

CARAC

TÉRIS

TIQUES ET

MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

ÉTAT

ÉCOLO

GIQUE

CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

JUIN 2012

ÉTAT BIOLOGIQUE

Caractéristiques biologiques - biocénoses Communautés du zooplancton

Benoît Sautour,
Débora Heroin (université Bordeaux 1–CNRS, Arcachon),
Virginie Raybaud,
Lars Stemmann (université Paris 6–CNRS, Villefranche-sur-Mer),
Thomas Raud,
Jean-Michel Brylinski (université du Littoral Côte d'Opale–CNRS, Wimereux),
Delphine Thibault-Botha (Aix-Marseille Université–CNRS/Insu, Marseille).
Avec la participation de Paul Nival (université Paris-VI, LOV, Paris).

Les auteurs remercient l'ensemble des auteurs de données sur le zooplancton qui ont accepté de participer à ce recensement. Ils remercient Paul Nival d'avoir accepté la relecture de cette étude, ainsi que Martine Fioroni, Isabelle Palazzoli, Laure Mousseau, Franck Prejger et Étienne Laffay pour leur aide précieuse.



L'état antérieur à cette étude sur la lisibilité des données utilisables pour définir un état initial des communautés du zooplancton révélait une disparité liée aux méthodes, aux périodes d'acquisition et aux sites suivis.

À cette disparité s'ajoutait la difficulté de recensement et de mobilisation des données pour un travail d'analyse global dans un laps de temps court. En conséquence, l'analyse scientifique nécessitant en première intention le recensement des données recueillies et de leurs caractéristiques, l'étude a porté sur cette étape indispensable qu'est le travail d'enquête et de recueil bibliographique. La présente synthèse constitue donc, à partir des informations recueillies jusqu'à présent, une première analyse de la nature des données potentiellement mobilisables pour définir un état initial, ainsi qu'une analyse des acquis et des manques en termes de recueil de données, ou encore des besoins d'acquisition de données nouvelles.

1. MÉTHODE

Nous avons, dans un premier temps, établi un annuaire des auteurs potentiels de données sur le zooplancton, puis chaque personne a été contactée individuellement. Parallèlement, nous avons rédigé un questionnaire à leur attention, de manière à recueillir l'ensemble des métadonnées temporelles et/ou spatiales existantes pour chaque étude. Cette étape a permis, en outre, de sensibiliser la communauté des zooplanctonologues à la démarche entreprise. Par ailleurs, nous avons aussi recueilli des métadonnées dans la bibliographie – publications, thèses –, tout particulièrement pour les études dont le ou les auteurs n'avaient pu être contactés. Toutes les informations ont été regroupées sous la forme de tableaux Microsoft Excel afin de faciliter l'analyse des données et la réalisation de cartes synthétiques. Les cartes présentées ici ont été réalisées avec le logiciel ArcGIS.

2. RÉSULTATS – DISCUSSION

2.1. RÉSULTATS DU RECENSEMENT

Le recensement des études effectuées depuis 1960 dans la sous-région marine a permis de répertorier 55 jeux de données (tableau 1) regroupant 10 320 échantillons.

	MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE	FRANCE MÉTROPOLITAINE
Nombre de prélèvements recensés	10 320	33 228
Nombre de jeux de données	55	158
Nombre d'auteurs identifiés	53	103
Nombre d'auteurs contactés	30	62
Pourcentage de retour de questionnaires	70	73
Pourcentage de questionnaires en attente	17	19
Pourcentage d'auteurs ne souhaitant pas participer	13	8

Tableau 1 : Résultats du recensement des métadonnées sur le zooplancton à l'échelle de la Méditerranée occidentale et à l'échelle de la France métropolitaine (2011).

Auteurs de données : Andersen V., Bandeira B., Boge G., Bonnet D., Boucher J., Bougis P., Braconnot J.-C., Buecher E., Carlotti F., Carré C., Cervetto G., Champalbert G., Collignon A., Coppola L., Cuzin J., Dallot S., Dauby P., de La Bigne C., Diamond E., Gasparini S., Gasser B., Gaudy R., Goffart A., Gorsky G., Goy J., Hecq J.-H., Ibanez F., Ieromina O., Jamet J.-L., Jamet D., Jean N., Labat J.-P., Laval P., Matsakis S., Mayzaud P., Mousseau L., Nival P., Nival S., Pagano M., Passelaigue F., Pedrotti M.-L., Picheral M., Prejger F., Prieur L., Razouls C., Richard S., Roger C., Rossi N., Sardou J., Stemmann L., Thibault-Botha D., Thiriot A., Vu Do Q.

La distribution spatiale de l'ensemble des prélèvements de zooplancton recensés en Méditerranée montre une grande hétérogénéité (figure 1). Certaines zones, comme la mer Ligure et le golfe du Lion, ont été intensément étudiées alors qu'aucun prélèvement n'a été effectué dans le centre et le sud de la sous-région marine – les points « sur le continent » (figure 1) correspondent à des prélèvements effectués dans les étangs et lagunes côtières. Il existe actuellement six stations pérennes de suivi à long terme : cinq stations côtières et une station hauturière au centre de la mer Ligure, le site Dyfamed. La série temporelle de Villefranche-sur-Mer est la plus ancienne puisqu'elle a débuté en 1966 [1]. En 1995, les séries de Toulon grande rade et petite rade ont débuté [2], suivies de Dyfamed en 2001, Marseille en 2002 [3] et enfin Calvi en 2003 [4]. Par contre, deux séries temporelles ont été arrêtées faute de moyens financiers et humains : Banyuls et Toulon – baie de Niel.

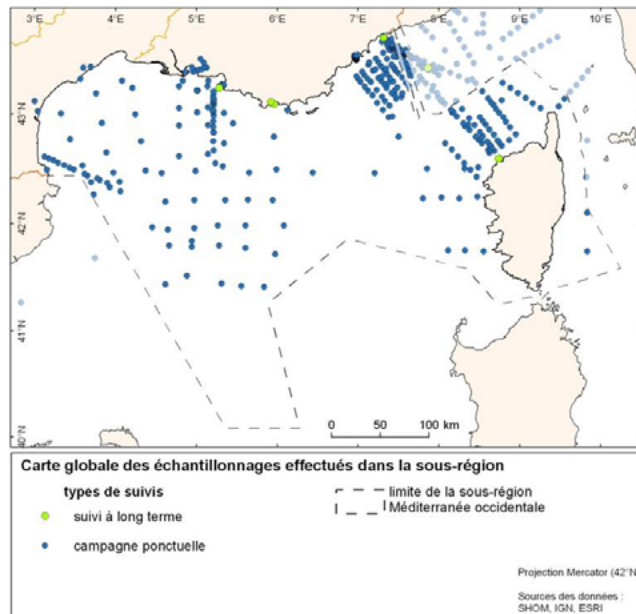


Figure 1 : Distribution spatiale de l'ensemble des prélèvements recensés depuis 1960 (Sources: SHOM, IGN, ESRI, CNRS, Ifremer, universités : Paris-VI, Méditerranée, Toulon-Var, Liège, Montpellier, 2011).

2.2. MÉTHODES D'ACQUISITION ET D'ANALYSE DU ZOOPLANCTON

Il existe différentes méthodes d'acquisition du zooplancton (figures 2 et 3). Le choix de l'engin et du vide de maille dépend de l'objectif scientifique. La majorité des prélèvements ont été effectués au moyen de filets, de pompes et de bouteilles. Les méthodes optiques, acoustiques et d'imagerie étant très rarement utilisées, elles n'ont pas été représentées sur les figures 2 et 3. La répartition géographique de l'utilisation des engins de prélèvement montre clairement la dominance de l'utilisation des filets à plancton en Méditerranée, le plus souvent montés avec des soies $\geq 200 \mu\text{m}$. Seuls quelques prélèvements ont été effectués avec des vides de maille $< 200 \mu\text{m}$, aussi bien en mer Ligure que dans le golfe du Lion.

Les filets avec une maille $> 200 \mu\text{m}$ – adaptés à l'étude du zooplancton de grande taille, tel que les grands copépodes, les euphausiacées ou les gélatineux – ont été principalement utilisés en mer Ligure et autour de la Corse.

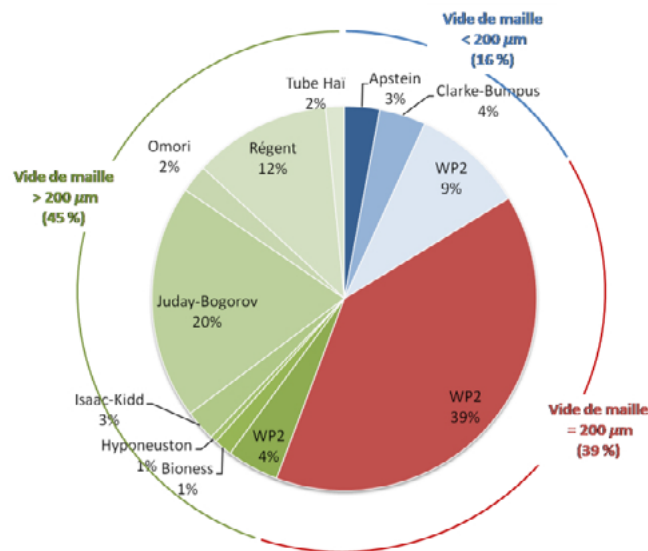


Figure 2 : Répartition des différents types de filets utilisés.

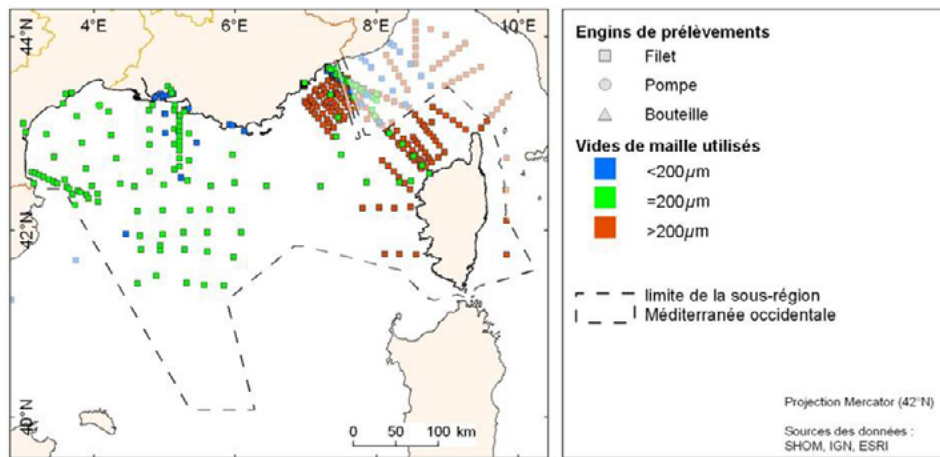


Figure 3 : Distribution spatiale des engins de prélèvements et des vides de mailles utilisés (Sources : SHOM, IGN, ESRI, CNRS, Ifremer, universités : Paris-VI, Méditerranée, Toulon-Var, Liège, Montpellier, 2011).

En Méditerranée, l'essentiel des données zooplanctoniques a été acquis avec des données hydrologiques – mesures de température et de salinité ; figure 4 – et plus de la moitié des échantillonnages est accompagnée de données météorologiques, de mesures de sels nutritifs et de phytoplancton – souvent mesuré en termes de *chl*_a.

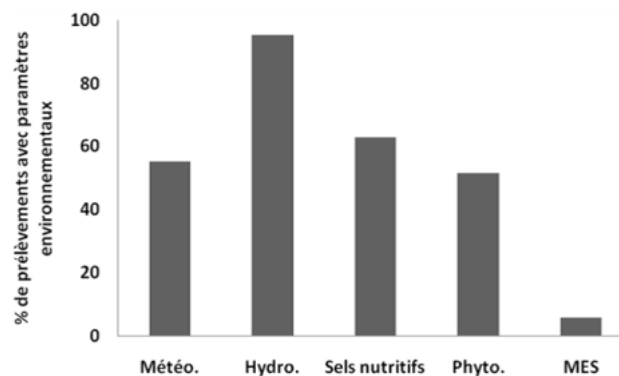


Figure 4 : Pourcentage de prélèvements accompagnés de paramètres environnementaux : Météo. = mesures météorologiques, Hydro. = mesures hydrologiques (température, salinité), Phyto. = phytoplancton, MES = matières en suspension.

En plus d'utiliser des moyens de prélèvement différents, le niveau d'analyse du zooplancton diffère d'une étude à l'autre. Les travaux portant sur l'ensemble de la communauté, sans détermination taxinomique, sont ceux pour lesquels seul le poids sec global ou le spectre de taille a été mesuré (figure 5). Lorsqu'une détermination taxinomique a été effectuée, nous distinguons les études dans lesquelles l'ensemble de la communauté a été déterminée et celles où la détermination a été limitée à un ou plusieurs taxons. Ces dernières ont porté spécifiquement sur les groupes suivants : copépodes [5], euphausiacées [6], décapodes, larves d'échinodermes [7], méduses [8] et salpes [9].

Les études globales et les études où la détermination est limitée à un ou quelques taxons sont les plus nombreuses (figure 5). En effet, la détermination taxinomique de l'ensemble de la communauté est un travail très long et fastidieux, qui nécessite des spécialistes en taxinomie. La répartition géographique des prélèvements où l'ensemble de la communauté a été déterminé montre des études éparses, qui sont loin de couvrir l'ensemble de la sous-région marine. De nouveaux outils basés sur l'imagerie – par exemple le ZooScan [10] – permettent de réaliser des images des organismes dans les échantillons de plancton. Ces images constituent des archives numériques à long terme et permettent aussi de classer rapidement, avec un contrôle indispensable par l'expert, les organismes dans de nombreux taxons. Cette approche permet d'obtenir rapidement des indicateurs de la communauté, mais elle ne permet pas, le plus souvent, la détermination spécifique que seul l'expert peut réaliser.

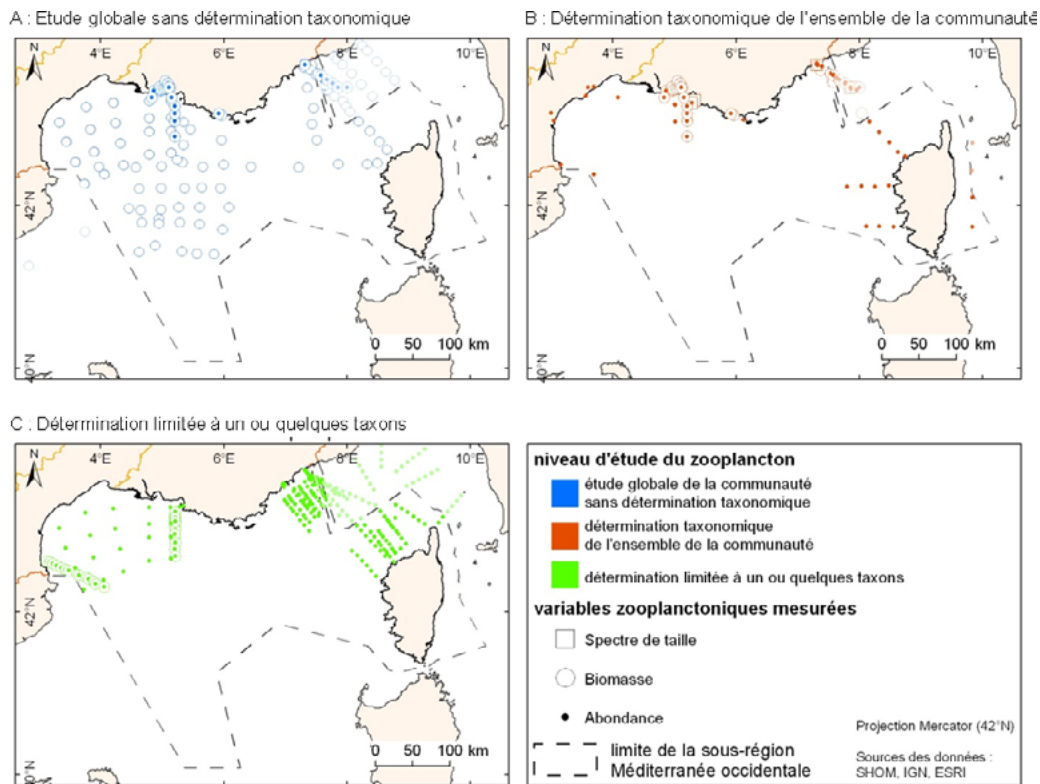


Figure 5 : Types d'études réalisées
(Sources : SHOM, IGN, ESRI, CNRS, Ifremer, universités : Paris-VI, Méditerranée, Toulon-Var, Liège, Montpellier, 2011).

2.3. ÉVOLUTION SPATIALE ET TEMPORELLE DES PRÉLÈVEMENTS

L'évolution temporelle du nombre de prélèvements de zooplancton effectués dans la sous-région marine (figure 6) montre clairement qu'avant 1996 la majorité des prélèvements était effectuée lors de campagnes océanographiques ponctuelles – avec un effort d'échantillonnage plus important entre 1982 et 1995. Depuis 1996, l'essentiel des données sur le zooplancton provient de suivis temporels à long terme.

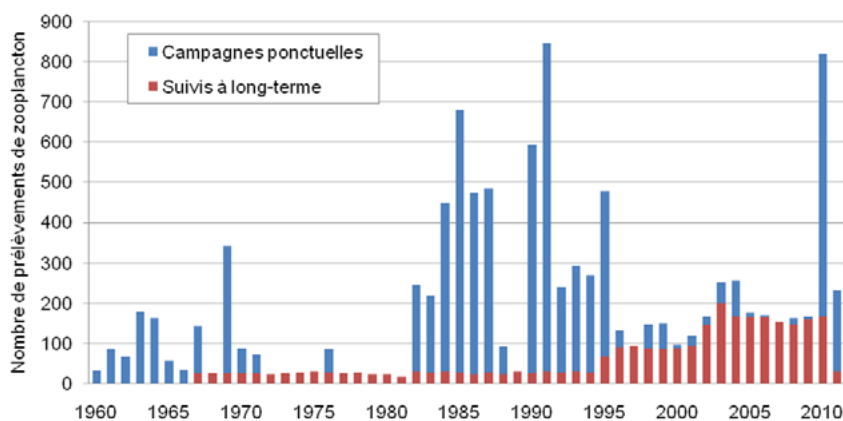


Figure 6 : Évolution temporelle du nombre de prélèvements par an.

Les campagnes océanographiques organisées avant 1970 et entre 1990 et 2000 ont porté principalement sur le golfe du Lion, la mer Ligure et la Corse (figure 7). Par contre, entre 1970 et 1990, l'essentiel des études sur le zooplancton a été fait en mer Ligure. Depuis 2000, la couverture spatiale des échantillonnages est très réduite. En effet, la majorité des prélèvements avaient comme objectif l'étude de l'évolution temporelle du zooplancton en un point fixe, aussi bien pendant les campagnes océanographiques [11] que pour les suivis temporels à long terme.

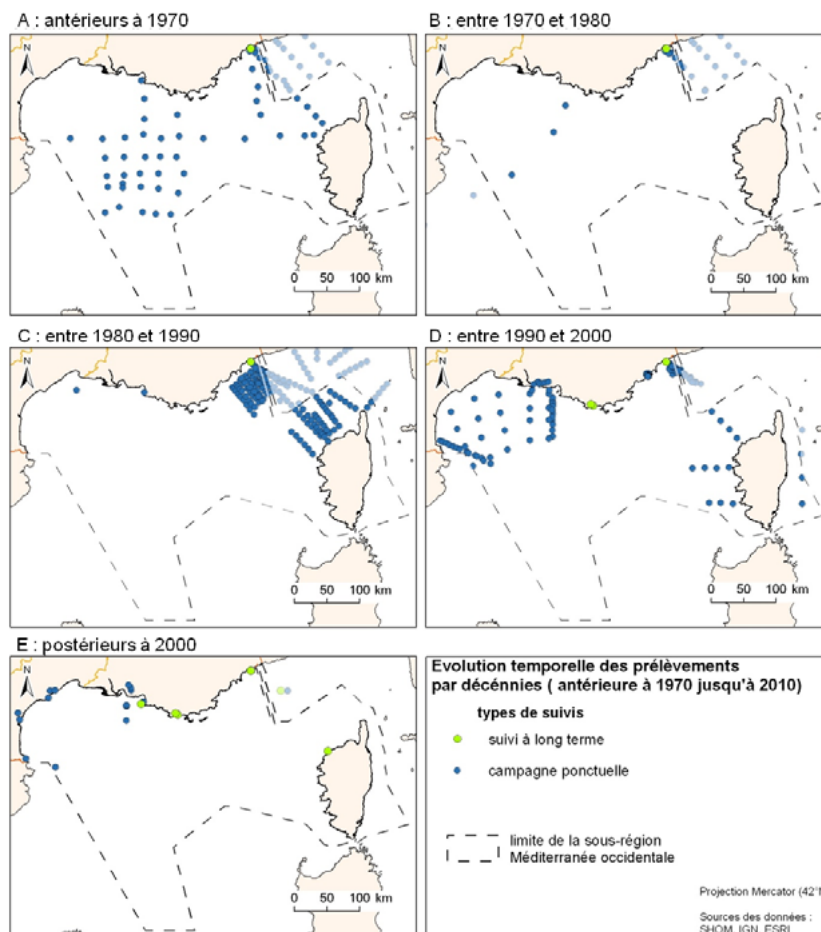


Figure 7 : Représentation des prélèvements par décennie depuis 1960
 (Sources : SHOM, IGN, ESRI, CNRS, Ifremer, Universités : Paris-VI, Méditerranée, Toulon-Var, Liège, Montpellier, 2011).

2.4. ZONES SENSIBLES

Le zooplancton de la Méditerranée ayant fait l'objet de nombreuses études, bien que souvent limitées dans le temps ou axées sur des taxons spécifiques, il est possible de déterminer les zones sensibles, ayant un intérêt scientifique ou pour les services qu'elles rendent, dans les eaux des lagunes et côtières, dans les zones à fort hydrodynamisme – panache du Rhône, front – et dans la zone hauturière.

2.4.1. Eaux des lagunes

Les données sont assez récentes mais montrent l'apparition d'espèces du plancton gélatineux – par exemple le cténophore *Mnemiopsis leydi* – [12] qui peuvent poser des problèmes au bon déroulement de certaines activités : pêche, tourisme.

2.4.2. Eaux côtières

Les données sont surtout disponibles sur les sites des séries temporelles longues. Elles permettent d'établir les bases de la dynamique des communautés de zooplancton [1] [13], en relation avec les changements du climat – site du point B – ou les activités anthropiques – sites de la rade de Toulon. Ces sites d'observation sont maintenant de véritables bibliothèques du passé, qu'il faut continuer à échantillonner. Il existe aussi des zones d'intérêt majeur, comme les aires marines protégées – Port-Cros et Banyuls-Cerbère –, car la réduction de la pression anthropique permet par exemple d'y étudier l'impact de l'absence de la pêche sur le plancton.

2.4.3. Eaux des zones à fort hydrodynamisme

Ces zones sont sous l'influence du panache du Rhône et du courant Nord. Les communautés de zooplancton et les larves de poissons y bénéficient souvent de conditions favorables, en raison de la forte production primaire et de l'accumulation de la matière au niveau du front bordant le courant Nord [14] [15] ou au niveau du panache [16] [17].

2.4.4. Eaux du plateau continental du golfe du Lion

Cette zone est fortement exploitée par les pêcheries, car de nombreuses espèces l'utilisent pour frayer. C'est aussi une zone favorable à la nutrition des larves de poisson, en raison des apports du panache du Rhône [18].

2.4.5. Centre de la mer Ligure et golfe du Lion

Ces deux zones sont d'un intérêt scientifique considérable, car elles sont le siège de convection profonde hivernale – phénomène assez unique dans les océans – et de remontée des eaux de fond – phénomène de divergence – tout au long de l'année [14]. Les remontées de sels nutritifs, dues à l'hydrodynamisme, permettent un fort développement du phytoplancton dans ces zones hauturières par rapport aux eaux périphériques [19]. De plus, on peut aussi noter l'existence de populations de grands mammifères marins dans le centre de la mer Ligure, dans le sanctuaire Pelagos.

3. CONCLUSION

Bien que le zooplancton soit intégré à de nombreuses études portant sur l'écosystème marin, il n'existait pas de base de données regroupant l'ensemble des travaux effectués sur ce groupe. L'étude synthétisée dans cette section a permis de recenser la majorité des métadonnées des études effectuées dans la sous-région marine, ainsi que de caractériser l'hétérogénéité des méthodes d'acquisition et d'analyse du zooplancton. L'évolution temporelle des prélèvements a montré clairement que le nombre d'études portant sur le zooplancton a chuté par rapport à la période 1981–1995. Par contre, il existe actuellement six sites d'acquisition de séries temporelles à long terme. Puisqu'il a été prouvé que le zooplancton pouvait être utilisé comme indicateur de l'impact des changements globaux [20], il apparaît indispensable de maintenir les séries temporelles existantes et de créer d'autres suivis dans les zones sensibles décrites au § 2.4. En effet, l'état de référence est, pour le moment, difficilement identifiable dans les zones géographiques qui ne possèdent pas de suivi à long terme.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Molinero J.C., Ibanez F., Nival P., Buecher E. et Souissi S., 2005. North Atlantic climate and northwestern Mediterranean plankton variability. *Limnology and Oceanography* 50, 1213–1220.
- [2] Jamet J.L., Jean N., Boge G., Richard S. et Jamet D., 2005. Plankton succession and assemblage structure in two neighbouring littoral ecosystems in the north-west Mediterranean Sea. *Marine and Freshwater Research* 56, 69–83.
- [3] Riandey V., 2005. Étude de la structure de taille des populations zooplanctoniques dans différents écosystèmes marins : Apports des nouveaux appareils automatisés d'observation. *Thèse de doctorat*. Université de la Méditerranée, Marseille, 343p.
- [4] Frangoulis C., Skliris N., Lepoint G., Elkalay K., Goffart A., Pinnegar J.K. et Hecq J.H., 2011. Importance of copepod carcasses versus faecal pellets in the upper water column of an oligotrophic area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. (Bull., 27): 93-184.
- [5] Gaudy R., 1962. Biologie des copépodes pélagiques du golfe de Marseille. *Recl Trav. Stn mar. Endoume*, 42 (Bull., 27): 93-184.
- [6] Labat J.P. et Cuzin-Roudy J., 1996. Population dynamics of the krill *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars, 1857) (Crustacea: Euphausiacea) in the Ligurian Sea (NW Mediterranean Sea). Size structure, growth and mortality modelling. *Journal of Plankton Research* 18, 2295.
- [7] Pedrotti M.L. et Fenaux L., 1992. Dispersal of echinoderm larvae in a geographical area marked by upwelling (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series* 86, 217–217.
- [8] Buecher E., 1999. Appearance of *Chelophyes appendiculata* and *Abylopsis tetragona* (Cnidaria, Siphonophora) in the Bay of Villefranche, northwestern Mediterranean. *Journal of Sea Research* 41, 295–307.
- [9] Gorsky G., Da Silva L., Dallot S., Laval P., Braconnot J.C. et Prieur L., 1991. Midwater tunicates: Are they related to the permanent front of the Ligurian Sea (NW Mediterranean)? *Marine Ecology Progress Series* 74, 195–204.
- [10] Gorsky G., Ohman M.D., Picheral M., Gasparini S., Stemmann L., Romagnan J.B., Cawood A., Pesant S., Garcia-Comas C. et Prejger F., 2010. Digital zooplankton image analysis using the ZooScan integrated system. *Journal of Plankton Research* 32, 285.
- [11] Raybaud V., Nival P., Mousseau L., Gubanova A., Altukhov D., Khvorov S., Ibanez F. et Andersen V., 2008. Short term changes in zooplankton community during the summer-autumn transition in the open NW Mediterranean Sea: species composition, abundance and diversity. *Biogeosciences* 5, 1765-1782.
- [12] Delpy F., Thibault-Botha D. et Carlotti F., 2010. Modification of the Berre Lagoon Pelagic Ecosystem since the 1980s. *Global Change: Mankind-Marine Environment Interactions* 363-366.
- [13] García-Comas C., Stemmann L., Ibanez F., Berline L., Mazzocchi M.G., Gasparini S., Picheral M. et Gorsky G., 2011. Zooplankton long-term changes in the NW Mediterranean Sea: Decadal periodicity forced by winter hydrographic conditions related to large-scale atmospheric changes? *Journal of Marine Systems* 87, 216-226.
- [14] Boucher J., Ibanez F. et Prieur L., 1987. Daily and seasonal variations in the spatial distribution of zooplankton populations in relation to the physical structure in the Ligurian Sea Front. *Journal of Marine Research* 45, 133–173.
- [15] Sournia A., Brylinski J.M., Dallot S., Le Corre P., Leveau M., Prieur L. et Froget C., 1990. Fronts hydrologiques au large des côtes françaises : les sites-ateliers du programme Frontal. *Oceanologica Acta* 13, 413–438.
- [16] Gaudy R., Bianchi M., Pagano M. et Soto Y., 1996. Cross frontal variability in hydrological and biological structures observed in a river plume area (Rhône mouth, NW Mediterranean Sea). *Hydrobiologia* 324, 131–140.
- [17] Gaudy R. et Champalbert G., 1998. Space and time variations in zooplankton distribution south of Marseilles. *Oceanologica Acta* 21, 793–802.
- [18] Aldebert Y. et Tournier H., 1971. La reproduction de la sardine et de l'anchois dans le golfe du Lion. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* 35, 57–75.
- [19] D'Ortenzio F. et Ribera d'Alcalà M., 2009. On the trophic regimes of the Mediterranean Sea: a satellite analysis. *Biogeosciences* 6, 139-148.
- [20] Beaugrand G., Reid P.C., Ibanez F., Lindley J.A. et Edwards M., 2002. Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate. *Science* 296, 1692.