eaux côtières d'El Jadida (Chiahou 1997). Quatre espèces d'entre elles (*A. clausi*, *P. parvus*, *C. helgolandicus*, *C. typicus*), avec *Oithona helgolandica*, *Euterpina acutifrons*, et *Temora stylifera*, forment d'importantes populations au nord de Dakhla.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Biodiversité taxonomique

Les séries chronologiques à long terme sur les copépodes sont rarement abordées et concernent principalement les régions du nord-ouest de la Méditerranée (Kouwenberg & Razouls 1990, Mazzocchi & Ribera d'Alcala 1995). Par ailleurs, l'identification des facteurs déterminants de la variabilité interannuelle qualitative et quantitative du zooplancton est primordiale pour comprendre la stratégie des pontes adoptée par les poissons pélagiques (Ettahiri *et al.* 2003). La description complète des cycles à long terme temporels des communautés biologiques et des facteurs environnementaux est fondamentale pour comprendre la portée globale de cette variabilité.

Dans les zones pélagiques de l'Atlantique du Sud du Maroc, les eaux côtières et du large interagissent, souvent avec des dynamiques complexes, sur une large gamme d'échelles temporelles et spatiales, et les fluctuations des paramètres écologiques peuvent être assez complexes. Ainsi, la zone étudiée montre une importante productivité primaire expliquée par la richesse en sels nutritifs, assurée par le contre-courant orienté vers le Nord. Celui-ci est en étroite relation avec les teneurs en chlorophylle *a*. La répartition spatio-temporelle des sels nutritifs dans la zone étudiée est tributaire des courants ascendants (*upwelling*) et des Eaux Centrales Sud Atlantiques (ECSA), chaudes et riches en éléments azotés et phosphatés (Makaoui *et al.* 2005). La répartition spatio-temporelle de ce paramètre montre une instabilité des masses d'eau selon les saisons et selon les zones de manifestation des courants ascendants.

La production phytoplanctonique, estimée par la teneur en chlorophylle 'a', constitue une composante de grand intérêt écologique puisqu'elle représente le premier maillon de la chaîne trophique dans les écosystèmes aquatiques. Ces organismes unicellulaires autotrophes synthétisent leur propre substance par photosynthèse à partir de l'eau, du gaz carbonique et de l'énergie lumineuse (Berkaloff *et al.* 1981). La localisation des maxima serait en relation avec les conditions de circulation hydrologique de la région.

Les composantes hydrologiques de la zone atlantique du Sud marocain sont conditionnées en grande partie par les remontées en surface des masses d'eau profondes liées aux courants ascendants (*upwellings*) quasi permanents durant toute l'année (Binet 1991, Ettahiri *et al.* 2003, Fréon *et al.* 2009). Ces *upwellings* enrichissent les couches d'eau superficielles du plateau continental en nutriments et rafraîchissent la zone par une baisse de température.

Les Copépodes, caractérisés par une extrême flexibilité dans l'adaptation à un environnement fluctuant et qui tend à maintenir un stock de poissons pélagique permanent stable même en présence de sources de nourriture et de variables (Ribera d'Alcala 1995), semblent constituer un outil précieux pour l'étude de la variabilité à long terme dans les zones côtières.

Selon Razouls *et al.* (2005), la zone atlantique Centre Est, comprise entre le Cap Vert, les Iles Canaries, Madeira, les Açores, la baie de Biscaye et la baie ibéro-marocaine, compte 740 taxa de copépodes. Somoue *et al.* (2005) ont noté la présence de 78 formes de copépodes dans la même zone d'étude durant l'année 1998.

Selon Somoue *et al.* (2005), la zone se caractérise par une importante richesse spécifique en diatomées dans les masses d'eau superficielles. L'hétérogénéité et la variation de la distribution des densités cellulaires en diatomées est une réponse aux facteurs hydrologiques. Les fortes teneurs en chlorophylle *a*, très liées aux densités de diatomées, montrent un gradient croissant de la profondeur vers la surface, ce qui est en relation avec les teneurs en sels nutritifs, notamment les phosphates. Les fortes concentrations se localisent principalement entre la baie de Cintra et le Cap Blanc, zone de front où se rencontrent les ECSA et les ECNA, responsables de l'enrichissement en substances nutritives.

Ces résultats s'accordent avec ceux obtenus par imagerie satellitaire et qui témoignent d'un réchauffement des eaux de surface à partir de la fin 2008. Selon les données climatiques relevées dans la zone d'étude (Benazzouz, comm. pers.), ce réchauffement climatique des écosystèmes pélagiques a été nettement prononcé durant l'année 2009.

Abondances et Biomasses

La côte atlantique marocaine comprise entre Cap Boujdor et Cap Blanc est soumise en permanence à l'action de l'*upwelling*. Ces courants ascendants, très localisés et particulièrement fréquents durant la période estivale (Hernandez-Leon *et al.* 2002, Fréon *et al.* 2009), rafraîchissent et enrichissent les masses d'eau superficielles en sels nutritifs, ce qui se traduit par une production primaire remarquable (2 à 6 mg.m⁻³) qui génère à son tour une production secondaire importante (1000 à >10.000 ind.m⁻³). Les variations spatio-temporelles de cette productivité ont été évidentes dans l'ensemble des stations étudiées durant les 5 campagnes en mer. En juin 2007 et 2008 et en juillet 2009, de fortes valeurs de la biomasse

zooplanctonique (950 mg.m^{-3}); des abondances de copépodes ($>10.000 \text{ ind.m}^{-3}$) ont été notées dans les mêmes radiales au large de cap Blanc et de la baie de Cintra. Selon Makaoui *et al.* (2005), il s'agit de deux foyers d'upwelling actifs en permanence mais avec une intensité variable, forte en été et faible en hiver. Les variabilités saisonnières et interannuelles ont été confirmées par Benazzouz (2008) qui a signalé qu'elles sont faibles au sud et fortes entre les latitudes 26°N et 32°N . Cet auteur a constaté une anomalie négative de l'upwelling durant la période 1995-1997. Les résultats de l'analyse de la Chlorophylle *a* montrent une faible productivité sur l'ensemble des radiales échantillonnées en 2009 et corroborent de ce fait, une anomalie de l'upwelling durant cette période. En l'occurrence, l'existence de la relation entre richesse en chlorophylle et densité zooplanctonique durant 2007 et 2008, suggère qu'en 2009 l'upwelling saisonnier a montré une faible activité durant la période estivale. Les températures de surface sont légèrement supérieures à celles enregistrées dans les années précédentes et ne montrent pas de gradient thermique apparent dans l'axe côte-large.

Selon Wooster *et al.* (1976), Thiriot (1978), Mittelstaedt (1987), Makaoui *et al.* (2005), Benazzouz (2008) et Fréon *et al.* (2009), l'upwelling entre Cap Blanc et la baie Cintra est actif tout au long de l'année, bien que la remontée s'intensifie en été. Les températures de surface enregistrées in situ, vérifient cette activité et la structure de la distribution des masses d'eau au large est nette à travers les images satellites de la chlorophylle (Fig. 6). Ces observations montrent que l'activité de ces upwellings entraîne les caractéristiques de la côte vers le large à des grandes distances.

Un traitement des données par une analyse en composantes multiples (Fig. 6) fait ressortir une relation étroite entre les températures de surface et la production primaire (chlorophylle et biomasse zooplanctonique) dans l'ensemble des radiales. La production biologique maximale se produit en été. Cette période correspond aux activités maximales des courants ascendants dans la zone étudiée (Makaoui *et al.* 2005). Minas *et al.* (1982), Aristegui *et al.* (1997) et Basterretxea *et al.* (2000) ont remarqué en été qu'en termes de production, des valeurs notées au large sont du même ordre de grandeur que celles observées à proximité de la côte des Iles Canaries. Ces auteurs n'ont pas signalé d'anomalies entre la production hivernale et estivale. Fréon *et al.* (2009) estiment que ces upwellings sont des moyens encore plus efficaces que le transport d'Ekman pour transférer les eaux côtières vers le large.

Affinités des peuplements

Les échantillons zooplanctoniques collectés durant les cinq campagnes ont montré une dominance des copépodes allant de 90 à 98%. Cette dominance a été signalée dans de nombreux travaux menés dans les écosystèmes pélagiques (Binet 1970, 1991, Binet & Dessier 1968, 1971, Belfqih 1980, Boucher 1982, Chiahou & Ramdani 1996, 1997, Chiahou *et al.* 1998, Somoue 2004, Somoue *et al.* 2005). La

fraction restante du zooplancton est représentée par 18 groupes faunistiques sans importance notable sur le plan quantitatif. Ainsi, le caractère dominant des copépodes sur le plan quantitatif et qualitatif nous a orienté à choisir ce groupe pour caractériser les masses d'eaux superficielles de l'écosystème pélagique de la zone sud du Maroc.

Somoue *et al.* (2005) ont recensé 84 taxons dans la même zone; cependant, certaines formes n'ont pas été retrouvées dans nos échantillons: *Aegisthus dubius* (G.O. Sars, 1916) commune dans les eaux de la baie ibéro-marocaine; *Scolecithricella ovata* (Farran, 1905), *Scaphocalanus brevicornis* (G.O. Sars, 1903), *Scaphocalanus echinatus* (Farran, 1909), *Scaphocalanus magnus* (T. Scott, 1894) et *Scaphocalanus medius* (G.O. Sars, 1907); *Paracalanus pygmaeus* (Claus, 1863), *Paraechaeta glacialis* (Hansen, 1886) dont la présence est douteuse dans la zone étudiée selon Razoul (2004).

D'autres formes sont citées en synonymie dans la liste du Tableau I: *Paracartia grani* G.O. Sars, 1904; *Subeucalanus crassus* (Giesbrecht, 1888), avec *Eucalanus crassus*, et *Subeucalanus monachus* (Giesbrecht, 1888) avec *E. monachus*. *Nullosetigera bidentata* (Brady, 1883) remplace l'espèce *Phyllopus bidentatus* (Brady); *Paraoithona parvula* avec *Oithona parvula* (non retrouvée dans nos échantillons). *Scottula abyssalis* Sars G.O., 1905 avec *Metacalanus abyssalis* (Sars G.O., 1905), espèce exclusive de l'Atlantique Nord autour de la grande Bretagne (Razoul 2004). *Aegisthus spinulosus* (Farran, 1905) est citée uniquement dans ce travail pour la région sud marocaine.

La composition quantitative des copépodes a permis le recensement de 85 espèces caractéristiques de la zone atlantique centre et appelée Zone 8 selon Razouls *et al.* (2005). Cette zone, qui compte 740 formes, est qualifiée parmi les zones les mieux diversifiées en espèces dans le monde.

Le peuplement des copépodes entre Cap Boujdor et cap Blanc est largement dominé par *Calanus helgolandicus*, *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* et *Corycaeus typicus*. Ces quatre espèces sont également dominantes dans les côtes d'El Jadida (Chiahou & Ramdani 1997) ainsi que dans l'ensemble du plateau continental atlantique au nord du Maroc (Belfquih 1980).

L'étude menée sur la biomasse zooplanctonique et la production primaire a montré l'importance quantitative de la productivité et les teneurs élevées en nutriments dans les zones fortement influencées par les remontées des eaux profondes. Ces upwellings jouent un rôle significatif dans l'enrichissement en sels nutritifs des écosystèmes pélagiques et dans le transport des matières phosphatées et azotées vers le large. Il en résulte que les poissons pélagiques adoptent une stratégie de choix des aires de pontes et de nurseries en fonction de la distribution des biomasses planctoniques dans la région (Roy *et al.* 1989, Roy 1992, Ettahiri *et al.* 2003).

Peuplements zooplanctoniques

Les Copépodes, caractérisés par leur adaptation à un environnement fluctuant et qui tend à maintenir un stock de poissons pélagiques permanent et stable (Ribera d'Alcala 1995), constituent un des outils pour l'étude de la variabilité à long terme dans les zones côtières.

La côte atlantique marocaine, comprise entre Cap Boujdor et Cap Blanc est soumise en permanence à l'action des remontées d'eaux froides (upwelling). Ces courants ascendants, très localisés et particulièrement fréquents durant la période estivale (Hernandez-Leon *et al.* 2002, Fréon *et al.* 2009), rafraichissent et enrichissent les masses d'eau superficielles en sels nutritifs. Il en résulte une production primaire remarquable (2 à 6 mg.m⁻³). Cette dernière, génère une forte abondance des peuplements zooplanctoniques (1000 à 10000 ind.m⁻³). Leurs variations spatiotemporelles sont nettement évidentes dans l'ensemble des stations étudiées durant les 5 campagnes en mer. En juin 2007 et 2008 et en juillet 2009, les fortes valeurs de la biomasse zooplanctonique (950 mg.m⁻³) et des abondances des copépodes (plus de 10000 ind.m⁻³) sont notées dans les mêmes radiales au large de cap Blanc et de la baie Cintra. Selon Makaoui *et al.* (2005), il s'agit de deux foyers d'upwelling actifs en permanence mais avec une intensité variable: forte en été et faible en hiver. Les variabilités saisonnières et interannuelles sont confirmées par Benazzouz (2008). Ce dernier a signalé qu'elles sont faibles au sud et fortes entre les latitudes 26 et 32°N. Cet auteur a constaté une anomalie négative de l'upwelling durant la période 1995-1997. Les résultats de la Chlorophylle *a* montrent une faible productivité sur l'ensemble des radiales échantillonnées en 2009; elles corroborent une anomalie de l'upwelling durant cette période. L'existence d'une relation entre la richesse en chlorophylle et la densité zooplanctonique durant 2007 et 2008, suggère qu'en 2009 l'upwelling saisonnier a montré une faible activité durant la période estivale. Les températures de surface sont légèrement supérieures à celles enregistrées dans les années précédentes; elles ne montrent pas de gradient thermique apparent dans l'axe côte-large.

Selon Wooster *et al.* (1976), Thiriot (1978), Mittelstaedt (1987), Makaoui *et al.* (2005), Benazzouz (2008) et Fréon *et al.* (2009), l'upwelling entre Cap Blanc et la baie Cintra est actif tout au long de l'année, bien que la remontée s'intensifie en été. Les températures de surface enregistrées *in situ*, vérifient cette activité.

Une relation étroite entre la température de surface, la salinité de surface, la production primaire (chlorophylle *a*) et les abondances zooplanctoniques a été décrite par l'Analyse en Composantes Principales.

La production biologique maximale se produit en été. Cette période correspond aux activités maximales des courants ascendants dans la zone étudiée (Makaoui *et al.* 2005). Minas *et al.* (1982), Aristegui *et al.* (1997), Basterretxea *et al.* (2000) ont remarqué en été que les concentrations issues du large sont du même ordre de

grandeur que celles observées proches de la côte des Iles Canaries. Ces auteurs n'ont pas signalé d'anomalie entre la production hivernale et estivale.

Importance des peuplements de copépodes

Les copépodes représentent une importante proportion (de 90 % à 98 %) au sein de la zone étudiée durant les cinq campagnes d'échantillonnages. Cette dominance a été signalée par de nombreux auteurs (Binet 1970 et 1991; Binet et Dessier 1968 et 1971; Boulfqih 1980; Boucher 1982; Chiahou et Ramdani 1996 et 1997; Chiahou *et al.* 1998; Somoue 2004; Somoue *et al.* 2005).

Les autres composantes zooplanctoniques sont représentée par 18 groupes faunistiques. Ils sont très faiblement abondants. Le caractère dominant des copépodes, sur les plans quantitatifs et qualitatifs, explique le choix de ce groupe pour caractériser les masses d'eaux superficielles de l'écosystème pélagique de la zone sud du Maroc.

Somoue *et al.* (2005) ont recensé 84 taxons dans la même zone. Cependant certaines formes commune dans les eaux de la baie ibéro-marocaine (*Aegisthus dubius*, *Scolecithricella ovata*, *Scaphocalanus brevicornis*, *Scaphocalanus echinatus*, *Scaphocalanus magnus*, *Scaphocalanus medius*; *Paracalanus pygmaeus*, *Paraeuchaeta glacialis*).

Les peuplements des copépodes entre Cap Boujdor et cap Blanc sont largement dominés par *Calanus helgolandicus*, *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* et *Corycaeus typicus*. Ces 4 espèces sont également dominantes dans les côtes d'El Jadida (Chiahou et Ramdani 1997) ainsi que dans l'ensemble du plateau continental atlantique au nord du Maroc (Belfquih 1980).

CONCLUSION

Les abondances et les biomasses zooplanctoniques ainsi que la production primaire sont fortement influencés par les remontées des eaux profondes. Ces upwellings jouent un rôle significatif dans l'enrichissement en sels nutritifs des écosystèmes pélagiques et dans le transport des matières phosphatées et azotées vers le large. Divers investigations (Roy *et al.* 1989; Roy 1992 ; Ettahiri *et al.* 2003) ont montré que les poissons pélagiques adoptent une stratégie de choix des aires de pontes et de nurseries en fonction de la distribution des biomasses planctoniques.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme de recherche de l'Institut National de Recherche Halieutique qui pour objectif l'évaluation des stocks des petits pélagiques dans la partie Sud du Maroc. Nous tenons à remercier tous les évaluateurs de notre publication, et en particulier Dr Aziz Hafferssas de l'Université d'Alger.

Références

- Aristegui J., Tett P., Hernandez-Guerra A., Basterretxea G., Montero M.F., Wild K., Sangra P., Hernandez-Leon S., Canton M., Garcia-Braun J.A., Pacheco M. & Barton E.D. 1997. The influence of island-generated eddies on chlorophyll distribution: A study of mesoscale variation around Gran Canaria. *Deep-Sea Res.*, I, 44, 71-96.
- Basterretxea G. & Aristegui J. 2000. Mesoscale variability in phytoplankton biomass distribution and photosynthetic parameters in the Canary–NW African coastal transition zone. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 197, 27-40.
- Belfquih M. 1980. *Les copépodes du plateau atlanto-marocain. Un cycle annuel dans les zones d'upwelling*. Thèse Doct. 3^{ème} cycle. Univ. Aix-Marseille I., 1980, 126 p.
- Benazzouz A. 2008. Indices de refroidissements des eaux de surfaces dérivés des images satellites dans les zones d'upwelling. Exemple : upwelling côtier marocain. *Sciences et défi des aménagements des pêcheries de petits pélagiques sur les stocks partagées en Afrique du nord occidentale*. 11-14 mars 2008, Casablanca.
- Berraho A. 2007. *Relations spatialisées entre milieu et ichtyoplancton des petits pélagiques de la côte atlantique marocaine (zones centrale et sud)*. Thèse de Doctorat, Université Mohammed V-Agdal, Rabat, 261 p.
- Berraho A., Ettahiri O., Vidy G., Ramdani M. & Yahyaoui A. 2003. Spawning and distribution of eggs and larvae of *Sardinella* along the South-Western Moroccan Atlantic coast (21°-26° N). *Rivista di Idrobiologia*, 42, 1-3, 196-220.
- Berraho A., Omar Ettahiri, Y. Letourneur, A. Orbi & Yahyaoui A. 2005. Importance des paramètres hydrologiques dans la distribution des œufs et des larves des petits pélagiques du sud de l'Atlantique marocain. *Cybium*, 29, 1, 21-31.
- Binet D. 1970. Aperçu sur les variations saisonnières du zooplancton et plus particulièrement des Copépodes du plateau continental de Pointe-Noire (Congo). Centre O.R.S.T.O.M. de Pointe Noire. *Doc. Sci Nlle série*, VIII, 109 p., 41 fig.
- Binet D. 1991. Dynamique du plancton dans les eaux côtières ouest-africaines : écosystèmes équilibrés et déséquilibrés. *Pêcheries ouest africaines*. Ed. ORSTOM, pp. 117-136.
- Binet D. & Dessier A. 1968. Zooplancton de la région de Nosy-Be. III. Premières données sur les copépodes. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. Océanogr., VI, 3-4, 3-26.
- Binet D. & Dessier A. 1971. Copépodes pélagiques de la région congolaise. 1. liste des espèces et notes écologiques. *Cah. O.R.S.T.O.M.* sér. Océanogr., IX, 4, 411-457.
- Boucher J. 1982. Peuplement de copépodes des upwellings côtiers nord-ouest africains. II Maintien de la localisation spatiale. *Oceanologica Acta*, 5, 2, 199-207.
- Chiahou, B. & Ramdani M.. 1996. Observations sur les variations de la densité et de la biomasse des copépodes pélagiques des côtes atlantiques marocaines (région d'El Jadida) au cours d'un cycle annuel. *Marine Life*, 6, 1-2, 21-25.
- Chiahou B. & Ramdani M. 1997. Systématique et distribution saisonnière des copépodes pélagiques de la côte atlantique marocaine (région d'El Jadida). *J. Rech. Océanogr.*, 22, 3, 75-80.
- Chiahou B., Ramdani M. & Menioui M.. 1998. Structure biogéographique des copépodes des côtes marocaines. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 2, 406-407.
- Ettahiri O., Berraho A., Vidy G., Ramdani M. & Dochi T. 2003. Observation on the spawning area and nursery localization of *Sardina* and *Sardinella* off the south Moroccan Atlantic coast (21 - 26°N). *Fish. Res.*, 60, 207-222.
- Hafferssas A. 2004. Peuplements zooplanctoniques du bassin Algérien. In : Biodiversité marine et littorale., Ediwan Algérie, 113-141.
- Hafferssas A. & Seridji R. 2010. Relationships between the Hydrodynamics and Changes in Copepod Structure on the Algerian Coast. *Zoological Studies*, 49, 3, 353-366.
- Hernandez-Leon S., Almeida C., Portillo-Hahnefeld A., Gomez M., Rodriguez J.M. & Aristegui J. 2002. Zooplankton biomass and indices of feeding and metabolism in relation to a filament off the Northwest African Upwelling zone. *J. Mar. Res.*, 60, 327-346.
- Ibanez F. 1973. Interprétation de données écologiques par l'analyse des composantes principales. Ecologie planctonique de la Mer du Nord. *J. Conserv.* 34, 323-340.
- Kouwenberg J. & Razouls C. 1990. The incidence of environmental factors on the evolution of copepod populations in the 'Golfe du Lion' during the period 1986–88 in comparison with the period 1957–64. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 115, 23-36.
- Makaoui A., Orbi A., Hilmi K., Zizah S., Larissi J. & Talbi M. 2005. L'upwelling de la côte atlantique du Maroc entre 1994 et 1998. *C. R. Géoscience*, 337, 16, 1518-1524.
- Mazzocchi, M.G. & Ribera d'Alcala, M. 1995. Recurrent patterns in zooplankton structure and succession in a variable coastal environment. *ICES J. Mar. Sci.*, 52, 679-691.
- Minas, H.J., Codispoti L.A. & Dugdale R.C. 1982. Nutrient and primary production in the upwelling region of northwest Africa. *Rapport Conseil International pour l'Exploration de la Mer.*, 180, 148-183.
- Mittelstaedt E. 1987. The surface waters of the Northwest Africa. A description of the regional oceanography. *Research Centre (ISPR)*, 1-47.
- Razouls C. 1982. Répertoire mondial taxonomique et bibliographique provisoire des copépodes planctoniques marins et des eaux saumâtres. Université Paris VI, 875 pp.
- Razouls C., de Bovée F., Kouwenberg J. & Desreumaux N. 2005. Diversity and Geographic Distribution of Marine Planktonic Copepods. Available at <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en>
- Rose M. 1933. Copépodes pélagiques. *Faune de France* 26. P. Lechevalier Ed.. Paris. 374 p.
- Roy, C. 1992. Réponses des stocks de poissons pélagiques à la dynamique des upwellings en Afrique de l'Ouest : analyse et modélisation. Ed. ORSTOM. *Collection Etudes et Thèses*, Paris, 5-146.
- Roy C., P. Cury, A. Fontana & Belvèze H. 1989. Les stratégies spatio-temporelles de reproduction des Clupéidés dans les zones d'upwelling d'Afrique de l'ouest. *Aquat. Living Resour.*, 2, 21-29.
- Somoue L. 2004. *Structure des communautés planctoniques de l'écosystème pélagique de l'Atlantique sud marocain entre Cap Boujdor et Cap Blanc (26°30' - 21°N)*. Thèse Doctorat, Univ. Hassan II, Fac. Sci. Ain Chock, Casablanca, 211 p.
- Somoue L., N. Elkhiaï, M. Ramdani, T. Lam Hoai, O. Ettahiri, A. Berraho & Do Chi T. 2005. Abundance and structure of copepod communities along the Atlantic coast of southern Morocco. *Acta Adriatica*, 46 (1): 63-76.
- Thiriou, A. 1978. Zooplankton communities in the West African upwelling area. In: Boje R. & Tomzak (eds). *Upwelling Ecosystems*, New York, 32-61.
- Trégouboff, G. & Rose M. 1957. *Manuel de planctologie méditerranéenne*: I & II, CNRS Paris, 1: 1-181.
- Vervoort, W. 1963. Pelagic copepoda. Part. I. *Copepoda calanoida* of the families Phaennidae up to and including Euchaetidae. *Atlantide Repts.*, 7, 77-194.
- Vervoort, W. 1965. Pelagic copepoda. Part. II. *Copepoda calanoida* of the families Phaennidae up to and including Acartiidae, containing the description of a new species of Aetideidae. *Atlantide Repts.*, 8, 9-216.

Wooster W.S., Bakun A. & Mc Lain D.R. 1976. The seasonal upwelling cycle along the eastern boundary of the north Atlantic. *J. Mar. Res.*, 34, 131-141.

Manuscrit reçu le 21 septembre 2011
Version modifiée accepté le 23 juillet 2012

Tableau A1. Périodes d'échantillonnages et nombre de radiales et de stations durant les différentes campagnes océanographiques

Mai - Juin 2007						Novembre 2007				
Radiales	Stations	Date	Heure (GMT)	Latitude N	Longitude W	Date	Heure (GMT)	Latitude N	Longitude W	Radiales
1	1	29/05	14h55	25°59,7	14°33,4	21/11	02h40	20°53,5	17°38,4	1
	2	30/05	16h25	26°00,1	14°45,3	21/11	05h10	20°53,5	17°23,3	
	3	30/05	18h25	26°00,0	14°57,7	21/11	09h00	20°53,5	17°08,4	
2	4	31/05	11h30	25°30,0	15°15,9	22/11	01h10	21°28,8	17°28,6	2
	5	31/05	14h00	25°30,2	14°56,7	22/11	02h30	21°28,6	17°27,3	
	6	31/05	15h45	25°30,1	14°44,7	22/11	04h30	21°28,7	17°14,9	
3	7	31/05	19h40	25°00,0	14°51,7	22/11	07h30	21°28,4	17°02,6	3
	8	01/06	09h00	25°00,0	15°24,4	23/11	02h35	22°14,8	16°47,9	
	9	01/06	12h10	25°00,0	15°51,9	23/11	04h25	22°19,1	17°01,5	
4	10	01/06	15h40	24°33,1	15°05,8	23/11	07h20	22°22,0	17°16,7	4
	11	02/06	05h40	24°30,2	15°32,2	23/11	09h10	22°22,7	17°18,3	
	12	02/06	13h25	24°30,3	15°58,6	24/11	14h30	23°18,5	17°00,7	
	13	02/06	19h05	24°30,0	16°15,3	24/11	15h50	23°17,6	16°58,4	
5	14	03/06	14h05	23°31,2	16°03,2	24/11	20h55	23°09,8	16°36,6	5
	15	04/06	01h40	23°30,2	16°24,7	24/11	23h10	23°03,0	16°17,2	
	16	04/06	11h05	23°30,0	16°44,6	25/11	21h10	23°53,8	16°46,6	
	17	04/06	15h50	23°30,1	16°57,5	25/11	23h30	23°48,8	16°32,8	
6	18	04/06	17h45	23°00,0	16°16,0	26/11	01h30	23°45,5	16°19,2	6
	19	04/06	21h11	23°00,0	16°33,0	26/11	03h10	23°38,4	16°07,2	
	20	05/06	04h32	23°00,0	16°52,3	27/11	02h20	24°29,4	16°25,5	
7	21	05/06	13h40	22°00,0	16°55,2	27/11	05h00	24°21,7	16°12,9	7
	22	06/06	04h45	22°00,0	17°08,5	27/11	08h05	24°14,1	15°54,9	
	23	06/06	09h50	22°00,0	17°26,3	27/11	10h40	24°07,9	15°41,0	
8	24	07/06	03h10	21°00,2	17°06,7	28/11	04h40	24°29,5	15°16,3	8
	25	07/06	09h45	21°00,0	17°21,1	28/11	06h55	24°35,8	15°30,5	
	26	07/06	16h55	21°00,0	17°38,2	28/11	09h15	24°42,8	15°45,2	
9	27					28/11	11h40	24°50,4	15°59,3	9
	28					28/11	13h20	24°57,4	16°13,8	
	29					29/11	11h00	25°22,1	15°58,9	
	30					29/11	13h50	25°14,5	15°42,9	
	31					29/11	16h40	25°07,1	15°25,7	
	32					29/11	20h20	25°00,7	15°10,6	
	33					29/11	23h45	24°52,7	14°53,6	
	34					30/11	20h15	25°26,1	14°49,1	
	35					30/11	23h10	25°32,5	15°02,7	
	36					01/12	01h05	25°38,3	15°14,5	
37					01/12	03h15	25°43,0	15°26,8		

		Juin 2008				Novembre 2008			
Radiales	Stations	Date	Heure (GMT)	Latitude N	Longitude W	Date	Heure (GMT)	Latitude N	Longitude W
1	1	10/06	02h35	26°00,2	14°35,2	17/11	09h50	21°00,8	17°06,2
	2	10/06	04h55	26°00,0	14°47,3	17/11	11h40	21°00,5	17°21,3
	3	10/06	08h55	26°00,0	15°02,8	17/11	14h50	21°00,8	17°37,9
2	4	10/06	16h45	25°32,6	14°43,7	18/11	15h55	22°00,1	16°55,0
	5	10/06	19h00	25°41,1	15°01,1	18/11	19h25	22°00,0	17°08,7
	6	10/06	20h35	25°46,9	15°10,2	18/11	21h30	22°00,0	17°26,5
3	7	11/06	23h15	24°53,6	14°53,7	20/11	06h05	22°51,8	16°21,1
	8	12/06	01h35	25°02,8	15°14,3	20/11	08h40	23°00,0	16°43,8
	9	12/06	04h17	25°12,0	15°34,2	20/11	14h15	23°07,7	17°01,3
4	10	12/06	06h00	25°20,8	15°55,9	21/11	06h15	23°37,4	16°55,7
	11	13/06	07h30	24°47	15°55,0	21/11	09h30	23°28,4	16°32,2
	12	13/06	14h05	24°37,2	15°34,0	21/11	15h15	23°20,8	16°11,0
5	13	13/06	16h30	24°27,3	15°14,4	22/11	20h20	24°47,3	16°18,2
	14	16/06	00h20	23°45,2	16°51,1	24/11	00h32	24°38,0	16°00,7
	15	16/06	02h55	23°39,1	16°35,7	24/11	03h00	24°29,6	15°40,9
	16	16/06	05h00	23°33,9	16°21,4	24/11	05h13	24°21,0	15°23,8
6	17	16/06	08h35	23°28,6	16°06,1	25/11	04h10	24°44,6	14°58,4
	18	17/06	09h27	23°06,9	17°04,9	25/11	08h05	24°53,3	15°19,2
	19	17/06	13h25	23°06,0	16°46,2	25/11	10h40	25°02,1	15°41,0
	20	17/06	18h50	22°50,9	16°19,4	25/11	13h20	25°12,1	16°04,7

Tableau A-I (suite)

7	21	19/06	03h00	22°05,2	17°24,5	26/11	19h00	25°25,5	14°49,2
	22	19/06	05h15	22°00,5	17°09,4	26/11	21h20	25°34,0	15°07,2
	23	19/06	08h35	21°57,6	16°55,6	26/11	23h45	25°43,5	15°26,4
8	24					27/11	15h00	26°05,0	14°57,7
	25					27/11	16h48	25°59,1	14°46,1
	26					27/11	19h35	25°53,7	14°35,2
Juillet 2009									
1	1	20/07	18h00	24°35'	15°39'				
	2	20/07	20h05	24°49'	15°59'				
	3	20/07	23h50	24°54'	16°01'				
	4	21/07	01h52	24°59'	16°33'				
2	5	22/07	01h50	23°47'	15°59'				
	6	22/07	04h30	24°07'	16°28'				
	7	22/07	07h00	24°24'	16°31'				
3	8	23/07	05h13	23°35'	16°19'				
	9	23/07	08h55	23°48'	16°53'				
	10	23/07	11h35	23°52'	16°92'				
4	11	24/07	04h50	23°11'	17°09'				
	12	24/07	07h33	23°01'	16°73'				
	13	24/07	11h35	22°56'	16°35'				
5	14	27/07	01h25	21°00'	17°26'				
	15	27/07	03h20	20°59'	17°35'				
	16	27/07	05h05	21°01'	17°11'				