



# Changement climatique et milieu marin en Corse

*Report Card 2018*

**B4-Plancton**

# L'écosystème planctonique côtier

Sylvie GOBERT – Professeur à l'Université de Liège (ULiège) (Belgique)

Marie GARRIDO – Docteur, Assistante Principale à l'Office de l'Environnement de la Corse

Pierre LEJEUNE – Directeur de STARESO

## Résumé exécutif

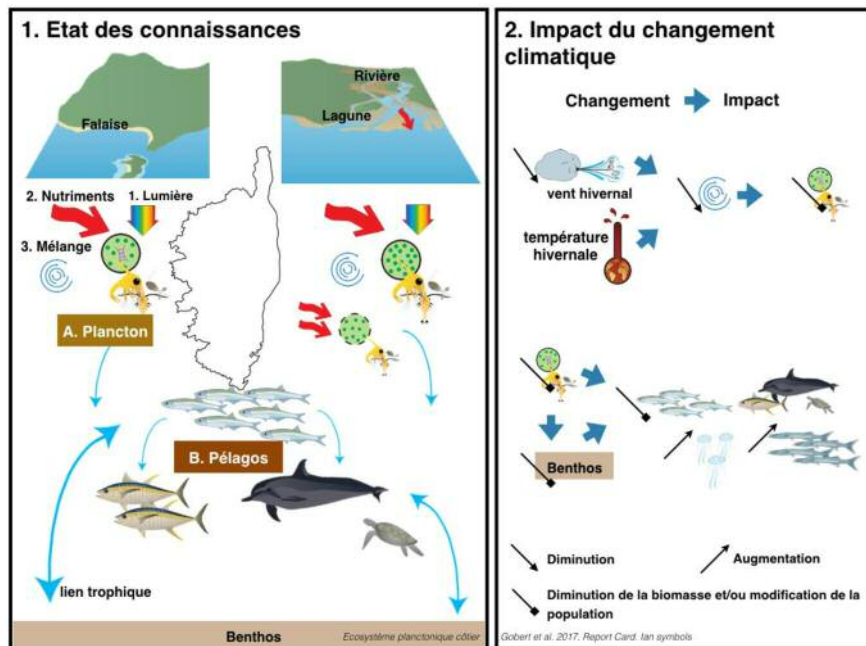


Fig 1 L'écosystème planctonique côtier:

**1. Etat des connaissances :** En Corse, sur la côte occidentale, après le mélange hivernal, les nutriments sont disponibles, la lumière suffisante et les blooms phytoplanctoniques se produisent (février- mars) et sont immédiatement suivis par le zooplancton. Le reste de l'année, le système est oligotrophe et peu productif. Sur la côte orientale, l'écosystème planctonique suit ce même rythme avec un bloom printanier sous forçage climatique. Cependant, des blooms liés à des apports par les fleuves et les lagunes ont lieu au cours de l'année.

**2. Impact du changement climatique :** Si les tendances climatiques hivernales actuelles se confirment (augmentation de la température et baisse du régime de vents hivernaux), présence de bloom estival, on doit s'attendre à des blooms planctoniques printaniers réduits ou modifiés avec des conséquences considérables sur les écosystèmes côtiers et les espèces benthiques à phase planctonique larvaire. D'un point de vue économique, cela pourrait avoir des conséquences sur les ressources halieutiques avec l'apparition d'espèces à affinité chaude (*Sphyraena*, *Thalassoma*, *Mobula*, ...) mais aussi de blooms estivaux de méduses. On ne note pas actuellement de forts développements du phytoplancton liés à des rejets anthropiques (marée rouge) mais bien quelques modifications de la composition du phytoplancton à proximité de certaines pressions (aquaculture, mouillage) sans conséquences lourdes.

En Corse, sur la côte occidentale, après le mélange hivernal, les nutriments sont disponibles, la lumière suffisante et les blooms phytoplanctoniques se produisent (février- mars) et sont immédiatement suivis par le zooplancton. Le reste de l'année, le système est oligotrophe et peu productif. Sur la côte orientale, l'écosystème planctonique suit ce même rythme avec un bloom printanier sous forçage climatique. Cependant, des blooms liés à des apports par les fleuves et les lagunes ont lieu au cours de l'année. Si les tendances climatiques hivernales actuelles se confirment (augmentation de la température et baisse du régime de vents hivernaux), présence de bloom estival, on doit s'attendre à des blooms planctoniques printaniers réduits ou modifiés avec des conséquences considérables sur les écosystèmes côtiers et les espèces benthiques à phase planctonique larvaire. D'un point de vue économique, cela pourrait avoir des conséquences sur les ressources halieutiques avec l'apparition d'espèces à affinité chaude (*Sphyraena*, *Thalassoma*, *Mobula*, ...) mais aussi de blooms estivaux de méduses. On ne note pas actuellement de forts développements du phytoplancton liés à des rejets anthropiques (marée rouge) mais bien quelques modifications de la composition du phytoplancton à proximité de certaines pressions (aquaculture, mouillage) sans conséquences lourdes.

## A – Etat des connaissances sur l'écosystème planctonique côtier

### 1 – Le rôle de l'écosystème planctonique côtier

Le phytoplancton est à l'origine de la plupart des chaînes alimentaires pélagiques. La production phytoplanctonique par photosynthèse est sous le contrôle de facteurs physico-chimiques limitant comme la lumière et les nutriments (e.g. azote, phosphore, silice, fer, ...) dont la disponibilité est largement liée à l'état de la colonne d'eau (mélanges de masses d'eaux, échanges avec le milieu continental, pluies, vents, turbidité, température). Cette production par photosynthèse est largement convertie par les consommateurs primaires (zooplancton) puis secondaires (e.g. mollusques, poissons, tortues, cétacés, etc...) du milieu pélagique. L'ensemble des ressources ainsi créées viennent elles mêmes, par échanges, abonder les ressources offertes aux organismes se développant sur les milieux benthiques. Par ailleurs, la plupart des organismes benthiques faisant la richesse des milieux côtiers, présentent une phase planctonique larvaire, plus ou moins longue. Les organismes benthiques sont donc, pour une phase fondamentale de leur cycle de vie, partie intégrante de l'écosystème planctonique. L'efficacité du renouvellement des populations benthiques, par recrutement, est donc largement dépendante de la survie larvaire planctonique et donc de l'état de cet écosystème (*Faire un renvoi vers la figure 1, état des connaissances du chapitre La colonne d'eau côtière et ses perturbations*).

Le phytoplancton est le principal acteur de la pompe biologique océanique : par la photosynthèse qui permet sa croissance et son développement, il consomme de grandes quantités de CO<sub>2</sub> et le carbone est ainsi fixé dans les organismes. La chaîne alimentaire fait ensuite le reste: le phytoplancton est consommé par le zooplancton... Les pelotes fécales, le zooplancton et le phytoplancton morts migrent vers les grandes profondeurs.

### 2 – Etat des connaissances le long du littoral de la Corse

Il y a peu d'études de l'écosystème planctonique, réalisés en Corse *in situ* et en continu, sur de longue période de temps. Cet écosystème a été essentiellement étudié en Corse depuis les années 70 par la STARESO et l'ULiège, d'abord par des campagnes ponctuelles puis des travaux de mémoires et de thèses à partir des années 80 (Dauby, 1980, 1984, 1985, Goffart *et al.*, 2002, Collard, 2012, Collignon, 2014).

Depuis 2006, le phyto et le zooplancton sont suivis sur une base, à minima hebdomadaire, par la STARESO/ULiège dans la baie de Calvi. Depuis 2012, La STARESO, soutenue par l'Agence de l'Eau RMC et la Collectivité Territoriale de Corse (CTC), a mis en place en baie de Calvi et sur le proche large, le programme STARECAPMED, « STATION of Reference and rEsearch on Change of local and global Anthropogenic Pressures on Mediterranean Ecosystems Drifts » (Richir *et al.*, 2015). Ce programme comporte un axe de travail dédié à des mesures à haute fréquence sur l'écosystème planctonique. Les mesures, portent sur la biomasse et la composition du phytoplancton et du zooplancton en surface et sur des profils verticaux et /ou horizontaux. En outre STARECAPMED entretient et abonde la base de donnée RACE de l'ULiège en recherchant et en banca-riant les données nouvelles et les données relevées par le passé en Baie de Calvi lors des campagnes ponctuelles citées plus haut. Enfin, le programme interface les analyses faites sur l'écosystème planctonique avec les mesures physico-chimiques réalisées dans la colonne d'eau (nutriments, salinité, température, courants, ...) et les mesures de deux stations météorologiques automatiques de l'ULiège installées localement, mesurant à haute fréquence vents (vitesse, direction), température, humidité, hygrométrie, pluviosité, insolation, (<http://www.gitan.ulg.ac.be/cms/index.php?page=donnees-de-stareso>).

Depuis 2010, la façade orientale de l'île a également fait l'objet d'études ponctuelles (sites, saisons, années) investiguant le phytoplancton, le zooplancton et leurs modélisations, mais également des travaux sur la fonction des communautés phytoplanctoniques (Garrido, 2012 ; Garrido *et al.*, 2014 ; Kroek *et al.*, 2015 ; Lozano *et al.*, 2015 ; Garrido *et al.*, 2016 ; Cecchi *et al.*, 2016).

Sur la côte occidentale, il ressort de l'ensemble de ces travaux que la dynamique normale des masses d'eaux côtières corse est naturellement rythmée par l'alternance de la saison d'hiver, ventée et froide et de la saison d'été, moins agitée et chaude. En hiver, l'agitation et le refroidissement des eaux de surface mélange et homogénéise la colonne d'eau et permet la remontée en surface d'eaux plus profondes et plus riches en nutriments. Au début du printemps, ces nutriments sont disponibles dans la zone où pénètre la lumière et les blooms

phytoplanctoniques se produisent. Ainsi, l'essentiel de la production annuelle phytoplanctonique de surface se produit sur une relativement courte période entre février et mars (*Chaetoceros sp.*) et est immédiatement suivi par un pic de développement de zooplancton. Le reste de l'année, le système est oligotrophe, peu productif et la biodiversité de la communauté planctonique présente est adaptée à cette situation.

Concernant la côte orientale, les travaux récents de l'Université de Corse sur la côte orientale (Garrido, 2012 ; Garrido *et al.*, 2014) montrent que la dynamique de l'écosystème planctonique suit le rythme des saisons avec un bloom printanier sous forçage climatique. Cependant, des floraisons successives ont été observées, notamment en période hivernale (Février; *Chaetoceros sp.*) et une pré-printanière (Mars; Prymnesiophyceae appartenant au genre *Phaeocystis*). Les efflorescences prennent une configuration différente liée à des apports terrigènes par les fleuves, mais aussi par les lagunes avec une production phytoplanctonique importante en dehors des périodes printanières et la présence de Dinophyceae nuisibles et/ou toxiques (*Dinophysis*, *Prorocentrum* et *Protoberidinium*) en plus grande proportion. L'eutrophisation des eaux côtières ainsi que les changements climatiques ont été mises en cause pour ce qui concerne l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des blooms pouvant avoir des conséquences nuisibles sur l'économie ou la santé humaine.

## **B – Impact du changement climatique sur l'écosystème planctonique côtier**

### 1 – Les causes climatiques de perturbation de l'écosystème planctonique

#### Les causes locales

Sur la côte occidentale, les masses d'eaux côtières corse sont naturellement oligotrophes, particulièrement en été, en raison des faibles apports naturels du milieu terrestre et de l'absence de plateau continental large qui pourrait limiter l'exportation des nutriments vers les masses d'eaux profondes. Les rejets anthropiques en milieu côtier, notamment de matières azotées et phosphorées sont donc de nature à modifier cette oligotrophie à laquelle les espèces planctoniques natives sont adaptées. Le programme STARECAPMED, qui suit en baie de Calvi l'ensemble des pressions anthropiques typiques du littoral corse, tend à montrer que les impacts humains restent faibles et très localisés autour des points de rejet (Couture, 2013).

On ne note pas, en Corse, de forts développements du phytoplancton liés à des rejets anthropiques et il n'y a pas de bloom de type marée rouge (potentiellement toxique). On note simplement quelques modifications de la composition du phytoplancton à proximité de certaines pressions comme l'aquaculture, zones de mouillage sans conséquences lourdes (Richir *et al.*, 2015, Goffart *et al.*, 2002).

#### Les causes climatiques

Le long des côtes occidentales, la dynamique normale du développement du phytoplancton puis du zooplancton suit l'alternance de saisons. Le régime de vent (intensité, fréquence, direction) ainsi que les températures de l'air et de l'eau sont des facteurs climatiques déterminant dans le mélange des masses d'eaux de surface oligotrophes et des masses d'eaux plus profondes et plus riches en nutriments (voir plus haut). Ainsi, l'état de l'écosystème planctonique côtier corse est extrêmement dépendant des forçages climatiques. Les travaux réalisés en baie de Calvi montrent que le bloom de production phytoplanctonique de printemps est très dépendant de la situation climatique qui a prévalu l'automne et l'hiver qui ont précédé (Goffart *et al.*, 2002, Gazeau *et al.*, 2016).

Sur la côte orientale, la présence de fleuves et de lagunes sur les bassins versants influence la communauté phytoplanctonique. C'est pourquoi une modification du régime des pluies à la côte et sur les bassins versant pourrait influencer l'écosystème planctonique de la côte orientale en période de blooms mais également lors d'événement de pluie et/ou ruissellement (Garrido 2012 ; Garrido *et al.*, 2014).

### 2 – Le devenir de l'écosystème planctonique sous l'influence du changement climatique

Toute évolution climatique modifiant le régime des vents et les températures atmosphériques sont susceptibles de modifier profondément la dynamique des masses d'eaux côtières et ainsi l'état de l'écosystème planctonique.

## Le bloom de phytoplancton printanier

L'étude de la dynamique de la biomasse du phytoplancton depuis les années 70 en baie de Calvi montre des variations interannuelles considérables avec des années présentant un bloom printanier marqué et d'autres avec un bloom réduit voir parfois inexistant (Goffart *et al.*, 2002). Ces anomalies de la production du phytoplancton sont suivies d'anomalies sur la biomasse et la composition du zooplancton (Fig 1 ; Fullgubre *et al.*, 2016).

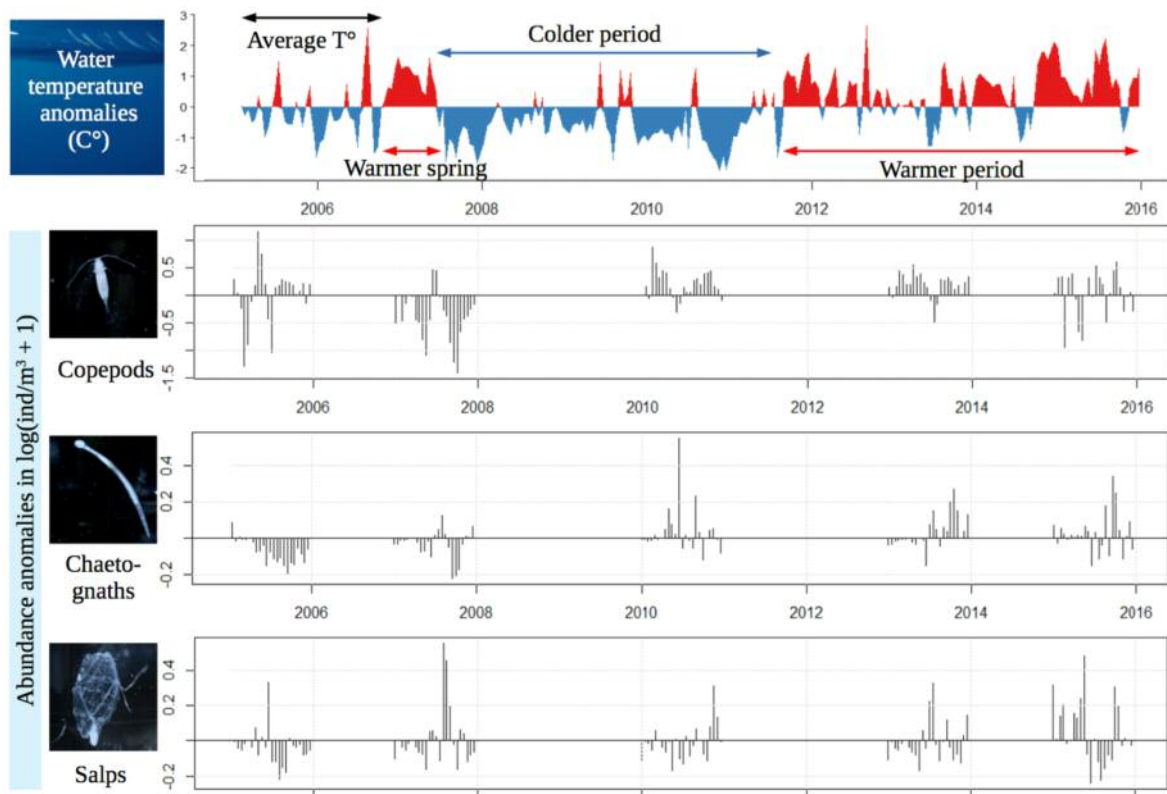


Fig 1 : Anomalie d'abondance zooplanctonique (log du nombre d'individus par m<sup>3</sup> de copépodes, chaetognathes et salpes) entre 2004 et 2006 en relation avec les anomalies de température de la colonne d'eau (Fullgubre *et al.*, 2016).

Si les tendances climatiques hivernales actuelles se confirment et se renforcent (augmentation de la température hivernale, baisse du régime de vents hivernaux), on doit s'attendre à voir les blooms planctoniques printaniers se réduire avec des conséquences considérables sur les écosystèmes côtiers. En effet, la plupart des espèces benthiques à phase planctonique larvaire synchronisent leur reproduction avec le printemps afin de profiter du « fourrage » produit par le bloom. Le changement climatique peut donc potentiellement dégrader l'état de l'écosystème planctonique et enrayer la reproduction des espèces benthiques et pélagiques. D'un point de vue économique, cela pourrait, par exemple, avoir des conséquences considérables sur les ressources halieutiques.

## Une production planctonique estivale

Si les conditions climatiques (régimes des vents principalement) devaient favoriser une production planctonique estivale comme les études semblent le montrer certaines années, on peut s'attendre à voir des espèces exogènes et/ou natives mais envahissantes, qui ont des capacités de reproduction estivales apparaître puis remplacer les espèces normalement présente à cette saison. Aujourd'hui, l'apparition en Corse d'espèces à affinité chaude, Est-Méditerranéennes notamment (*Sphyraena*, *Thalassoma*, *Mobula*, ...) mais aussi les blooms estivaux de méduses (*Pelagia*) pourraient être dues aux perturbations de l'écosystème planctonique notamment en été.

L'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère induit dans tous les océans une acidification des eaux. Il est reconnu que cette acidification peut induire des conditions dans lesquelles les organismes benthiques ou planctoniques, producteur de structures calcifiées (e.g. coquilles, squelette, ...) peuvent se trouver affectés dans leur développement.

En Corse, en baie de Calvi, l'expérience Medsea (Gazeau *et al.*, 2017a), réalisée avec le concours du programme STARECAPMED, a testé en mésocosmes la réaction de l'écosystème planctonique à des acidifications croissantes de la masse d'eau. Les résultats obtenus sont plus mitigés qu'attendus mais mettent en évidence que l'acidification engendrera probablement des modifications de populations planctoniques, des chaînes trophiques et donc des transferts de matières associées (Celussi *et al.*, 2017 ; Louis *et al.* 2017 ; Gazeau *et al.*, 2017b).

### C. Bibliographie

- Celussi M, Malfatti F, Franzo A, Gazeau F, Giannakourou A, Pitta P, Tsiola A, Del Negro P (2017) Ocean acidification effect on prokaryotic metabolism tested in two diverse trophic regimes in the Mediterranean Sea. *Estuar Coast Shelf S* 186: 125-138 | doi: 10.1016/j.ecss.2015.08.015.
- Collard F. (2012). Approche écologique du neuston en Baie de Calvi. Mémoire de Master 2 en Océanographie à Finalité Approfondie, Université de Liège, Belgique, 53 pp. + annexes.
- Collignon A. (2014). Abondance et variabilité des méduses en Baie de Calvi (Corse). Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgique, 186 pp.
- Couture, M. (2013). Suivi et quantification des pressions anthropiques en baie de Calvi. Mémoire de Master en Ingénierie Environnementale, Université de Liège, Belgique, et Université de Corse, France, 72 pp.
- Dauby, P. (1980) Cycle annuel du zooplancton de surface de la baie de Calvi (Corse). Biomasse totale et plancton copépodien. *Oceanol. Acta*, 3, 4, 403-407.
- Dauby, P (1984). Le macrozooplancton gélatineux, une source considérable d'enrichissement en matière organique des substrats benthiques infralittoraux. Communication au XXIXe congrès- Assemblée plénière, Lucerne, 11-19 Octobre Comité du plancton.
- Dauby, P (1985). Dynamique et productivité de l'écosystème planctonique du golfe de Calvi (Corse). Th. Univ. Liège 288pp.
- Dauby, P. (1985). Le macrozooplancton gélatineux, une source considérable d'enrichissement en matière organique des substrats benthiques infralittoraux. *Rapports et Procès Verbaux des Réunions - Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*. 29 : 321-322.
- Frangoulis, C., Skliris, N., Lepoint, G., Elkalay, K., Goffart, A., Pinnegar, J., Hecq, J.H. Importance of copepod carcasses versus faecal pellets in the upper water column of an oligotrophic area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92, 3 : 456-463.
- Fullgrabe, L., Richir, J., Batigny, A., Leduc, M., Dauby, P., Lejeune, P., Grosjean, P., & Gobert, S. (2016). *Exploring a Mediterranean mesozooplankton 13 year time-series*. 23rd Congress of Zoology, Antwerp, Belgium. <http://hdl.handle.net/2268/205222>
- Garido, M (2012). Structure et fonction des communautés phytoplanctoniques en milieux côtiers marin et lagunaire (Méditerranée – Corse) dans une optique de gestion. Th. Univ. De Corse et de Liège 205pp
- Garrido, M, Koeck B , Goffart A , Collignon A, Hecq JH, Agostini S, Marchand B, Lejeune P and Pasqualini V (2014). Contrasting Patterns of Phytoplankton Assemblages in Two Coastal Ecosystems in Relation to Environmental Factors (Corsica, NW Mediterranean Sea). *Diversity* 6 : 296-322.
- Garrido, M, Cecchi, P, Collos, Y, Agostini, S and Pasqualini, V (2016) Water flux management and phytoplankton communities in a Mediterranean coastal lagoon. Part I: How to promote dinoflagellate dominance? *Marine Pollution Bulletin*, 104, 139–152.
- Cecchi, P, Garrido, M, Collos, Y and Pasqualini, V (2016) Water flux management and phytoplankton communities in a Mediterranean coastal lagoon. Part II: Mixotrophy of dinoflagellates as an adaptive strategy? *Marine Pollution Bulletin*, 108, 120–133.
- Goffart, A., Hecq, J.H., Legendre, L., 2002. Changes in the development of the winter- spring phytoplankton bloom in the Bay of Calvi (NW Mediterranean) over the last two decades: a response to changing climate? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 236, 45-60.
- Gazeau F, Sallon A, Maugendre L, Louis J, Dellisanti W, Gaubert M, Lejeune P, Gobert S, Borges AV, Harlay

- J, Champenois W, Alliouane S, Taillandier V, Louis F, Obolensky G, Grisoni J-M, Guieu C (2017a) First mesocosm experiments to study the impacts of ocean acidification on plankton communities in the NW Mediterranean Sea (MedSeA project). *Estuar Coast Shelf S* 186: 11-29 | doi: 10.1016/j.ecss.2016.05.014.
- Gazeau F, Sallon A, Pitta P, Tsiola A, Maugendre L, Giani M, Celussi M, Pedrotti M-L, Marro S, Guieu C (2017b) Limited impact of ocean acidification on phytoplankton community structure and carbon export in an oligotrophic environment: Results from two short-term mesocosm studies in the Mediterranean Sea. *Estuar Coast Shelf S* 186: 72-88 | doi: 10.1016/j.ecss.2016.11.016.
- Louis J, Guieu C, Gazeau F (2017) Nutrient dynamics under different ocean acidification scenarios in a low nutrient low chlorophyll system: the Northwestern Mediterranean Sea. *Estuar Coast Shelf S* 186: 30-44 | doi: 10.1016/j.ecss.2016.01.015.
- Lozano, L., Crec'riou, R., Garsi, L.H., Agostini, S., Lenfant, P. (2015) Caractérisation de la diversité des post-larves de poissons en Méditerranée nord-occidentale et la variabilité de leur recrutement. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, 29: 135-165.
- Richir, J., Abadie, A., Binard, M., Biondo, R., Boissery, P., Borges, A., Cimiterra, N., Collignon, A., Champenois, W., Donnay, A., Fréjefond, C., Gobert, S., Goffart, A., Hecq, J.-H., Lepoint, G., Pelaprat, C., Pere, A., Sirjacobs, D., Thomé, J.-P., Volpon, A., & Lejeune, P. (2015). *STARECAPMED (STation of Reference and REsearch on Change of local and global Anthropogenic Pressures on Mediterranean Ecosystems Drifts) - Année 2014. Rapport de recherches*. Calvi, France: STARESO SAS. 102pp. <http://hdl.handle.net/2268/187710>.