



RAPPORT SUR LES TRAVAUX SCIENTIFIQUES

Volume 3 - Année 2003

Recueillis et publiés sous la direction de :

Frédéric BACHET, Directeur du Parc Marin

Denise BELLAN-SANTINI, Présidente du Conseil Scientifique

Eric CHARBONNEL, Boris DANIEL, Responsables de l'édition

Réalisation, mise en forme et édition :

Eric CHARBONNEL



RAPPORT SUR LES TRAVAUX SCIENTIFIQUES

SOMMAIRE

Introduction.....	2
Présentation du Parc Marin de la Côte Bleue.....	4
Présentation et composition du Conseil Scientifique.....	5
Articles des travaux scientifiques effectués en 2003.....	7
La réserve marine de Carry-le-Rouet, site atelier du programme européen BIOMEX : estimation de l'exportation de biomasse à partir des aires marines protégées de Méditerranée occidentale et impacts sur les pêcheries côtières environnantes. LE DIREAC'H L.....	7
Compréhension des processus de régression de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> de la Côte Bleue. MAYOT N., BOUDOURESQUE C.F., LERICHE A.....	17
La gestion du balisage de la zone des 300 m. BACHET F., DANIEL B., CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F.....	25
Biologie des populations du corail rouge (<i>Corallium rubrum</i>) de Méditerranée. TORRENTS-CABESTANY O.....	28
Suivi de l'évolution du peuplement d'oursins comestibles (<i>Paracentrotus lividus</i>) dans le quartier de Martigues. 19 ^{ème} note. Avril 1994 - Août 2003. BACHET F., DANIEL B., RENAUD A.....	36
Suivi de l'herbier de Posidonie de l'anse du Rouet. Compte-rendu de mission. Premier retour 2003. CHARBONNEL E., DANIEL B., BACHET F.....	47
Enregistrement sous-marin en continu de la température dans la réserve du Cap-Couronne. Bilan 2003. CHARBONNEL E., DANIEL B., BACHET F., HARMELIN J.G.....	57
Fréquentation estivale des visiteurs aquatiques de la réserve de Carry-le-Rouet. Juillet/août 2003. DANIEL B., CHARBONNEL E., PACCHIARDI S.....	64
Mise en place d'un protocole de comptage de la fréquentation autour des réserves de Carry-le-Rouet et du Cap-Couronne. CHARBONNEL E., DANIEL B., PACCHIARDI S.....	68



RAPPORT SUR LES TRAVAUX SCIENTIFIQUES

1. Introduction

Le compte-rendu des travaux scientifiques du Parc Marin de la Côte Bleue a pour objet de mettre en valeur certains travaux et études à caractère scientifique réalisés dans les deux réserves de la Côte Bleue (zone de 85 ha à Carry-le-Rouet et 210 ha au Cap Couronne), mais également dans l'ensemble de la zone de compétence du Parc Marin, le long des 28 kilomètres de côte située entre Marseille et Martigues. L'objectif du compte-rendu annuel est de rassembler les données scientifiques et techniques collectées et analysées dans ce territoire par le Parc Marin ou en relation avec lui.

Ce rapport présente les résultats des suivis et des travaux scientifiques réalisés dans la zone de compétence du syndicat mixte Parc Marin de la Côte Bleue au cours de l'année 2003. Neuf articles sont présentés dans ce volume. Les suivis annuels réalisés en interne par le personnel du Parc Marin concernent l'évolution des populations d'oursins comestibles sur le quartier maritime de Martigues, le balisage de l'herbier de Posidonie de l'anse du Rouet, l'évolution des températures en profondeur de la réserve du Cap-Couronne, les données de la fréquentation estivale de la réserve de Carry-le-Rouet par les visiteurs aquatiques. La démarche du Parc Marin sur les balisages de la bande côtière des 300 m est présentée, avec l'utilisation d'un système de mouillage alternatif préservant les herbiers.

Des travaux de recherche effectués dans le cadre de thèses de doctorats encadrées par le Centre d'Océanologie de Marseille sont présentés. Ces travaux concernent le corail rouge, ressource exploitée sur la Côte Bleue, et les causes de la régression de l'herbier de Posidonie de la Côte Bleue en limite inférieure.

L'année 2003 a vu également le lancement du programme européen BIOMEX, visant à estimer l'exportation de biomasse des réserves vers les zones périphériques, une dimension de l'« effet réserve » qui n'a, à ce jour, jamais pu être mis clairement en évidence en Méditerranée. Ce programme de 3 ans rassemble 9 partenaires de 3 pays (Espagne, France et Irlande) et 6 réserves marines ont été sélectionnées pour cette étude, dont 2 réserves en France (Carry-le-Rouet et Cerbère-Banyuls) et 4 en Espagne (Médès, Tabarca, Cabo de Palos et Cabrera). Depuis le printemps 2003, plusieurs missions de terrain sont menées dans la réserve de Carry-le-Rouet, avec simultanément des pêches de plancton, des pêches expérimentales réalisées hors réserve en collaboration avec les pêcheurs professionnels, des enquêtes auprès des pêcheurs professionnels et de loisir, et des comptages de poissons en plongée.

Le programme Biomex est basé sur une approche pluridisciplinaire originale, qui associe l'échantillonnage des différents compartiments des poissons (oeufs, larves et adultes) à l'analyse des activités de pêches autour de la réserve.

2. Présentation du Parc Marin de la Côte Bleue, structure de gestion du milieu marin

Le Parc Marin de la Côte Bleue est le nom donné à un établissement public (Syndicat Mixte) qui regroupe les 5 communes de la Côte Bleue (Martigues, Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet, Ensues-la-Redonne et le Rove), la Région Provence Alpes Côte d'Azur, le Département des Bouches du Rhône, et les organisations professionnelles de la pêche (Comités Locaux et Prud'homies) de Marseille et de Martigues.

Vingt ans après sa création en 1983, le Parc Marin de la Côte Bleue vient de franchir ces dernières années des étapes essentielles permettant la reconnaissance et la pérennisation de son action :

- Evolution vers le statut d'un **établissement public**, regroupant les collectivités et les organisations professionnelles de la pêche (Syndicat Mixte créé en 2000) ;
- Création d'un **Conseil Scientifique** en 2002 ;
- Obtention, en décembre 2003, pour une durée de 30 ans renouvelable, d'une **concession** devant l'ensemble de la Côte Bleue, officialisant un territoire d'intervention et une pérennisation des actions du Syndicat Mixte ;
- Installation dans un siège mieux adapté aux activités de la structure (ouverture début 2005 des locaux de l'**Observatoire du Parc Marin**) et augmentation du **personnel et des financements**.

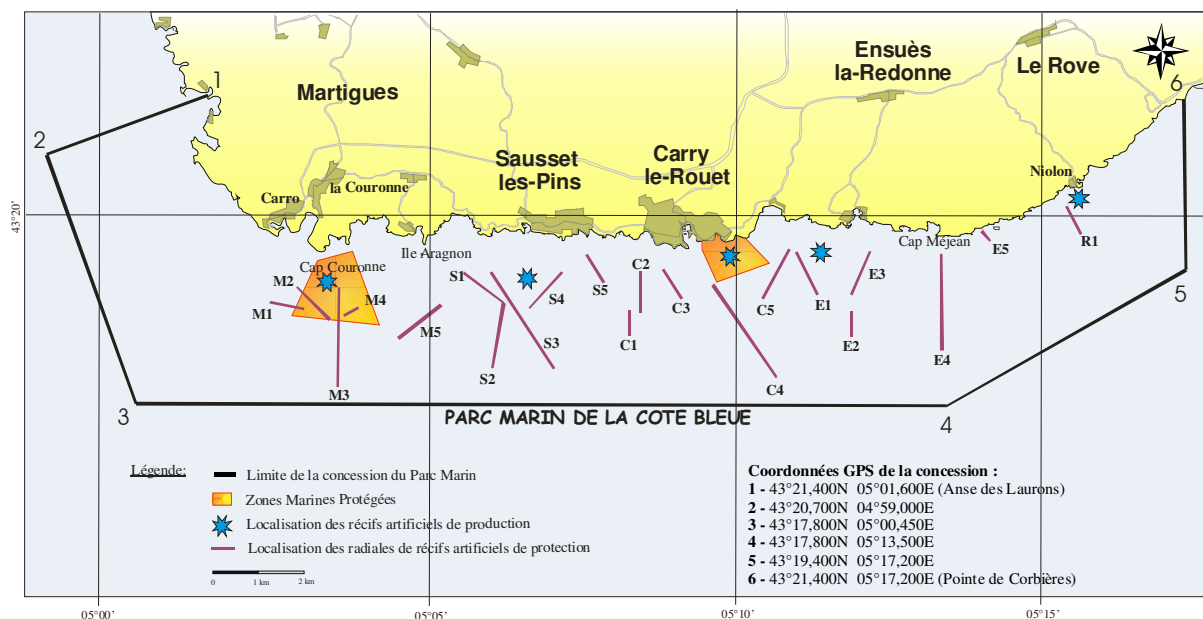
L'article 2 des statuts décrit l'objet du Syndicat Mixte Parc Marin de la Côte Bleue créé le 10 juillet 2000 :

« Le Syndicat Mixte a pour objet de mettre en œuvre tous les moyens et toutes les actions de nature à concrétiser les objectifs suivants :

- **La gestion, la protection et la revalorisation des milieux naturels marins et littoraux ;**
- **La contribution au développement économique et social des activités liées à la mer, et en particulier de la pêche professionnelle artisanale ;**
- **L'accueil, l'information et l'éducation du public, en particulier des scolaires ;**
- **La réalisation d'actions expérimentales ou exemplaires dans les domaines ci-dessus, et la contribution à des programmes de recherche scientifique. »**

Les objectifs du Parc Marin sont inspirés de ceux des Parc Naturels Régionaux terrestres. Le Parc Marin intervient devant l'ensemble de la Côte Bleue, et participe à la gestion des 28 kilomètres de côte situées entre la rade de Marseille (Estaque Corbières) et le golfe de Fos (anse des Laurons, Martigues), jusqu'à 3 milles au large.

Cette « concession d'endiguage et d'utilisation des dépendances du Domaine Public Maritime » a une superficie de 9873 ha, est attribuée au syndicat mixte Parc Marin de la Côte Bleue depuis le 15 décembre 2003 (cf. carte ci-dessous).



Carte de présentation de la concession d'endiguage et d'utilisation des dépendances du DPM de 9873 ha accordée le 15 décembre 2003 au Syndicat Mixte Parc Marin de la Côte Bleue. Les 2 réserves marines et les récifs artificiels sont également localisés.

Au sein de ce territoire, le Parc Marin gère notamment deux zones marines intégralement protégées où toute forme de pêche (professionnelle, de loisir et chasse sous-marine), la plongée en scaphandre et le mouillage sont interdits. La première, créée en 1983, se situe devant Carry-le-Rouet sur 85 hectares, et la seconde, créée en 1996, se situe devant la commune de Martigues (Cap Couronne) sur 210 hectares. A l'heure actuelle, ce sont les 2 plus grandes réserves intégralement protégées des côtes françaises continentales.

Depuis sa création, le Parc Marin a mené à bien plusieurs programmes d'aménagement des fonds marins devant l'ensemble de la Côte Bleue au moyen de récifs artificiels. Ceux-ci se partagent entre modules de protection (326 modules répartis sur un linéaire de 17.5 km, soit 2200 m³), destinés à protéger la bande côtière des incursions illégales de chalutage, et modules de production (2480 m³), destinés à créer sur des fonds meubles des zones de rassemblement et de sédentarisation pour les peuplements de poissons, grâce à la création de nouveaux habitats de type cavitaires.

Enfin le Parc Marin de la Côte Bleue a également créé dès son origine des programmes de sensibilisation des scolaires au milieu marin, avec la mise en place de stages de découverte et de classes de mer, ce qui concerne environ 20 000 scolaires depuis 20 ans. Un sentier sous-marin accueille également le public depuis 1994 durant la saison estivale. Des visites guidées sont organisées gratuitement par le Parc Marin, à raison de 3 séances 3 fois par semaine et permettent de faire découvrir la faune et la flore de la réserve à environ 500 personnes chaque été.

3. Présentation et composition du Conseil Scientifique

Conformément à la volonté des membres du Comité Syndical du Parc Marin de la Côte Bleue, un Conseil Scientifique a été créé le 19 juin 2001. Il est constitué de 30 membres : 12 appartiennent à la communauté scientifique, 9 sont membres du Comité Syndical, 6 membres représentent les partenaires institutionnels, 2 membres représentent les organisations professionnelles de la pêche et 1 les associations.

Madame Denise Bellan-Santini, Directeur de recherche au CNRS au Centre d'Océanologie de Marseille est la présidente du Conseil Scientifique. Les principales orientations issues des réunions annuelles du Conseil Scientifique font ressortir que le Parc Marin doit :

- Poursuivre ses missions de gestion et de protection du milieu marin ;
- Conserver sa spécificité et continuer de travailler avec et pour la pêche professionnelle artisanale ;
- Maintenir et mettre en place des suivis sur l'effet réserve et les espèces patrimoniales ou envahissantes ;
- Continuer son action de sensibilisation au milieu marin ;
- Intégrer les paramètres littoraux et terrestres dans sa gestion.

Liste des Membres du Conseil Scientifique du Parc Marin de la Côte Bleue

Présidente :

- BELLAN-SANTINI Denise, Directeur de Recherche, Centre d'Océanologie de Marseille

- Chercheurs Scientifiques :

- AMI Dominique, Chargé de recherche CNRS, Economiste au GRECAM, Université de Marseille
- BOUDOURESQUE Charles-François, Professeur d'Université, Directeur de l'UMR CNRS DIMAR, Centre d'Océanologie de Marseille
- CHARBONNEL Eric, Ingénieur de recherche au GIS Posidonie
- DUVAL-MELLON Capucine, Chercheur en halieutique IFREMER Sète
- HARMELIN Jean-Georges, Directeur de recherche CNRS-DIMAR, Centre d'Océanologie de Marseille
- LETOURNEUR Yves, Chargé de recherche CNRS-DIMAR, Centre d'Océanologie de Marseille
- ROBERT Philippe, Responsable scientifique, Parc National de Port-Cros
- SAUZADE Didier, Ingénieur de recherche, Responsable Laboratoire Environnement Côtier, IFREMER Toulon
- TOURRES Bernard, Juriste au GRECAM, Ingénieur de recherche CNRS, Université de Marseille
- VERLAQUE Marc, Chargé de recherche CNRS-DIMAR, Centre d'Océanologie de Marseille
- VICENTE Nardo, Professeur d'Université, Directeur du CERAM, Faculté des Sciences de St-Jérôme, Responsable scientifique de l'Institut Océanographique Paul Ricard

- Organisations professionnelles de la pêche :

- TILLET William, Président du Comité Local des Pêches Maritimes et 1^{er} Prud'homme de Martigues
- KAHOUL Mourad, Président du Comité Local des Pêches Maritimes de Marseille et du Comité Régional Provence Alpes Côte d'Azur

- Membres du Comité Syndical (invités à assister aux réunions du Conseil Scientifique) :

- ALLIONE Robert, BURRONI Vincent, Conseillers Régionaux, Région Provence Alpes Côte d'Azur
- FRISICANO Marc, D'ATTILIO Henri, Conseillers Généraux, Département des Bouches du Rhône
- CHEINET Jean-Claude, Adjoint au Maire de Martigues
- DIARD Eric, Député-Maire de Sausset-les-Pins
- PENE Pierre, Maire de Carry-le-Rouet
- MAUNIER Noëlle, Adjointe au Maire d'Ensuès-la-Redonne
- ROSSO Georges, Maire du Rove

- Représentants des administrations et partenaires institutionnels:

- ABALLEA Loïc, Administrateur des Affaires Maritimes des Bouches-du-Rhône
- BERTRANDY Mary-Christine, Chef Division Eau/Environnement Littoral CQEL 13, Service Maritime
- BOISSERY Pierre, Chargé de mission Littoral, Agence de l'Eau RMC délégation de Marseille
- DURAND Benjamin, Chargé de mission, Direction de l'Environnement, Conseil Général des Bouches du Rhône
- QUELIN Nathalie, Chargée de mission DIREN Direction Régionale de l'Environnement
- VASSELIN Benoît, Responsable du Service Mer du Conseil Régional PACA

- Autres membres représentants les associations:

- BAUDELOT Bernard, GRANGE Roger, Association de Défense de la Réserve Marine de Carry-le-Rouet

La réserve marine de Carry-le-Rouet, site atelier du programme européen BIOMEX : estimation de l'exportation de biomasse à partir des aires marines protégées de Méditerranée occidentale et impacts sur les pêcheries côtières environnantes

Laurence LE DIREAC'H

Coordination du programme Biomex pour la réserve de Carry-le-Rouet.

G.I.S. Posidonie - Centre d'Océanologie de Marseille. Parc Scientifique et technologique de Luminy, Case 901, 13288 Marseille Cedex. ledireac@com.univ-mrs.fr.

1. Présentation générale du programme BIOMEX

1.1. Objectifs

Le programme de recherche européen BIOMEX a pour but d'évaluer l'efficacité des aires marines protégées (réserves marines) en tant que source de biomasse en poissons pour les eaux environnantes. Ce programme de 3 ans est financé par la Direction des Pêches dans le cadre des programmes « Qualité de la Vie et Gestion des Ressources Vivantes ». Action Clé « aquaculture et développement durable des pêcheries ». Il est coordonné par Serge Planes de l'UMR CNRS 8046 de Perpignan et rassemble 9 partenaires, dont 6 Universités et 2 ONG appartenant à 3 pays différents : Espagne, France et Irlande.

Il s'agit pour les chercheurs de démontrer et d'estimer l'exportation en œufs, larves et adultes depuis les réserves marines vers l'extérieur, c'est-à-dire la quantité de poissons adultes mais aussi de jeunes individus qu'elles sont susceptibles de produire et qui pourront contribuer aux ressources exploitées par la pêche artisanale côtière (Ramos & McNeill, 1994 ; Russ & Alcalá, 1996).

Les réserves marines sont généralement considérées comme des outils de gestion pour le maintien et le développement durable de la pêche. Dans la plupart des cas, ces réserves marines sont mises en place dans le but très concret de protéger des stocks, des habitats et/ou des aires de ponte, d'améliorer le recrutement d'espèces au voisinage de la réserve et de participer au maintien du stock d'espèces marines commercialisables. Néanmoins, malgré l'importance des effets attendus par ce type de protection, peu de travaux (à notre connaissance aucun en Europe) ont permis de démontrer l'exportation en poissons à partir d'une réserve marine et le bénéfice retiré par les pêcheries alentours (Sanchez-Lizaso *et al.*, 2000).

Le projet européen BIOMEX a pour objectif de répondre à cette question en Méditerranée nord-occidentale, en se focalisant sur l'exportation de biomasse en poissons. Il est basé sur une approche pluridisciplinaire et internationale, qui associe l'échantillonnage de différents compartiments : œufs, larves, adultes de poissons à l'analyse des activités de pêche. Le programme BIOMEX est également basé sur l'expérience en matière de biologie et d'écologie des équipes scientifiques impliquées. De plus, il s'appuie sur les travaux scientifiques réalisés en Méditerranée comme en mers tropicales ayant démontré « l'effet réserve » c'est à dire qu'à l'intérieur des aires marines protégées il y a plus de poissons, qu'ils sont de plus grande taille, et que les peuplements sont plus diversifiés (Harmelin *et al.*, 1995 ; Russ & Alcalá, 1996).

L'exportation de biomasse à partir des réserves peut résulter de deux processus :

1. l'émigration des populations adultes sous la pression de fortes densités présentes à l'intérieur des réserves (Rakitin & Kramer, 1996) ;
2. la dispersion d'œufs et de larves de poissons, pour les espèces se reproduisant à l'intérieur de la réserve (Planes *et al.*, 2000).

La conjugaison de ces deux processus peut ainsi conduire à un accroissement de la production de pêche dans le proche environnement des réserves ou en aval des courants dominants (dispersion des œufs et des larves), hypothèse qu'il convient de vérifier. Si cette hypothèse est vraie, l'abondance, la densité, la biomasse et la diversité spécifique qui sont plus élevées à l'intérieur de la réserve diminuent plus ou moins rapidement depuis le centre de la réserve jusqu'à une distance plus ou moins importante à l'extérieur de la réserve selon la pression de pêche (Fig. 1).

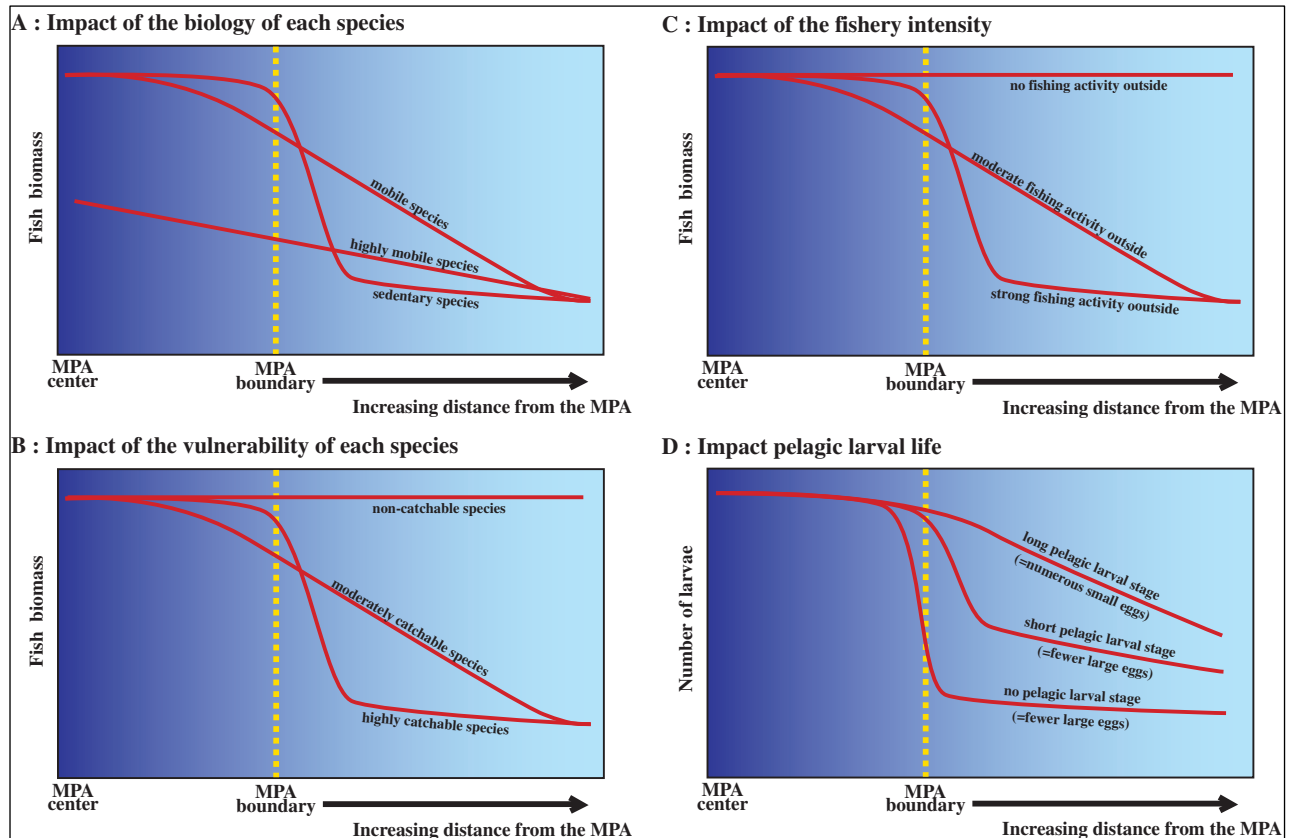


Figure 1: Modèles théoriques montrant la variation du gradient de biomasse lié à la mobilité (A) et à la vulnérabilité (impact de la pêche) (B) des espèces, ainsi qu'à l'intensité des activités de pêche aux abords des réserves marines (C). Le gradient théorique d'abondance des larves, en relation avec la durée du stade larvaire pélagique, est également présenté (D). D'après Rakitin & Kramer (1996).

1.2. Méthodes d'échantillonnage

La démarche fondamentale du programme BIOMEX est donc de mettre en évidence des gradients d'abondance, de biomasse et de diversité spécifique depuis l'intérieur des réserves vers l'extérieur (Fig. 1). Ces gradients sont recherchés par différentes méthodes (Fig. 2) :

1. des recensements sous-marins visuels ou vidéo des poissons adultes pour quantifier directement les peuplements à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve marine ;
2. des pêches expérimentales réalisées avec les pêcheurs professionnels en bordure et à l'extérieur des réserves, et des enquêtes auprès des pêcheurs professionnels locaux, pour estimer la pression de pêche et la contribution de l'exportation des poissons adultes aux activités de pêche ;
3. des traits de filets à plancton pour évaluer l'exportation pélagique issue de la dispersion des œufs et des larves.

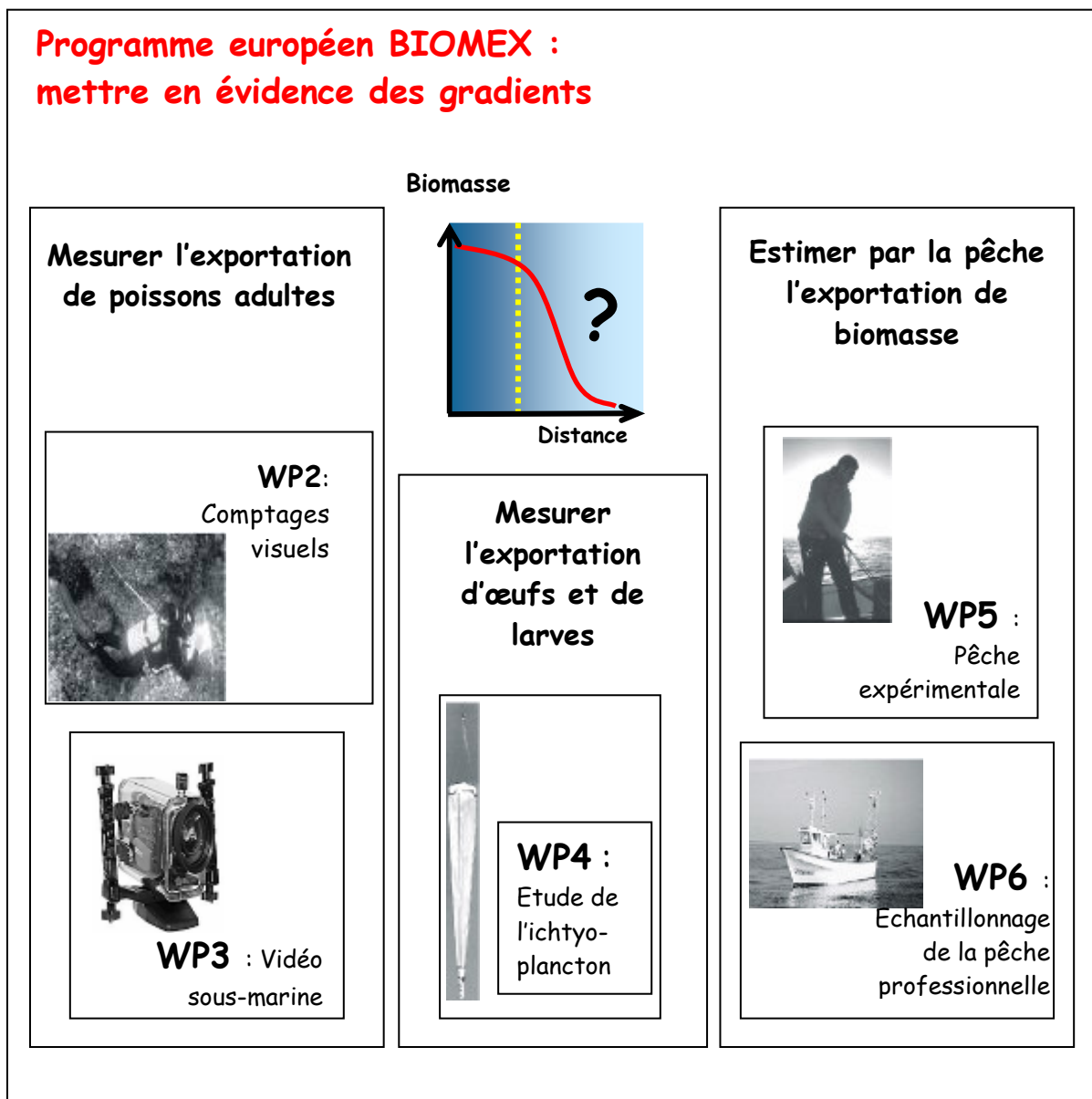


Figure 2 : Organisation générale du programme européen Biomex et des différents workpackages (WP).

Le dispositif d'échantillonnage est centré sur la réserve et orienté de part et d'autre à une distance croissante de la réserve (Fig. 3, cas de la réserve de Carry-le-Rouet) en tenant compte des contraintes liées à l'emploi de méthodes statistiques.

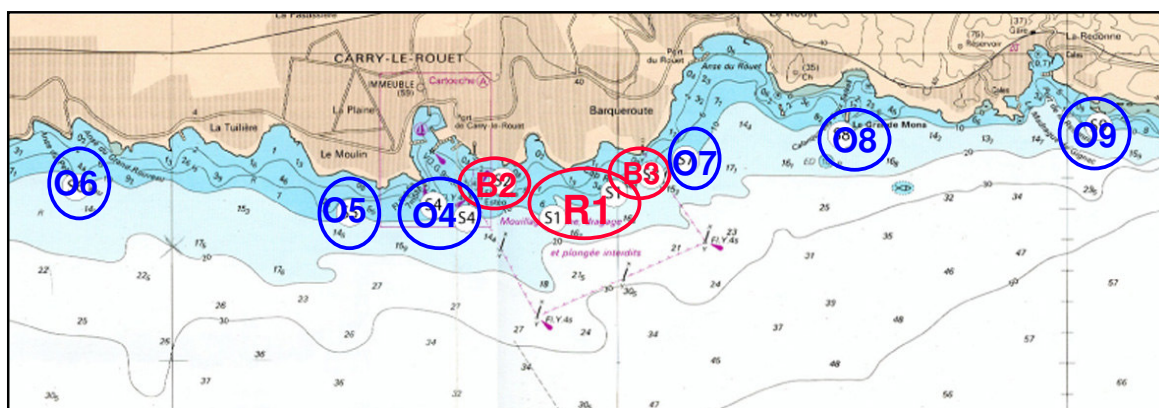


Figure 3 : Schéma du protocole d'échantillonnage de base prévu dans le cadre du projet BIOMEX pour la réserve de Carry-le-Rouet. Les stations d'échantillonnage sont situées à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve, suivant un gradient de distance d'éloignement.

Il est utilisé pour l'ensemble du programme BIOMEX, avec des aménagements selon les caractéristiques des différentes réserves (île ou portion de côte).

1.3. Les aires marines protégées du programme BIOMEX

Six aires marines protégées ont été sélectionnées comme zone atelier en France et en Espagne (Fig. 4). Ces réserves sont, du Nord au Sud, pour la France : Carry-le-Rouet, Banyuls-Cerbère et pour l'Espagne : îles Médès, Cabrera, Tabarca et Cabo de Palos.

Ces réserves ont toutes en commun :

- 1/ d'être établies depuis longtemps (plus de 10 années) ;
- 2/ d'avoir fait l'objet d'études scientifiques, concernant les communautés de poissons benthiques et nectobenthiques ;
- 3/ de proposer une coopération avec les gestionnaires et de ne pas poser de problèmes logistiques majeurs pour la mise en œuvre d'un tel programme.

Les différents compartiments font l'objet du même type d'échantillonnage dans chaque réserve.

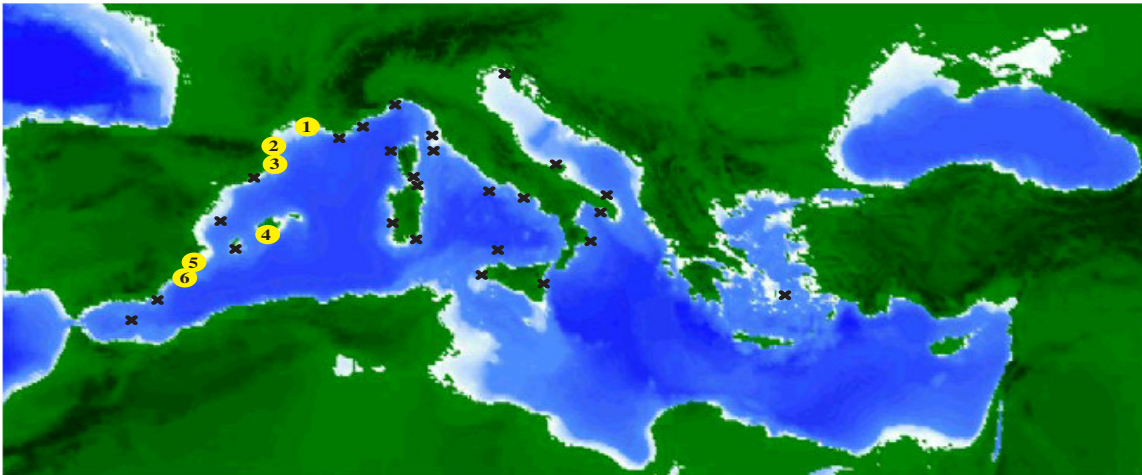


Figure 4 : Carte présentant la localisation des aires marines protégées recensées en Méditerranée (croix noires, selon Badalamenti *et al.*, 2000), ainsi que celle des réserves retenues pour BIOMEX (cercles numérotés : 1 = Carry le Rouet ; 2 = Banyuls ; 3 = Médès ; 4 = Cabrera ; 5 = Tabarca ; 6 = Cabo de Palos).

1.4. Structure du programme

Le programme BIOMEX est divisé en 6 volets (« workpackage » = WP) fonctionnant indépendamment les uns des autres et réalisés par 6 équipes différentes ayant chacune un responsable scientifique coordonnant l'ensemble des travaux. Certains chercheurs sont investis dans différents volets. Les équipes sont internationales et rassemblent des chercheurs, ingénieurs, techniciens et des étudiants des 3 pays impliqués dans le programme. Les compétences et techniques sont ainsi échangées au sein de chaque groupe de travail.

Ce programme, coordonné par l'université de Perpignan (EPHE, CNRS UMR 8046), rassemble au total 9 partenaires et une quarantaine de personnes, avec pour la France l'EPHE-CNRS, le GIS Posidonie (Centre d'Océanologie de Marseille) et le WWF ; pour l'Espagne les Universités d'Alicante, de Murcia, de Barcelone (CSIC), l'Institut Espagnol d'Océanographie (IEO des Baléares) et le bureau d'étude AZTI ; pour l'Irlande, l'Université de Dublin.

Le premier volet (workpackage 1 - **WP1**) est entièrement dédié à la gestion, à la coordination scientifique et technique du projet et au transfert de connaissances.

2. Le programme BIOMEX dans la réserve de Carry-le-Rouet

2.1. Mesure de l'exportation des poissons adultes par la technique des relevés visuels (WP2)

But : chercher une preuve directe de l'exportation de biomasse par la détection de gradients d'abondance et de biomasse d'espèces cibles de part et d'autre des limites des réserves.

Méthode et description : la méthode est celle du recensement visuel des poissons en plongée, couplée à une évaluation de la structure et de l'hétérogénéité de l'habitat. Pour chacune des réserves, au minimum 162 relevés visuels le long de transects de 25 m par 5 m ont été réalisés au sein de 9 secteurs (1 situé à l'intérieur de la réserve intégrale, 2 au sein de la zone tampon ou en bordure de la réserve intégrale de part et d'autre, et 6 en zone non protégée, répartis de part et d'autre hors des limites de la réserve). Chaque secteur comprend 3 zones (soit 27 au total) au sein desquelles 6 réplicats sont effectués. Le recensement comprend tous les poissons observables, à l'exception des petites espèces benthiques et des espèces strictement pélagiques. La taille de chaque individu est estimée à 2 cm près, ce qui permet de calculer des biomasses à partir des abondances obtenues (relations taille/poids).

A Carry-le-Rouet, l'échantillonnage a été réalisé selon 9 secteurs, 27 zones et 162 réplicats (Fig. 3), il n'y a pas de zone tampon autour de la réserve.

Période d'échantillonnage : La mission s'est déroulée durant 7 jours, du 6 au 13 septembre 2003, avec 7 scientifiques-plongeurs.

2.2. Estimation de l'abondance des poissons adultes par la technique de vidéosurveillance (WP3)

But : mise en évidence de l'exportation de biomasse par la détection de gradients d'abondance d'espèces cibles de part et d'autre des limites des réserves.

Méthode et description : Il s'agit d'une méthode novatrice, complémentaire à celle des relevés visuels en plongée (WP2). Elle utilise une caméra vidéo associée à un support sur lequel est fixé un appât à base de poissons. Les bandes vidéos sont ensuite exploitées afin de calculer des indices d'abondances et de biomasse des espèces attirées par ce type d'appât (méthode sélective) qui sont principalement les Serranidae et les girelles (*Coris julis*). Pour chacune des réserves, 9 secteurs ont été choisis (1 situé à l'intérieur de la réserve intégrale, 2 au sein de la zone tampon ou en bordure de la réserve intégrale de part et d'autre, et 6 en zone non protégée, répartis de part et d'autre hors des limites de la réserve. Dans chaque secteur, 3 zones sont prospectées. Les stations sont les mêmes que pour le WP2 (Fig. 3). Chacune des zones est étudiée au moyen de 3 systèmes caméras vidéo/appât (pour avoir 3 réplicats) mis en service sur le substrat rocheux, pendant la journée entre 8 h et 16 h. Chacun des réplicats vidéo est constitué par une séquence d'enregistrement de 30 minutes.

Période d'échantillonnage : la mission a eu lieu du 19 au 25 août 2004, avec une équipe de 5 personnes.

2.3. Mesure de l'exportation d'œufs et de larves (WP4)

But : Estimer le nombre d'œufs et de larves produits par les espèces sensibles à la protection à l'intérieur des réserves, en comparaison avec ce qui est produit dans le proche environnement de la réserve, non soumis à protection.

Méthode et description : Les œufs et les larves sont recueillis à l'aide de filets à plancton de type Bongo tractés par un bateau et de filets fixes. Le plan d'échantillonnage comprend 9

transects partant de la côte, dont 3 à l'intérieur même de la réserve, 3 en amont (relativement au sens général du courant) et 3 en aval. Chaque transect comporte 3 stations (traits de filet à plancton, filet Bongo) réparties depuis la côte vers le large (sur 15, 25 et 35 m de profondeur à Carry le Rouet). Chaque échantillonnage est réalisé de jour et consiste en une succession de traits de filets (entre 500 et 1000 m parcourus, vitesse 2 nœuds, volume filtré de 150 à 250 m³) par palier d'une durée de 5 minutes à chacune des profondeurs suivantes 20, 10, 5 et 1 m, si la profondeur est supérieure à 25 m et d'une durée de 6 minutes à chacune des profondeurs suivantes 10, 5 et 1 m, si la sonde est inférieure. Cet échantillonnage s'accompagne de la pose de filets à plancton fixes de même maille, pêchant la nuit sur les stations les plus côtières de chaque transect.

Les conditions hydrologiques et hydrodynamiques sont étudiées en effectuant un profil CTD (Conductivité (donne la salinité), Température, Profondeur) avant chaque trait de filet et en mouillant un courantmètre durant 5 mois, au centre de la réserve (Pierres du Château à Carry-le-Rouet). Les enregistrements de la force et de la direction du courant doivent permettre une modélisation du transport des œufs et larves entre la surface et le fond selon les conditions dominantes de vent.

Période d'échantillonnage : L'échantillonnage a été réalisé à Carry entre le 6 mai et le 24 juillet 2003 (2 périodes de 5 semaines). Deux équipes de 2 à 3 personnes ont embarqué à bord d'un navire équipé pour les traits de filet à plancton (navire scientifique «Antédon» du Centre d'Océanologie de Marseille) et à bord d'un bateau pneumatique pour la pose et le relevage des filets fixes.

2.4. Mesure de l'exportation des adultes par des pêches expérimentales (WP5)

But : Evaluer l'exportation d'espèces cibles depuis la réserve en réalisant une campagne de pêche expérimentale au moyen d'un engin de pêche commerciale. Cette approche est complémentaire de l'étude des pêcheries (WP6) et permet un échantillonnage adapté à la problématique en positionnant les mêmes filets contre la réserve, puis à une distance croissante et connue.

Méthode et description : 6 sites sont prévus pour l'échantillonnage entre 10 et 25 m de profondeur, dont 2 en limite de réserve (0-50 m de distance), 2 à l'extérieur mais proches (500-1000 m de distance), et 2 plus éloignés (> 1500 m). Chaque site est échantillonné 3 jours consécutifs à l'aide de 6 pièces de filets de 100 m (pour obtenir 3 répliqués par site). Ceci est répété à 3 saisons différentes. Les filets pêchent la nuit. L'engin de pêche utilisé est un filet trémail conçu sur le modèle de ceux utilisés par les pêcheurs professionnels, mais standardisé pour un échantillonnage homogène (longueur, vide de maille). Les sites d'échantillonnage sont situés sur des herbiers de posidonies pour réduire la variabilité potentiellement liée aux habitats rocheux (hétérogénéité variable).

La composition spécifique de la pêche, la taille et le poids des captures sont analysés. Deux réserves ont été initialement sélectionnées pour ce travail : Carry-le-Rouet et Tabarca, auxquelles s'est ajoutée la réserve de Banyuls.

Périodes d'échantillonnage : 3 périodes d'échantillonnage de 6 jours ont été réalisées (6 au 11 juillet 2003, 18 février au 16 mars 2004, 14 au 27 avril 2004) par une équipe de 2 personnes embarquées à bord d'un bateau de pêche, avec la collaboration des pêcheurs professionnels de la Côte Bleue.

2.5. Suivi de la répartition des captures et de l'effort des pêcheries artisanales autour des aires marines protégées (WP6)

But : 1/ Estimer l'effet potentiel de la protection sur les activités de pêche pratiquées autour des réserves. Observe-t-on une diminution des captures en terme de rendement ou de taille

à mesure qu'on s'éloigne de l'aire protégée ? 2/ Estimer la répartition spatiale et temporelle de l'effort de pêche, sur la base des informations recueillies lors de l'embarquement sur les bateaux de pêche ou au débarquement. Toutes les autres sources d'information (carnets de pêche, informations de la criée, enquête auprès des plaisanciers, comptages d'engins de pêche amateur ou professionnels etc.) sont utilisés pour affiner cette estimation.

Méthode et description : Des observateurs sont embarqués sur les unités de pêche professionnelle opérant dans les eaux adjacentes aux réserves et recueillent des données sur les captures (poids, taille) et sur l'effort de pêche (nombre et taille des engins de pêche filets, lignes, pièges, etc. et durée d'immersion), autour de la réserve.

Ces données sont collectées pour toutes les espèces commercialisables (Sparidae, Scorpaenidae, Labridae, Serranidae, Sciaenidae, Mullidae, Congridae, etc.). La taille des espèces non commercialisables est aussi notée, dans la mesure du possible avant que les pêcheurs ne débarquent le poisson. Les enquêtes sont également réalisées au port, à l'arrivée des bateaux, afin de maximiser le nombre de bateaux enquêtés.

Périodes d'échantillonnage : environ 50 jours par réserve (avril-novembre 2003, puis avril-novembre 2004) avec quatre personnes impliquées.

2.6. Les grandes étapes du programme BIOMEX à Carry le Rouet

Le programme BIOMEX a commencé le 1^{er} janvier 2003, pour une période de 3 ans. Les périodes d'échantillonnage des 5 différents Workpackages se sont succédées à Carry-le-Rouet en 2003 et 2004 (Fig. 5).

■ périodes d'échantillonnage et d'acquisition des données à Carry le Rouet

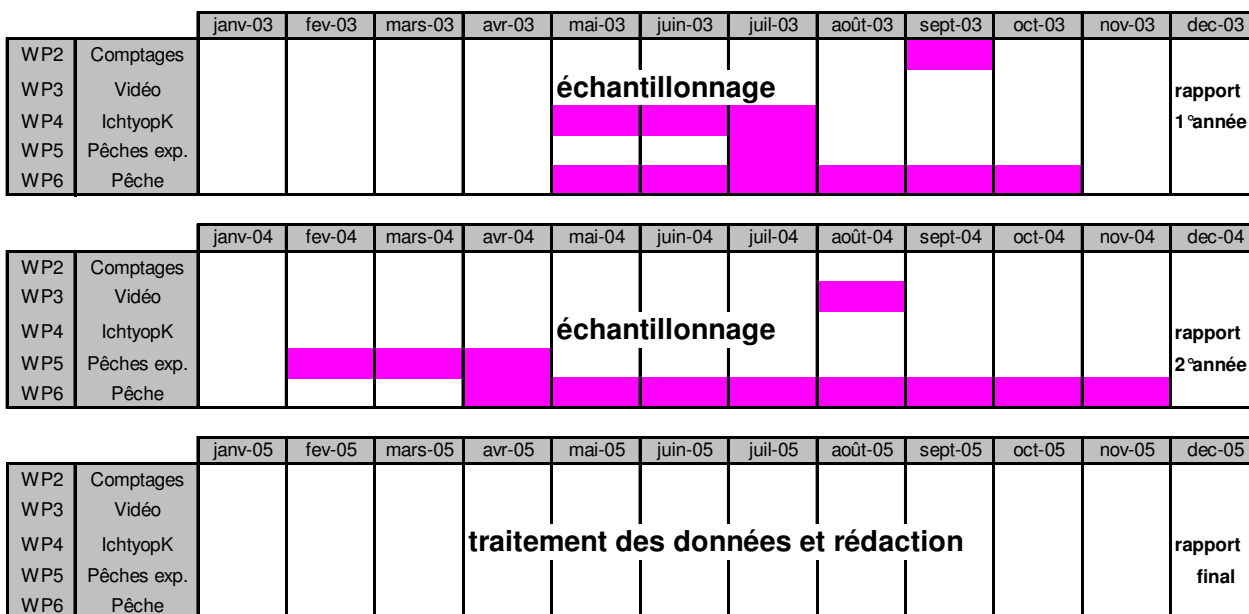


Figure 5 : Organisation et planning du programme européen Biomex, réparti sur 6 différents workpackages (WP).

Le programme BIOMEX comprend également un Comité Consultatif (« Advisory Committee ») réuni une fois par an à l'initiative du leader et qui comprend des représentants des différentes réserves ateliers ainsi qu'un scientifique par réserve chargé de l'organisation et de la coordination des activités du programme au sein de ces réserves. Ce Comité permet de faire part aux gestionnaires de l'avancement des travaux et d'informer les scientifiques des demandes des gestionnaires et des résultats et outils attendus du programme

(« deliverables »). Le programme Biomex comprend également un Comité de Pilotage (« Steering Committee ») rassemblant les leaders des différents workpackages afin de communiquer entre différents workpackages et faciliter les échanges de données et l'organisation des travaux de terrain. Enfin, il existe un Comité éditorial (« Editorial Committee ») qui sera chargé de l'édition des principaux documents prévus à l'issue du programme.

3. Types de données et premiers traitements envisagés dans le cadre du programme BIOMEX à Carry-le-Rouet

A la fin de l'année 2004 se sont achevées les dernières acquisitions de données à Carry le Rouet comme pour l'ensemble des autres réserves. Mis à part quelques décalages dans le planning des échantillonnages du WP2 (comptages visuels) et du WP5 (pêches expérimentales), l'ensemble des travaux prévus ont été réalisés grâce aux nombreuses collaborations entre scientifiques, équipe du Parc Marin de la Côte Bleue, pêcheurs professionnels et amateurs, grâce à l'aide des clubs et sociétés nautiques et de plongée, de la Municipalité et de tous ceux qui ont apporté leur soutien logistique au programme. Les différents workpackages n'en sont pas au même stade d'avancement quant au traitement des données, auquel sera consacrée l'année 2005 :

Pour le WP2, les données sont acquises et la phase préliminaire de traitement des données réalisée. Les résultats préliminaires obtenus sur les comptages de poissons montrent des différences entre la réserve et les secteurs hors-réserve. La richesse spécifique, l'abondance et la biomasse, sont supérieures dans la réserve par rapport à l'extérieur mais pas à toutes les stations. La biomasse semble être le meilleur paramètre pour mettre en évidence les gradients à travers les limites des réserves. La pression de pêche, élevée autour de la réserve, semble avoir un impact sur les peuplements de poissons situés en bordure de réserve jusqu'à l'intérieur. Si l'on considère l'ensemble des espèces recensées il n'apparaît pas de régression significative entre la richesse spécifique, l'abondance ou la biomasse et la distance du centre de la réserve. En revanche le gradient apparaît pour certaines espèces cibles telles que *Diplodus* spp et les grands labridés. Il convient donc maintenant d'analyser les données par espèce. A Carry-le-Rouet les habitats sont particulièrement homogènes entre l'intérieur et l'extérieur de la réserve, ce qui minimise l'effet habitat et fait de Carry un bon modèle pour démontrer la problématique. Ce sont les mêmes espèces qui répondent à l'influence de la protection à Cabo de Palos comme à Carry le Rouet : Muraenidae, Serranidae, Sparidae, Sciaenidae, Scorpaenidae et Labridae.

Les enregistrements vidéo du WP3 n'ont pas encore été traités. Le premier visionnage des bandes fait apparaître la présence de Serranidae, *Coris julis* (girelle) et *Muraena helena* (Murène) attirés par l'appât. La visibilité est bonne et les enregistrements sont de bonne qualité.

Le tri des échantillons de plancton du WP4 réalisés l'été 2003 n'est pas terminé bien que la séparation des œufs et larves de poissons du reste du plancton soit achevée. Les œufs ont été déterminés en 10 catégories qui correspondent à des groupes d'espèces à la biologie et au comportement différent, ce qui permettra une analyse quantitative de la répartition des œufs entre la côte et le large, dans la réserve et autour. Les œufs et les larves récoltés sont en bon état. Les efforts ont été concentrés sur les échantillons réalisés avec le filet Bongo. Les premières déterminations montrent une diversité spécifique importante avec une répartition conforme à l'écologie des adultes. A savoir : des larves d'espèces pélagiques nombreuses (anchois, sardine, sardinelle) dans les stations du large et des larves de petits benthiques plus abondantes près de la côte (gobies, callionymes, blennies). D'après les premiers résultats les larves de certaines espèces sensibles à la protection et se reproduisant près du bord sont très abondantes dans la réserve ou en aval du courant dominant en surface lors de l'échantillonnage. Ces données demandent à être confirmées

sur l'ensemble des campagnes, complétées si possible par des analyses au niveau spécifique et complétées par les résultats des filets fixes installés la nuit près du bord.

Les pêches expérimentales du WP5 ont donné des valeurs de biomasse pêchée supérieures en bordure de réserve. La richesse spécifique est significativement différente selon la distance à la réserve. Les principales espèces sont la Rascasse brune *Scorpaena porcus* et le Labre paon *Symphodus tinca*. Pour la première, l'abondance et la biomasse sont significativement différentes en bordure de réserve. Cette expérimentation donne des résultats similaires à Tabarca tendant à démontrer l'efficacité des réserves en tant qu'outil de gestion pour accroître les prises dans les fonds côtiers alentours.

L'échantillonnage du WP6 à bord des bateaux de pêche professionnelle a été l'occasion d'initier un suivi de la pêche autour de la réserve de Carry. Le comptage régulier des engins de pêche au cours de l'été a été réalisé par les agents du Parc Marin de la Côte Bleue, dans le secteur étudié, plusieurs jours par semaine. L'ensemble des données collectées en 2003 et 2004 constitue une mine d'informations sur la typologie de la pêche aux petits métiers sur la Côte Bleue et permettra d'évaluer l'effort de pêche autour de la réserve de Carry. Par une comparaison des données de capture des filets situés près et loin de la réserve nous espérons pouvoir également contribuer par ce volet à la mise en évidence d'un gradient de biomasse en poissons à Carry. Il est probable cependant que la pente du gradient soit très forte en raison de l'absence de zone tampon et de la pression de pêche professionnelle et amateur existant sur la zone.

4. Conclusions

Outre les objectifs scientifiques de démonstration de l'efficacité des aires marines protégées, l'un des principaux intérêts du programme BIOMEX est de promouvoir l'outil *aires marines protégées* pour une meilleure gestion des ressources marines de la zone côtière. En effet, montrer l'efficacité des réserves passe par la démonstration de leur efficacité pour le maintien voire le renouvellement des ressources exploitées grâce à leur capacité à produire davantage au profit du milieu extérieur.

Ces résultats constituent autant d'arguments à faire valoir, ensuite, par les gestionnaires des réserves, auprès des financeurs d'une part et, d'autre part, auprès de ceux qui vivent de ces ressources : les pêcheurs.

Le programme prévoit une restitution des résultats aux gestionnaires des aires marines protégées et les décideurs locaux. Ce transfert de connaissances doit se faire par le biais d'un certain nombre d'actions et de recommandations adaptées, formulées en collaboration avec les gestionnaires des réserves, dans le but d'améliorer la gestion des espaces côtiers protégés. Des réunions de travail rassemblant les gestionnaires des réserves et les scientifiques impliqués dans le projet sont prévues. Deux réunions de « l'Advisory Committee » ont déjà eu lieu une fois par an pour informer les gestionnaires et autorités compétentes de l'avancement du programme BIOMEX. Par ce moyen il est recherché une adéquation entre les travaux scientifiques mis en place et les attentes concrètes des gestionnaires sur le thème du programme. Ces résultats de recherche pourront aussi se traduire par l'élaboration de protocoles pertinents et d'outils efficaces, en rapport avec les préoccupations de gestion exprimées par le personnel des réserves.

5. Bibliographie

Badalamenti F., Ramos A.A., Voultsiadou E., Sanchez-Lizaso J.L., D'Anna G., Pipitone C., Mas J., Ruiz-Fernandez J.A., Whitmarsh D., Riggio S., 2000. Cultural and socio-economic impacts of Mediterranean marine protected areas. *Environmental Conservation*, 27(2) : 110-125.

Harmelin J.G., Bachet F., Garcia F., 1995. Mediterranean marine reserves : fish indices as tests of protection efficiency. *Marine Ecology*, 16 (3) : 230-250.

Planes S., Galzin R., Garcia-Rubies A., Goni R., Harmelin J.G., Le Direach L., Lenfant P., Quetglas A., 2000. Effects of marine protected areas on recruitment processes with special reference to Mediterranean littoral ecosystems. *Environmental Conservation*, 27 (2) : 126-143.

Rakitin A., Kramer D.L., 1996. Effect of a marine reserve on the distribution of coral reef fishes in Barbados. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 131(1-3) : 97-113.

Ramos-Espla A.A., McNeill S.E., 1994. The status of marine conservation in Spain. *Ocean and coastal management*, 24(2) : 125-138.

Russ G.R., Alcala A.C., 1996. Do marine reserves export adult fish biomass ? Evidence from Apo Island, central Philippines. *Marine Ecology Progress Series*, 132 : 1-9.

Sanchez Lizaso J.L., Goni R., Renones O., Garcia Charton J.A., Galzin R., Bayle J., Sanchez Jerez P., Perez Ruzafa A., Ramos A.A., 2000. Density dependance in marine protected populations : a review. *Environmental Conservation*, 27(2) : 144-158.

Compréhension des processus de régression de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la Côte Bleue

Nicolas MAYOT, Charles-François BOUDOURESQUE, Agathe LERICHE

Centre d'océanologie de Marseille, UMR 6540 CNRS DIMAR, Parc Scientifique et technologique de Luminy, Case 901, 13288 Marseille Cedex. nicolas.mayot@com.univ-mrs.fr

Résumé :

Posidonia oceanica (L.) Delile est une magnoliophyte marine endémique de la Méditerranée, où elle joue un rôle écologique majeur. Les limites inférieures de l'herbier de Posidonie sont en régression dans toute la Méditerranée occidentale, malgré l'amélioration de la qualité des eaux littorales. Cette étude se base sur l'analyse de divers paramètres susceptibles d'influencer la dynamique des herbiers : température, irradiance, sédimentation, épiphytes des feuilles, cassure et broutage des feuilles ainsi que sur une analyse lépidochronologique dans quatre sites de la Côte Bleue. Elle a pour but de mieux comprendre l'implication éventuelle de ces paramètres dans les processus de régression et de focaliser une future stratégie d'étude. Aucun de ces paramètres, du moins dans les limites temporelles de notre étude, pris isolément, n'est à même d'expliquer cette régression. Nos résultats suggèrent toutefois que l'irradiance ne constituerait pas le principal facteur limitant en limite inférieure. La lépidochronologie a montré une diminution de vitalité pour l'année lépidochronologique 1999-2000. Ce résultat suggère que l'anomalie thermique (températures élevées), survenue pendant l'été 1999, ait pu avoir un impact négatif sur la vitalité de *P. oceanica*. La révision critique de la littérature disponible confirme un rôle possible des températures élevées dans la position des limites inférieures. En fait, tous ces paramètres agissent, sans doute, en interaction, voire en synergie, pour fragiliser l'herbier profond. Nos résultats fournissent un exemple possible en relation avec la stratégie d'allocation de ressources limitantes.

1. Introduction

Posidonia oceanica (Linnaeus) Delile est une magnoliophyte (= phanérogame) marine, endémique de la Méditerranée, qui constitue de vastes prairies sous-marines, appelées herbiers, entre la surface et 30 à 40 mètres de profondeur (Molinier et Picard, 1952). De par les surfaces qu'il occupe et son rôle écologique, l'herbier de posidonie est considéré comme l'un des écosystèmes majeurs, voire l'écosystème-pivot, des espaces littoraux méditerranéens (Molinier et Picard, 1952 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). L'herbier de Posidonie constitue également un indicateur biologique de la qualité globale des eaux littorales (Pergent *et al.*, 1995).

La dynamique évolutive actuelle des herbiers de Posidonie, au niveau de leur limite inférieure, montre une tendance générale à la régression, commune à l'ensemble de la région Provence-Côte d'Azur (Boudouresque *et al.*, 2000) et même observée en Corse (Alexandre Meinesz, comm. verb.). Ce recul des herbiers a également été mis en évidence dans de nombreux autres secteurs de Méditerranée (Boudouresque *et al.*, 1994 ; Boudouresque, 1996). Le fait que cette dynamique de régression se soit considérablement ralentie en limite supérieure depuis les années 1980s, mais se poursuive en limite inférieure (Boudouresque *et al.*, 2000), laisse penser que les causes de cette régression sont complexes. La dynamique actuelle de régression des herbiers, en limite inférieure, est-elle due à un déficit d'éclairement, lié ou non aux activités humaines, ou à d'autres paramètres tels que la température ?

Les eaux côtières méditerranéennes sont actuellement dans une phase de réchauffement (Béthoux *et al.*, 1990, 1998 ; Salat et Pascual, 2002). Cet accroissement de la température peut s'accompagner d'accidents thermiques comme le réchauffement de l'été de 1999 (Romano *et al.*, 2000). Est-ce que la conjugaison de la tendance de réchauffement des eaux, et les anomalies thermiques ponctuelles, mais significatives, ont des conséquences sur la dynamique de *Posidonia oceanica* ?

Le facteur lumière joue un rôle déterminant sur le fonctionnement de *P. oceanica*, comme pour tous les producteurs primaires. C'est particulièrement le cas en limite inférieure, où il n'arrive qu'une fraction de la lumière incidente de surface. Une diminution de l'irradiance disponible pour la plante, liée à une augmentation de la turbidité des eaux côtières, à une remise en suspension de sédiments par l'hydrodynamisme ou à l'épiphytisme des feuilles, est-elle le facteur limitant responsable de la dynamique actuelle de régression des herbiers en limite inférieure ?

Dans le cadre de la présente étude, notre ambition n'est pas de répondre à ces questions, mais plutôt de tester leur pertinence et de les préciser. A plus long terme, il s'agit d'optimiser une future stratégie de mesures et d'expériences *in situ* destinées à comprendre les causes de la poursuite de la régression de *P. oceanica* en profondeur, en particulier dans des sites où elle apparaît surprenante.

2. Matériels et méthodes

Les sites choisis dans le cadre de cette étude sont situés sur la Côte Bleue (Ouest de Marseille) : Carro (-23 m), Sausset-les-Pins (-28 m), Carry-le-Rouet (-31 m) et Niolon (-22 m).

Des prélèvements ont été effectués, en scaphandre autonome, tous les mois, de février à mai 2003, au niveau de chacun des sites étudiés. Dans chaque site, 15 rhizomes avec un faisceau de feuilles de *Posidonia oceanica* ont été prélevés. Lors du premier prélèvement, une analyse lépidochronologique est effectuée sur les rhizomes prélevés. (Crouzet *et al.*, 1983 ; Pergent *et al.*, 1989 ; Pergent, 1990 ; Pergent-Martini et Pergent, 1994). En se basant sur l'étude de l'épaisseur des écailles, la lépidochronologie permet d'évaluer le nombre de feuilles produites par an et la croissance annuelle du rhizome au cours des années antérieures. Pour chaque faisceau prélevé, il est noté le nombre et le type de feuilles selon la définition de Giraud (1979). Le pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex est noté et est désigné sous le nom de coefficient A (Pergent *et al.*, 1995 ; Pergent-Martini *et al.*, 1999). Pour ces feuilles non entières, on en détermine la cause : cassure (probablement par hydrodynamisme), ou broutage (Boudouresque et Meinesz, 1982). Pour chaque faisceau, l'intégralité des feuilles de posidonie est grattée avec une lame de rasoir afin de récupérer les épiphytes présents végétaux et animaux. Ceux-ci sont ensuite séchés dans une étuve à 60°C jusqu'à obtenir un poids constant (Westlake, 1963). Le contenu en carbone organique des épiphytes est ensuite déterminé par la perte de poids après passage à 550°C pendant 4 h (Westlake, 1963) dans un four (Thermodyne® type 2000 Furnace).

Des mesures continues de paramètres physico-chimiques ont été effectuées au cours de la période d'étude. Les sites de Niolon et de Sausset-les-Pins ont été équipés de capteurs de température ONSET-Tidbits® (plage -5/+37°C ; résolution 0.01°C ; précision $\pm 0.02^\circ\text{C}$). Les sites de Carry-le-Rouet et de Carro, ont été équipés du système d'enregistrement « MAMI » (pour Module Autonome de Mesure d'Irradiance) mis au point par Jean-Claude Romano (Centre d'Océanologie de Marseille). Ces capteurs comportent des capteurs de températures, de lumières (photodiodes) un capteur pH MANA® (résolution 0.005 unité pH ; précision 0.01 unité pH).

Des analyses statistiques effectuées sont des ANOVAs et des tests de comparaison des fréquences (Zar, 1996 ; Frontier *et al.*, 2001).

3. Résultats

La lépidochronologie montre une diminution significative de un ou plusieurs paramètres pour l'année lépidochronologique -3 (par rapport aux années -4 et -2) pour les sites de Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet et Niolon (Fig. 1).

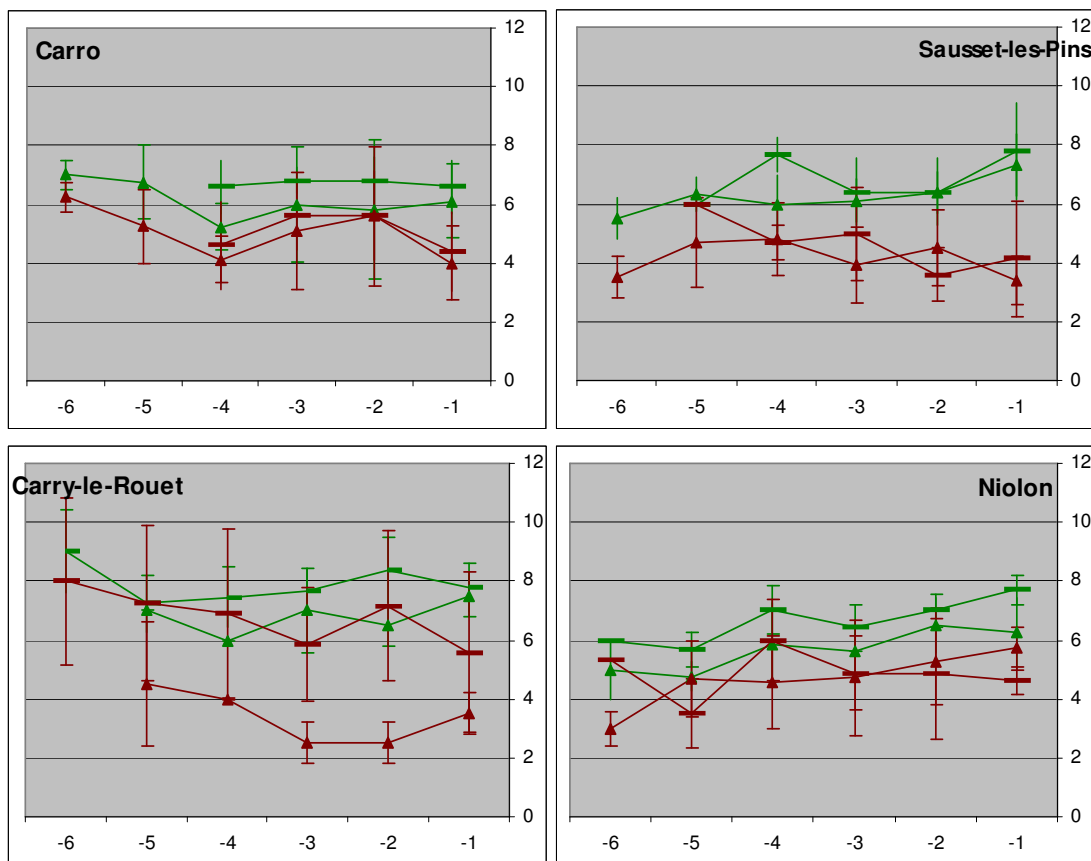


Figure 1 : Résultats de l'analyse lépidochronologique pour les quatre sites. En clair, nombre de feuilles par cycle (2 premières courbes des graphiques). En foncé, croissance du rhizome par cycle en mm (2 dernières courbes des graphiques). Les triangles correspondent aux rhizomes orthotropes, les barres horizontales correspondent aux rhizomes plagiotropes. En abscisses, le rang du cycle est noté de l'année lépidochronologique -1 à l'année lépidochronologique -6. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

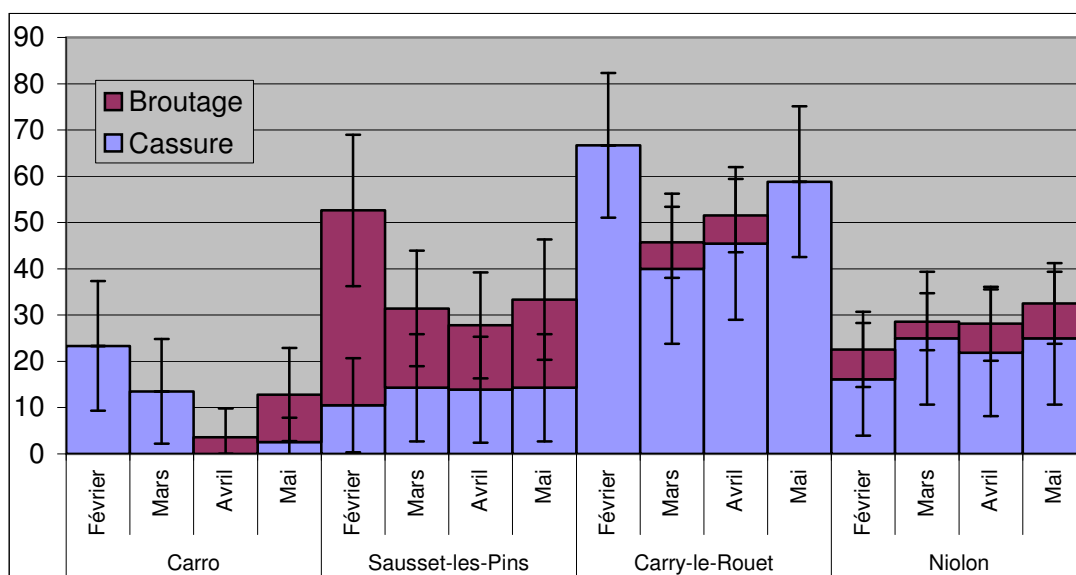


Figure 2 : Valeur du Coefficient A en % pour les quatre sites, entre février et mai 2003. Le coefficient A est décomposé entre la part due au broutage par *Sarpa salpa* (en violet) et les cassures physiques (en bleu). Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Le coefficient A est plus élevé à Carry-le-Rouet mais les différences ne sont significatives qu'avec Carro ($f = 2.59^{**}$ en mars), et avec Niolon ($f = 2.00^*$ en mars) (Fig. 2). Sausset-les-Pins a aussi un coefficient A élevé tout au long de l'expérience mais n'est significativement

différent que de Carro aux mois de mars (test $f = 2.05^*$) et avril (test $f = 2.43^*$). Il est important de noter que même si certains sites ont de forts coefficients A, la cause n'est pas toujours la même. Ainsi, à Sausset-les-Pins, la part liée au broutage (plus de 50%) est significativement plus élevée qu'à Carry-le-Rouet (toujours $< 12\%$, test $f = 2.15^*$ en avril). En ce qui concerne les épiphytes, il apparaît que la quantité d'épiphytes est significativement plus faible à Carro par rapport aux autres sites (Carro/Carry-le-Rouet, $Q = 3.94^{***}$).

Les températures enregistrées au début de l'étude sont relativement froides pour des eaux méditerranéennes (minimum enregistré = 11.2°C à Carro), dans la région et à cette profondeur. Par la suite, on assiste pour l'ensemble des sites à une augmentation de cette température, mis à part certains accidents. En ce qui concerne la comparaison entre les sites, on remarque que dans la première partie de l'étude (de février 2003 au 1^{er} avril 2003), la température est significativement plus froide à Carro (test Student, $p < 0.00001$). Par contre, il n'existe plus de différence entre les sites après cette période.

Les capteurs d'irradiance étaient situés uniquement sur les sites de Carry-le-Rouet et de Carro. L'irradiance est supérieure à Carro (test Student, $t = 5.96^{***}$), la station la moins profonde, ce qui est logique (Fig. 3). Les droites de régression linéaire nous indiquent aussi une augmentation significative de ce paramètre au cours du temps.

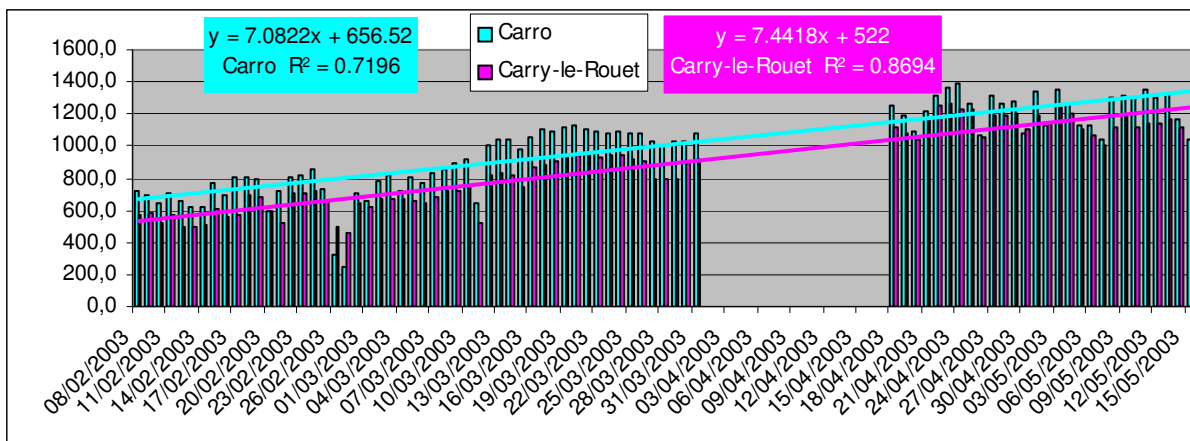


Figure 3 : Irradiance intégrée sur une journée ($\text{W m}^{-2} \text{j}^{-1}$) à Carro et Carry-le-Rouet. Les équations des droites de régression linéaire ainsi que le R^2 sont indiqués sur le graphique. Données manquantes entre le 1^{er} et le 17 avril 2003.

4. Discussion

Il est clair qu'un suivi de quatre mois ne peut pas prétendre fournir des réponses à des questions posées qui sont très complexes, dans la mesure où elles font intervenir d'une part de nombreux paramètres, pouvant agir en synergie ou de façon antagoniste et d'autre part la réponse de *Posidonia oceanica*, plante longévive dont la réponse se fait sur le long terme. Toutefois, malgré leur nature préliminaire, nos résultats peuvent fournir des indices de validation ou de doute quant à certaines des hypothèses de départ et donc contribuer à mieux cadrer les recherches ultérieures.

En limite inférieure de l'herbier, l'irradiance est logiquement considérée comme le principal facteur limitant (Ruiz et Romero, 2001). Le fait que, à Carro (23 m de profondeur), l'irradiance soit toujours supérieure à par rapport à Carry-le-Rouet (- 31 m) et qu'en outre cette irradiance n'y soit pas interceptée par des épiphytes, conduirait à penser (si cela se vérifiait sur une plus longue période de temps), que l'irradiance n'y constitue pas le facteur limitant expliquant la faible profondeur de la limite inférieure et sa stabilité actuelle (Charbonnel, 2004).

Dans les trois sites où les feuilles de *P. oceanica* sont les plus épiphytées (Sausset-les-Pins, Carry-le-Rouet et Niolon), le coefficient A est également le plus élevé. Le fait que le broutage soit plus important s'explique aisément par les préférences des herbivores pour des feuilles épiphytées (Ruiz-Fernández, 2000 ; Boudouresque et Verlaque, 2001). Le fait que le taux de cassure soit également plus important (Carry-le-Rouet et Niolon) est plus difficile à expliquer. La cassure des feuilles peut être due à l'hydrodynamisme, au chalutage ou à l'ancrage des bateaux. Rien ne permet de penser que l'hydrodynamisme (facteur non mesuré ici) soit particulièrement fort à Carry-le-Rouet (la station la plus profonde). Par ailleurs, le site de Carry-le-Rouet est situé à l'intérieur d'une Aire Marine Protégée où l'ancrage des bateaux et le chalutage sont interdits (Harmelin et Bachet, 1992). Une explication possible au fort taux de cassure des feuilles est que, dans des conditions de stress physiologique (faible irradiance, forte couverture d'épiphytes), stress confirmé par la régression de l'herbier (Charbonnel, 2004), la plante investisse plus d'énergie pour la croissance que pour la défense (tissus de soutien), conformément à la Plant Apparency Theory (Fenny, 1976). Pour confirmer éventuellement cette hypothèse, il conviendra d'ajouter la mesure de l'épaisseur des feuilles et de l'importance de leurs tissus de soutien aux paramètres phénologiques analysés.

La lépidochronologie apporte des informations sur la vitalité et la production de *Posidonia oceanica* au cours des années précédentes (Pergent *et al.*, 1989 ; Pergent, 1990 ; Pergent-Martini et Pergent, 1994). Le cycle lépidochronologique -3, qui correspond à l'année lépidochronologique 1999-2000, a été marqué, pour trois des quatre sites, par la diminution de un ou plusieurs paramètres. Or, l'année 1999, fut marquée par un réchauffement inhabituel des eaux (24°C pendant 2 mois entre 20 et 30 m de profondeur) au cours de l'été et du début de l'automne, associé à une mortalité massive d'invertébrés benthiques (Perez *et al.*, 2000 ; Romano *et al.*, 2000 ; Garrabou *et al.*, 2001). L'effet d'une augmentation de la température sur les herbiers n'a pas été abordé jusqu'ici par les auteurs. Selon Ben Alaya (1972), la limite de tolérance de *P. oceanica* est, en aquarium, de 30°C ; *in situ*, Augier *et al.* (1980) observent 29°C. Ces températures létales sont éloignées des températures observées en limite profonde de *P. oceanica*. Toutefois, l'optimum thermique de l'espèce se situe entre 17 et 20°C (Hartog, 1970). *Posidonia oceanica* apparaît donc comme sensible aux températures élevées. En 1999, le réchauffement des eaux a eu lieu pendant l'été et au début de l'automne. Il s'agit de la période où la plante accumule des réserves pour le cycle biologique suivant qui débute à l'automne (Alcoverro *et al.*, 2001). Il est ainsi possible que ce réchauffement ait eu un effet négatif sur la mise en réserve de polysaccharides par la plante, ce qui aurait entraîné au cycle suivant (année lépidochronologique 1999-2000) une diminution de la vitalité. Il conviendra, pour vérifier cette hypothèse, d'ajouter aux paramètres étudiés le dosage des réserves en polysaccharides dans les rhizomes à la fin de l'été.

Dans le cadre de la présente étude, et dans ses limites temporelles, aucun de ces facteurs, pris isolément, ne permet d'expliquer les régressions observées. En limite inférieure, ce serait donc plutôt la synergie entre plusieurs facteurs qui pourrait expliquer les phénomènes de régression, alors que cette régression ne s'observe pas en limite supérieure (Boudouresque *et al.*, 2000).

5. Conclusions et prospective

La régression de l'herbier à *Posidonia oceanica* se poursuit en limite inférieure, malgré l'amélioration de la qualité des eaux littorales (Tomasino *et al.*, 2003). Les phénomènes expliquant cette régression peuvent être liés à des variations de paramètres physico-chimiques ou biologiques.

Dans le secteur étudié, et dans les limites temporelles de notre étude, aucun des paramètres considérés, pris isolément, ne semble à même d'expliquer les régressions observées en limite inférieure. Néanmoins, un ensemble d'indices tendent à suggérer que l'irradiance ne constitue pas le principal facteur limitant en profondeur et dans le secteur considéré. Si cela

se confirmait, cela irait à l'encontre de ce qui est largement admis dans la littérature, à savoir que la limite inférieure de *Posidonia oceanica* correspond à son irradiance de compensation (e.g. Molinier et Picard, 1952 ; Pergent *et al.*, 1995 ; Dalla Via *et al.*, 1998 ; Ruiz et Romero, 2001). Nos résultats suggèrent aussi qu'une température élevée, tout au moins en profondeur et à la période de l'année (l'été) où la plante accumule des réserves pour le cycle végétatif suivant, pourrait constituer un facteur limitant significatif. Si cela se confirmait, il s'agirait d'une piste originale en vue de comprendre la régression des herbiers profonds. Ce résultat est inattendu et contre-intuitif. En effet, dans une région de Méditerranée où *P. oceanica* s'approche (en hiver) de sa température minimale létale, nous nous attendions plutôt au contraire.

En fait, l'irradiance et la température doivent être interprétées dans un contexte d'interactions, éventuellement de synergie, avec toute une série de paramètres physiques (e.g. hydrodynamisme, taux de sédimentation) et biologiques (e.g. épiphytes des feuilles, broutage des feuilles, croissance des rhizomes, production de feuilles). En profondeur, la plante se situe aux limites de ses conditions de vie, et des facteurs qui n'auraient que peu d'importance plus haut peuvent devenir limitants, ou plus probablement limitants du fait de leurs interactions. Par exemple, nous avons observé que la faible irradiance et une production réduite peuvent expliquer des taux de cassure des feuilles disproportionnés par rapport à l'hydrodynamisme, mais logiques en fonction de la stratégie d'allocation des ressources (Plant Apparency Theory ; Fenny, 1976).

6. Bibliographie

- Alcoverro T., Manzanera M., Romero J., 2001. Annual metabolic carbon balance of the seagrass *Posidonia oceanica* : the importance of carbohydrate reserves. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 211 : 105-116.
- Augier H., Robert P., Maffre R., 1980. Etude du régime thermique annuel des eaux au niveau des peuplements de phanérogames marines de la baie de Port-Cros (Iles d'Hyères, Méditerranée, France). *Trav. Sci. Parc Nation. Port-Cros, Fr.*, 6 : 69-131.
- Ben Alaya H., 1972. Répartition et conditions d'installations de *Posidonia oceanica* Delile et *Cymodocea nodosa* dans le golfe de Tunis. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche, Salambô*, 2 (3) : 331-416.
- Béthoux J.P., Gentili B., Raunet J., Tailliez D., 1990. Warming trend in the western Mediterranean deep water. *Nature*, 347: 660-662.
- Béthoux J.P., Gentili B., Tailliez D., 1998. Warming and freshwater budget change in the Mediterranean since the 1940s, their possible relation to the greenhouse effect. *Geophysical Research Letters*, 25 (7) : 1023-1026.
- Boudouresque C.F., 1996. Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2^{ème} édition. GIS Posidonie publ., Marseille : 1-243.
- Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V., 2000. A Monitoring Network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the northwestern Mediterranean Sea.. *Biol. Mar. Medit.*, 7 (2) : 328-331.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. Parc Nation. Port-Cros, Fr.*, 4 : 1-3 + 1-79.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., Ledoyer M., Vitiello P., 1994a. Les herbiers à phanérogames marines. In : *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée : Synthèse, menaces et perspectives*. Bellan-Santini D., Lacaze J.C. Poizat C. édés. Museum National d'Histoire Naturelle publ., Paris : 98-118.
- Boudouresque C.F., Verlaque M., 2001. Ecology of *Paracentrotus lividus*. Pp. 30-77, in : *Edible sea-urchins : biology and ecology*, Lawrence J. (éd.), Elsevier publ., Amsterdam : 177-216.

- Charbonnel E., 2004. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Côte Bleue (réseau service maritime des Bouches du Rhône/CQEL13) : résultats du suivi 2002. CQEL 13/GIS Posidonie/Parc Marin de la Côte Bleue. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-52.
- Crouzet A., Boudouresque C.F., Meinesz A., Pergent G., 1983. Evidence of the annual character of cyclic changes of *Posidonia oceanica* scale thickness (erect rhizomes). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. Internation. Explor. Sci. Médit.*, 28 (3) : 113-114.
- Dalla Via J., Sturmbauer C., Schönweger G., Sötz E., Mathekowitsh S., Stifer M., Rieger R., 1998. Light gradients and meadow structure in *Posidonia oceanica* : ecomorphological and functional correlates. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 163 : 267-278.
- Fenny P., 1976. Plant apparency and chemical defense. *Recent Adv. Phytochem.*, 10 : 1-10.
- Frontier S., Davout D., Gentilhomme V., Lagadeuc Y., 2001. Statistique pour les sciences de la vie et de l'environnement. Dunod publ., Paris : 1-377.
- Garrabou J., Perez T., Sartoretto S., Harmelin J.G., 2001. Mass mortality event in red coral *Corallium rubrum* populations in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 217 : 263-272.
- Giraud G., 1979. Sur une méthode de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 39 : 33-39.
- Harmelin J.G., Bachet F., 1992. Impact de la protection sur l'ichtyofaune de la réserve de Carry-le-Rouet (France). *Medpan News*, 3 : 21-25.
- Hartog C. den, 1970. The sea-grasses of the world. North Holland publishing Co., Amsterdam : 1-275 , 31 fig. h.t.
- Molinier R., Picard J., 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. Océanogr.*, N.S., 17 (3) : 157-234.
- Perez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.G., Francour P., Vacelet J., 2000. Mortalités massives d'Invertébrés marins : un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. *C. R. Acad. Sci., Sci. Vie*, 323 : 853-865.
- Pergent G., 1990. Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile : a standardized approach. *Aquatic Botany*, 37 : 39-54.
- Pergent G., Boudouresque C.F., Crouzet A., Meinesz A., 1989. Cyclic changes along *Posidonia oceanica* rhizomes (lepidochronology) : present state and perspectives. *Marine Ecology PSZN*, 10 (3) : 221-230.
- Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., 1995. Utilisation de l'herbier a *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : Etat des connaissances. *Mésogée*, 54 : 3-27.
- Pergent-Martini C., Pergent G., 1994. Lepidochronological analysis in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* : state of the art and future developments. *Oceanologica Acta*, 17 (6) : 673-681.
- Pergent-Martini C., Pergent G., Fernandez C., Ferrat L., 1999. Value and use of *Posidonia oceanica* as a biological indicator. *Medcoast 99 – EMECS Joint conférence* : 73-89.
- Romano J.C., Bensoussan N., Younes W.A.N., Arlhac D., 2000. Anomalie thermique dans les eaux du golfe de Marseille durant l'été 1999. Une explication partielle de la mortalité d'invertébrés fixés ? *C. R. Acad. Sci., Sci. Vie*, 323, 415-427.
- Ruiz J.M., Romero J., 2001. effect of *in situ* experimental shading on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 215 : 107-120.

Ruiz-Fernández J.M., 2000. Respuesta de la Fanerógama marina *Posidonia oceanica* (L.) Delile a perturbaciones antrópicas. Mem. Doct. Biol. Univ. Murcia, Espagne : 1-212.

Salat, J. & Pascual, J. (2002). The oceanographic and meteorological station at L'Estartit (NW Mediterranean). In: *Tracking long-term hydrological change in the Mediterranean Sea*. CIESM Workshop Series, 16, 29-32.

Tomasino C., Arnal O., Sauzade D., 2003. Résultats de surveillance de la qualité du milieu marin littoral. Régions : Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse. Edition 2003. Ifremer publ., La Seyne : 1-79.

Westlake D.F., 1963. Comparisons of plant productivity. *Biol.Rev.*,38 : 385-425.

Zar J.H., 1996. Biostatistical analysis 3rd edition. Prentice Hall publ., N.J. : 1-662.

La gestion du balisage de la zone côtière des 300 m

Frédéric BACHET¹, Boris DANIEL¹, Eric CHARBONNEL¹, C.F. BOUDOURESQUE²

1. Parc Marin de la Côte Bleue - Syndicat Mixte - Observatoire - Plage du Rouet - 31, Av. Jean Bart. B.P. 42 - 13620 Carry-le-Rouet. bachet.frederic@parcmarincotebleue.fr

2. UMR 6540 CNRS DIMAR, Centre d'océanologie de Marseille, Parc Scientifique et technologique de Luminy, Case 901, 13288 Marseille Cedex. boudour@com.univ-mrs.fr

1. Problématique

La densification des usages, liée à la vocation touristique du littoral, a entraîné depuis plusieurs années une multiplication des dispositifs de balisage estival des zones de baignade. Ces bouées jaunes disposées dans les criques ou le long des plages ont un impact visuel et paysager certain, mais présentent également un impact important sur le fond, en particulier sur l'herbier à *Posidonia oceanica*.

En France, les communes ont la charge de ce balisage. En effet, depuis l'arrêté du 27 mars 1991, la législation confère au maire la gestion de certaines activités nautiques (baignade, engins non immatriculés et non motorisés) dans la bande des 300 mètres. Les communes se sont retrouvées devant l'obligation d'agir et d'informer le public en la matière. La mise en place de ce balisage représente souvent un coût important pour la collectivité et les options d'aménagement sont très contrastées d'une commune à l'autre.

Pour baliser la bande des 300 mètres, le système généralement utilisé, consiste à relier les bouées jaunes hémisphériques à un corps-mort par l'intermédiaire d'une chaîne dont l'amortissement des mouvements se fait sur le fond, autour du corps-mort (Fig. 1 et 2).

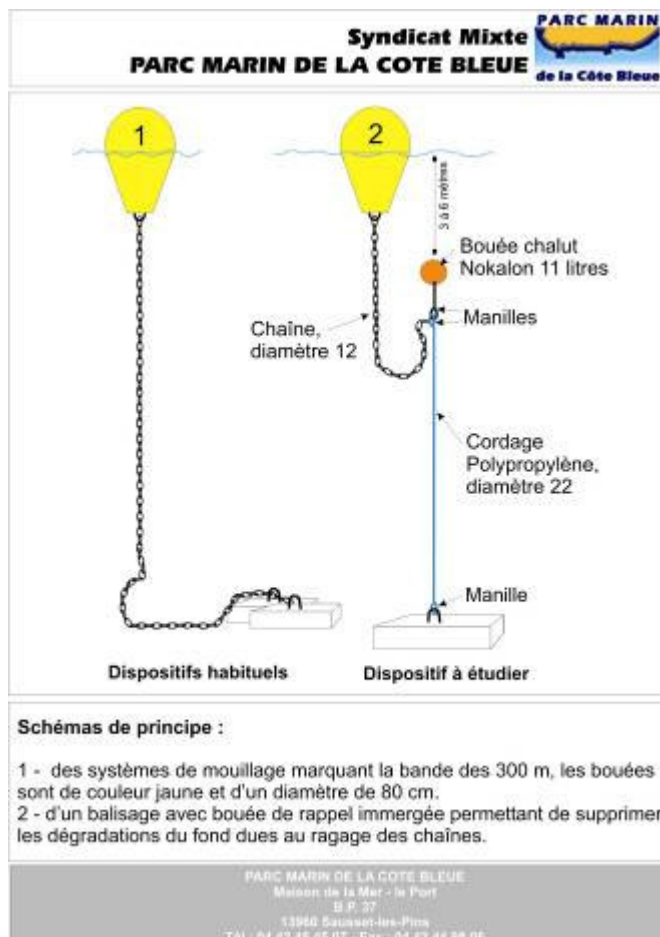


Figure 1 (à gauche) : Schéma de principe du dispositif habituel de balisage de la zone des 300 m et du dispositif alternatif utilisé par le Parc marin de la Côte Bleue (Bouches-du-Rhône, France).

Figure 2 (ci-dessous) : Exemple de dégradation de l'herbier à *Posidonia oceanica* occasionné par l'évitement de la chaîne du corps-mort servant à baliser la zone des 300 m. Photo F. Bachet/PMCB.



2. Etude de cas : le Parc marin de la Côte Bleue

En tant que structure de gestion du milieu marin, le Parc Marin de la Côte Bleue s'intéresse depuis plusieurs années à l'impact du balisage de la zone des 300 m sur le fond, en particulier sur l'herbier à *Posidonia oceanica*. Des inspections effectuées en début et fin de saison estivale ont montré l'évitement de la chaîne autour du corps-mort entraîne la dégradation et la **destruction de 5 à 10 m² d'herbier** chaque saison (pour chaque corps-mort).

Une fois les corps-morts retirés, en fin de saison, il ne reste plus qu'un faciès de matie très endommagée, recouverte de sédiment sur les points les plus atteints, et en limite des rhizomes de *P. oceanica* très déchaussés. Le problème est aggravé par le fait que, l'année suivante, les corps-morts **ne sont pas posés exactement au même emplacement**, et qu'une nouvelle brèche est ainsi creusée dans l'herbier. Une fois ces brèches ouvertes, différents phénomènes d'érosion peuvent provoquer ou accentuer le morcellement de l'herbier, notamment l'érosion par les courants.



Suite à ces premières observations, le Parc Marin a souhaité prendre en charge l'installation des bouées des 300 mètres dans la réserve de Carry-le-Rouet. Les dégradations constatées étaient incompatibles avec les objectifs de gestion d'une zone marine intégralement protégée. Le Parc a décidé d'utiliser une ligne de mouillage alternative, constituée d'un cordage, d'une chaîne et d'une **bouée de rappel immergée** permettant de supprimer les dégradations des fonds dues au ragage et à l'évitement de la chaîne (Fig. 1 et 3). Ce système avait déjà été appliqué aux bouées permanentes de la réserve de Carry-le-Rouet avec efficacité. Le Parc a ainsi testé pendant deux ans l'installation et l'enlèvement de ces bouées dans la réserve.

Figure 3 : Le système de mouillage des bouées limitant la zone des 300 m utilisé par le Parc marin de la Côte Bleue (Bouches du Rhône, France) : la bouée de rappel qui empêche l'érosion de l'herbier à *Posidonia oceanica* dû à l'évitement de la chaîne. Photo F. Bachet/PMCB.

Début 2003, le Parc a décidé d'élargir sa démarche à l'échelle de la Côte Bleue. La recherche juridique a montré qu'il n'existe aucune obligation de matérialiser la bande des 300 mètres lorsque l'on se trouve dans une zone relevant de la seule réglementation générale en matière de navigation. Mais pour certains secteurs particulièrement fréquentés par les activités nautiques et balnéaires, les communes peuvent difficilement se soustraire au balisage de cette zone, étant donnée la responsabilité du Maire en matière de baignade et de sécurité.

Dans ce contexte, un dossier technique concernant l'utilisation du système de mouillage alternatif testé sur la réserve de Carry-le-Rouet a été proposé à l'ensemble des communes de la Côte Bleue. Toutes les communes se sont avérées très réceptives à ce problème et prêtes à agir. Dès l'été 2003, le système préconisé par le Parc Marin a été installé devant chaque commune.

3. Recommandations

Lorsque les bouées de signalisation de la zone des 300 m se situent sur un herbier à *Posidonia oceanica*, il est recommandé d'utiliser au minimum le système alternatif, avec bouée de rappel, utilisé par le Parc marin de la Côte Bleue. Ce système est facile à mettre en œuvre, ne nécessite pas de personnel spécialisé, et son coût est très proche de celui du dispositif habituel (sans bouée de rappel).

D'autres systèmes encore plus efficaces peuvent être envisagés, mais les surcoûts sont plus importants. Il est par exemple possible d'utiliser un système de bouée coulissante sur un tendeur comme en aquaculture, et également des corps-morts fixes (non enlevés à chaque fin de saison estivale), ou des ancrages à vis (ancrage type Harmony®). Ces systèmes, qui nécessitent pour leur mise en œuvre des plongeurs professionnels, pourraient être mis en œuvre dans les Aires Marines Protégées et dans les autres sites à grande valeur patrimoniale.

Dans tous les cas, à moyen terme, il est impératif de mettre fin à l'enlèvement des corps-morts à la fin de la saison estivale ; la précision actuelle des systèmes GPS, et de toutes façons la précision incomparable des positionnements par amers, permettent de retrouver un corps-mort lorsque la bouée a été enlevée.

Biologie des populations du corail rouge (*Corallium rubrum*) de Méditerranée

Oriol TORRENTS CABESTANY

Centre d'Océanologie de Marseille, UMR 6540 CNRS DIMAR, Station Marine d'Endoume, Rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille. torrents@com.univ-mrs.fr

1. Introduction et objectifs

Le corail rouge (*Corallium rubrum*, Linnaeus 1758) est un cnidaire colonial marin fixé constitué de multiples polypes inclus dans une masse tissulaire commune autour d'un axe calcifié pigmenté de rouge. Cet axe, matériel très dense utilisé en bijouterie, constitue le squelette commun de la colonie. Le corail rouge a une croissance très lente (1.8 mm/an en moyenne pour les branches (Garrabou & Harmelin, 2002) et seulement 0.35 mm/an pour le diamètre basal (Marschal *et al.*, 2004), une très grande durée de vie (>100 ans), un cycle reproductif complexe (développement des gonades mâles sur 1 an et des femelles sur 2 ans avec production de larves planula nageuses) et un potentiel de dispersion faible malgré une distribution verticale importante (5 à 250 m de profondeur).

Les causes principales de sa mortalité sont sans doute la pêche (ressource exploitée depuis l'antiquité), les organismes perforants et les fortes tempêtes. De plus, ces dernières années, des cas de mortalité massive ont été signalés dans la région PACA, attribués à des températures particulièrement élevées, la dernière et la plus forte d'entre elles ayant eu lieu en 1999 (Perez *et al.*, 2000 ; Garrabou *et al.*, 2001). Actuellement, les populations de corail rouge peu profondes (0-50 m) de la région PACA sont pour la plupart exploitées par des corailleurs professionnels (une quinzaine en France, dont 2 sur la Côte Bleue) et subissent également les prélèvements des braconniers. Ces populations sont formées d'individus dont la taille (diamètre moyen : 6 mm) et l'âge sont très en dessous du potentiel de cette espèce. Par ailleurs, le corail contribue largement à la valeur paysagère et patrimoniale des sites exploités par le tourisme sous-marin, qui est en plein développement. Or, les plongeurs de loisirs peuvent causer des dommages involontaires et contribuer ainsi à une détérioration de certaines populations.

La valeur économique (exploitation pour la bijouterie), emblématique (espèce connue et utilisée depuis l'antiquité par de nombreuses civilisations méditerranéennes, *in* Allemand, 1993), esthétique (plongée loisir) et patrimoniale du corail rouge justifie que des efforts soient faits pour parvenir à une gestion raisonnée des populations, qui demande une connaissance approfondie du cycle de vie, et des informations précises sur la structure et la dynamique des populations. Le corail rouge est inclus dans les annexes de la Directive Européenne Habitats et dans les Conventions de Berne et Barcelone, même si ces textes ne lui accordent pas de protection légale, ils encouragent toutefois des mesures de gestion pour favoriser sa conservation. Néanmoins, à l'heure actuelle, nous ne disposons pas d'informations suffisantes pour proposer une gestion rationnelle des ces populations. La mise au point récente par le Centre d'Océanologie de Marseille de nouvelles techniques d'études du corail rouge (évaluation du taux de croissance et du stress), nous amène à proposer ce nouveau projet d'étude des populations de corail rouge, effectué dans le cadre d'une thèse de doctorat¹ financée par le Conseil Régional avec l'objectif de pouvoir proposer à moyen terme des solutions pour la conservation et la gestion raisonnée de cette espèce emblématique de la région, à travers l'étude de la structure et la dynamique de ses

¹ - Directeurs de thèse : Jean VACELET et Joaquim GARRABOU du Centre d'Océanologie de Marseille.

populations à différentes échelles spatio-temporelles. En région PACA, le corail est très abondant du fait des nombreux "tombants" et grottes sous-marines (par exemple dans les Calanques, l'archipel de Riou, sur la Côte Bleue ou à Porquerolles). Une gestion raisonnée des stocks de cette espèce emblématique de la Méditerranée permettra le maintien de la qualité esthétique et paysagère des fonds sous-marins en assurant l'avenir de l'espèce et en maintenant et améliorant une activité économique liée à une tradition séculaire dans la région.

Le Parc Marin de la Côte Bleue, qui a comme principaux objectifs la gestion et la protection des milieux naturels marins et des espèces qui les peuplent, est un des partenaires de ce travail de thèse, effectué en partie sur les 2 réserves. Dans la Zone Marine Protégée de Carry-le-Rouet, il existe une population très intéressante de corail rouge (site de « la pierre à corail ») qui peut donner des informations particulièrement précieuses sur l'état des populations dans le passé (ou sous une faible pression de récolte). Les résultats de cette thèse aideront à montrer l'effet d'une réserve dans la gestion et la conservation de cette espèce emblématique. Ainsi, il a déjà été montré que la taille moyenne des plus grandes colonies dans la réserve de Carry-le-Rouet (diamètre moyen = 1.17 ± 0.28 cm ; Fig. 1) était très supérieure à celle observée dans une zone non protégée (diamètre moyen = 0.64 ± 0.14 cm).

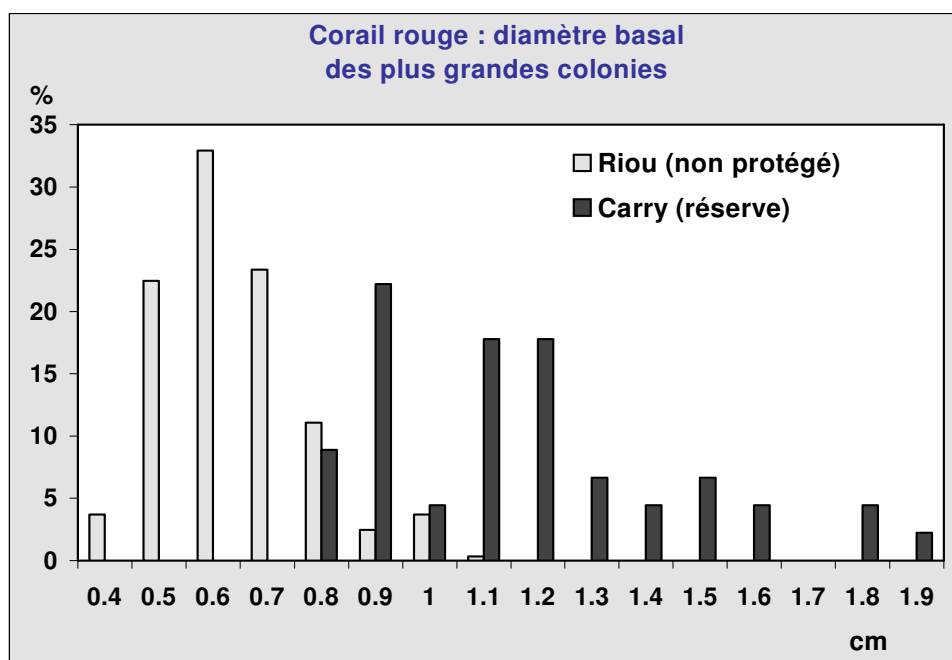


Figure 1 : Diamètre basal des plus grandes colonies de corail rouge (*Corallium rubrum*) dans une zone protégée (réserve de Carry-le-Rouet) et une zone non protégée (archipel de Riou). Données recueillies par Harmelin J.G., Sartoretto S. et Bachet F. en 1998 (Harmelin *et al.*, 1999 ; Garrabou & Harmelin, 2002).

Les principaux axes de ce travail sont l'étude de la reproduction du corail (âge et taille à la première reproduction, cycle de vie, la variabilité de l'effort reproducteur et les effets des anomalies thermiques positives sur l'effort reproducteur), la variabilité du taux de croissance, la thermo tolérance et l'étude de protéines de stress (protéines de choc thermique).

2. Résultats préliminaires

Les résultats, présentés dans ce manuscrit, sont issus des travaux réalisés à mi-parcours de la thèse. Aussi, les figures et tableaux présentés ont un caractère préliminaire et sont en constante évolution et amélioration.

2.1. Reproduction

2.1.1. Age et taille à la première reproduction

Dans la région marseillaise, les plus petites colonies fertiles ont une taille inférieure à 3 cm avec un âge moyen de 7 à 10 ans (Torrents *et al.*, 2005). Les tailles moyennes des colonies fertiles sont de 24 mm de hauteur pour un diamètre basal de 3.6 mm et un poids humide de 0.6 g. Les tailles minimales de ces colonies fertiles sont de 15 mm de hauteur pour un diamètre basal de 2.3 mm et un poids humide de 0.12 g (Torrents *et al.*, 2005).

2.1.2. Cycle de vie

Le cycle reproducteur de l'espèce est suivi sur deux années (novembre 2002 à novembre 2004) dans la Grotte à corail (11-14 m de profondeur, Île Maire, Côte des Calanques, Marseille, Fig. 2).

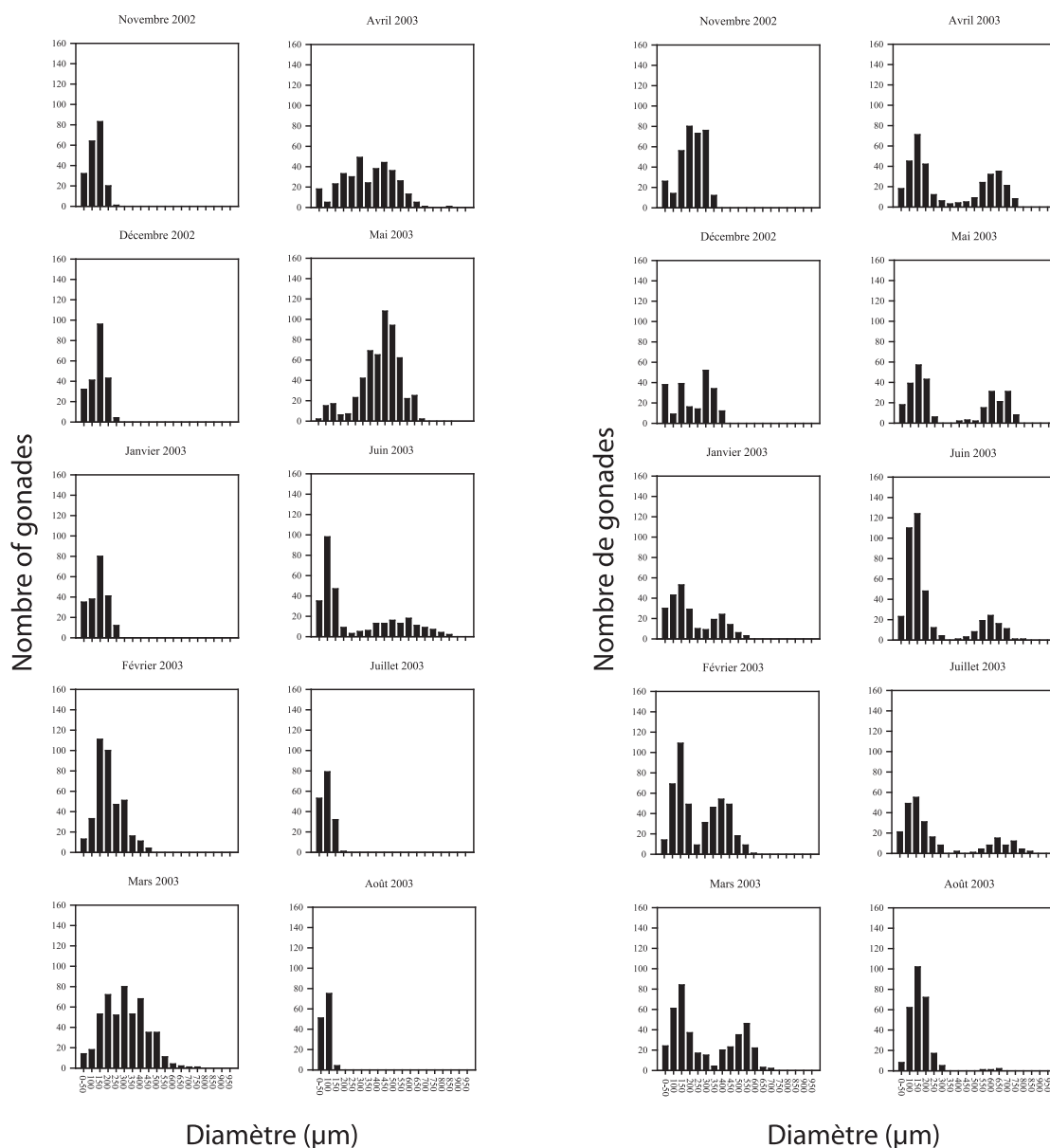


Figure 2 : Evolutions mensuelles du nombre des gonades males et femelles de chaque classe de taille du corail rouge (*Corallium rubrum*) du mois de novembre 2002 au mois d'août 2003 dans la Grotte à corail (Île Maire, Côte des Calanques, Marseille).

L'échantillonnage est mensuel tout au long de l'année et pendant la période de reproduction, il est réalisé toute les deux semaines, voire chaque semaine en période de fécondation. A chaque échantillonnage, 25 fragments apicaux sont récoltés et fixés au formol. Sous une loupe binoculaire, les gonades immatures et matures de dix polypes par fragment apical sont mesurées. Au total, 10 fragments apicaux mâles et 10 femelles sont analysés par échantillonnage. Pour connaître l'influence des conditions de température sur la reproduction, des enregistreurs en continu de la température ont été mis en place sur le site d'échantillonnage.

Les résultats préliminaires sur les évolutions mensuelles du nombre des gonades males et femelles par chaque classe de taille entre novembre 2002 et août 2003 sont présentés (Fig. 2).

2.1.3. Effort reproducteur

Une fois le cycle de vie mieux connu, la variabilité de l'effort reproducteur a été étudiée sur différentes populations locales de la côte des Calanques, de la Côte Bleue. Pour chaque station d'étude, l'effort reproducteur a été évalué en quantifiant le nombre de gonades matures présentes dans 10 polypes de segments apicaux recueillis sur au moins 20 colonies (10 mâles et 10 femelles). Au total, 13 stations ont été échantillonnées (Fig. 3) et 3 facteurs ont été testés (Fig. 4) : l'habitat (surplomb en extérieur et intérieur de grotte), la profondeur (20 et 40 m) et la zone géographique (Calanques et Côte Bleue).

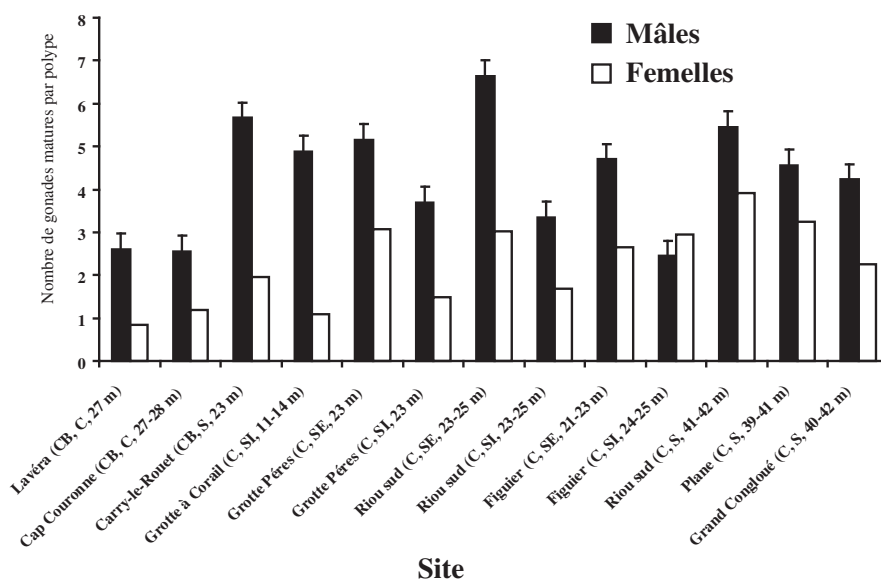


Figure 3 : Variabilité de l'effort reproducteur (nombre des gonades matures par polype, moyenne \pm erreur standard ES) de fragments apicaux de corail rouge (*Corallium rubrum*) de la côte des Calanques et de la Côte Bleue. Chaque site est caractérisé par trois facteurs : la région géographique (Côte Bleue : CB, Calanques : C), l'habitat (C : concrétionnement calcaire, S : surplomb, SE : surplomb en extérieur de grotte, SI : surplomb en intérieur de grotte) et la profondeur (en mètres).

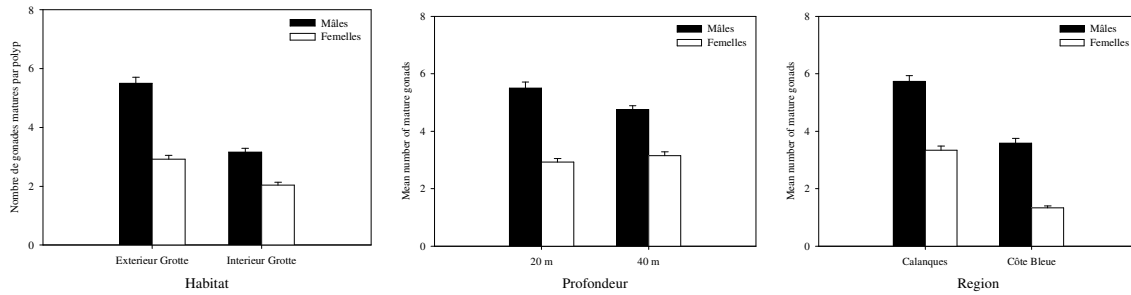


Figure 4 : Variabilité de l'effort reproducteur (nombre des gonades matures par polype, Moyenne \pm ES) de fragments apicaux de corail rouge (*Corallium rubrum*) de la côte des Calanques et de la Côte Bleue, en prenant en compte trois facteurs : l'habitat (surplomb en extérieur ou intérieur de grotte), la profondeur (20 et 40 mètres) et la région géographique (Calanques et la Côte Bleue). Pour chaque comparaison de l'effort reproducteur par facteur, les deux autres facteurs restent égaux pour les deux sexes.

2.1.4. Effets des anomalies thermiques positives sur l'effort reproducteur

Les effets de l'anomalie thermique positive de l'été 2003 sur l'effort reproducteur du corail rouge ont été évalués. Pendant l'été 2004 et avant la fécondation des oocytes, des fragments apicaux ont été récoltés dans les populations locales qui ont été soumises à cette anomalie thermique. Au total, 3 populations locales ont été échantillonnées, deux dans la Réserve Naturelle de Scandola en Corse (Palazzu et Porto) et une sur la côte de Calanques (Grotte à corail). Dans chaque population, 20 fragments apicaux (10 mâles et 10 femelles) ont été récoltés sur des colonies avec un pourcentage de nécrose supérieur à 50 %, et d'autre part, 20 fragments apicaux (10 mâles et 10 femelles) sur des colonies n'ayant pas de nécrose (Fig. 5).

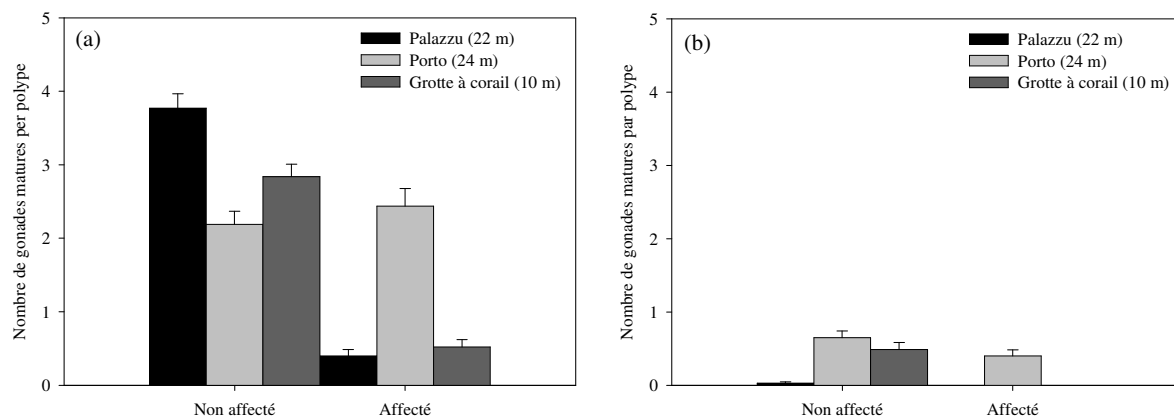


Figure 5 : Nombre moyen (\pm ES) de gonades matures par polype de fragments apicaux de colonies mâles (a) et femelles (b) du corail rouge (*Corallium rubrum*) de trois populations différentes. Pour chaque population, 20 fragments apicaux ont été échantillonnés sur des colonies non nécrosées et 20 sur des colonies avec un taux de nécrose supérieur au 50 %. Les profondeurs de chaque population échantillonnée sont indiquées entre parenthèses.

De même, sur le site de Palazzu, trois populations locales à trois profondeurs différentes (22 m, 26 m et 40 m) sur la même verticale ont été échantillonnées pendant le mois de mai 2004 et l'effet des anomalies thermiques positives a été évalué. A chaque population, 10 fragments apicaux mâles et 10 femelles ont été récoltés et 10 polypes par fragment apical disséqués (Fig. 6).

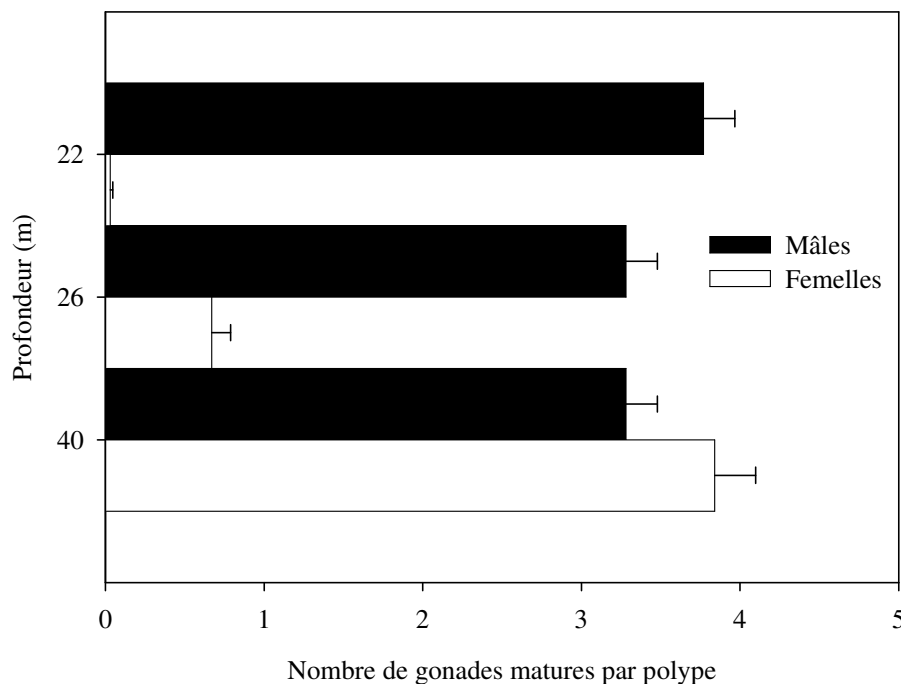


Figure 6 : Nombre moyen (\pm ES) de gonades matures par polype de fragments apicaux de colonies mâles et femelles du corail rouge (*Corallium rubrum*) de populations locales situées à trois profondeurs différentes (22, 26 et 40 m) sur l'Îlot Palazzu (Réserve Naturelle de Scandola, Corse).

2.2. Croissance

La variabilité du taux de croissance du corail rouge sera évaluée sur différentes populations locales de la côte des Calanques et de la Côte Bleue. Pour chaque station d'étude, le taux de croissance moyenne sera évalué en quantifiant le nombre de stries de croissances déterminées en une section transversale du tronc de la colonie de diamètre connu. Au total, 20 colonies par population locale et 13 populations ont été échantillonnées (les mêmes populations analysées lors de l'étude de l'effort reproducteur). Hormis la détermination de la variabilité du taux de croissance, 3 facteurs seront testés : l'habitat (surplomb en extérieur et intérieur de grotte), la profondeur (rang de 20 et 40 m) et la région géographique (Calanques et Côte Bleue).

L'analyse des colonies pour connaître la variabilité du taux de croissance du corail rouge est en cours.

2.3. Thermotolérance

Deux types d'expériences ont été réalisées au mois de Décembre 2003 dans des aquariums au Centre Scientifique de Monaco (CSM) afin de tester la thermotolérance de deux populations locales de corail rouge situées à 11-14 m et à 40 m dans la région de la côte des Calanques.

Dans le premier type d'expérience, 45 fragments apicaux de corail rouge par population locale (après une période d'acclimatation aux aquariums à une température de 18 °C d'au moins dix jours) ont été soumis à 4 températures différentes (21, 24, 27 et 30 °C) pendant 5 jours (Fig. 7).

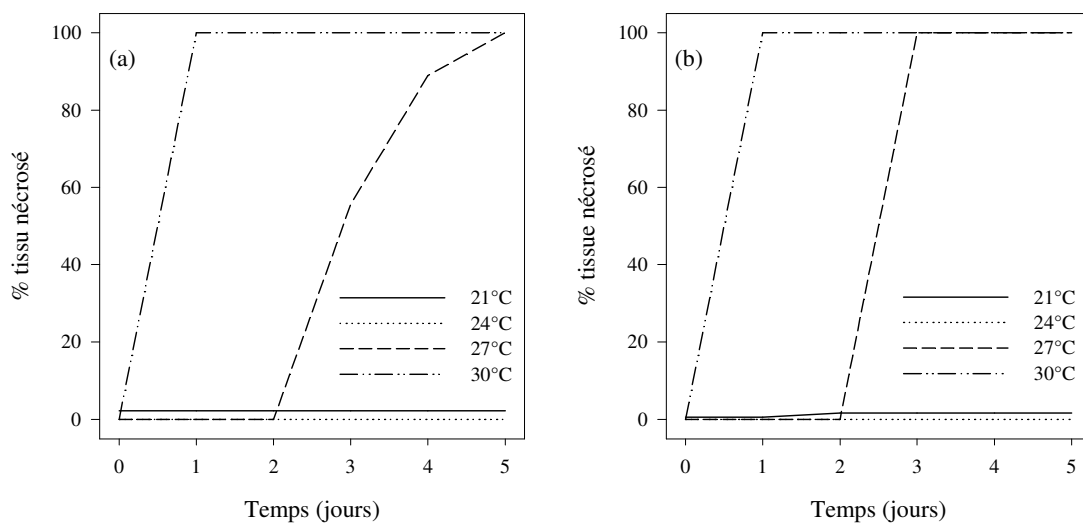


Figure 7 : Pourcentage moyen de nécroses de colonies récoltées dans la zone des calanques de Marseille : île Maire entre 11-14 m de profondeur (a) et archipel de Riou à 40 m de profondeur (b) soumises en aquarium à différentes températures (21°C, 24°C, 27°C, 30°C) pendant 5 jours. Après récolte, toutes les colonies ont été acclimatées en aquarium à 18°C pendant au moins pendant 10 jours.

Dans le deuxième type d'expérience, les deux populations locales ont été soumises à deux températures différentes (18 et 24 °C) pendant 22 jours avec une période d'acclimatation à 18 °C pendant 10 jours (Fig. 8).

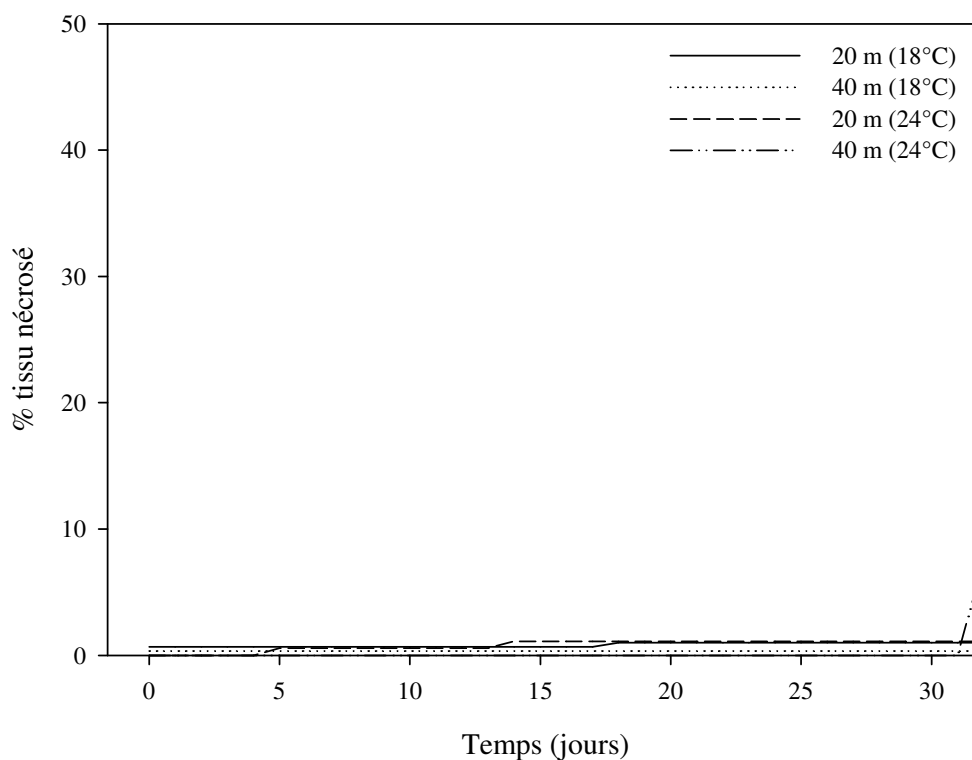


Figure 8 : Pourcentage moyen de nécrosé de colonies récoltées à 20 m (Maire) et à 40 m (Riou) soumises à différentes températures (18°C et 24°C) pendant 22 jours. Après récolte, toutes les colonies ont été acclimatées à 18°C pendant 10 jours.

Les résultats de ces expériences seront complétés avec d'autres types d'expériences de thermotolérance des mêmes populations locales de corail rouge réalisées au CSM en Décembre 2004.

2.4. Protéines de choc thermique (HSP)

Afin de chercher un marqueur de stress thermique en vue de la conservation des populations locales de corail rouge face à futures anomalies thermiques positives, un protocole a été mis au point dans le laboratoire pour quantifier l'expression de protéines de choc thermique (HSP) responsables de l'homéostasie cellulaire des êtres vivants soumis à un stress thermique.

Trois types d'échantillonnages ont été réalisés pour quantifier l'expression de ces HSP dans les populations de corail rouge :

- Un échantillonnage d'une durée de 2 ans (novembre 2002 à novembre 2004) sur une population locale située dans la Grotte à corail (11-14 m, Île Maire, Côte des Calanques) ;
- Un échantillonnage de 13 populations locales (les mêmes populations analysées lors de l'étude de l'effort reproducteur et de la croissance) en juin 2003 ;
- L'expression des protéines HSP de fragments apicaux des expériences de thermotolérance réalisées au CSM à Monaco.

L'analyse de ces protéines HSP est en cours.

3. Bibliographie

Allemand D., 1993. The biology and skeletogenesis of the Mediterranean red coral. *Precious Corals and Octoral Research*, 2 : 19-39.

Garrabou J., Harmelin J.G., 2002. A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean : insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology*, 71 : 966-978.

Garrabou J., Perez T., Sartoretto S., Harmelin J.G., 2001. Mass mortality event in red coral (*Corallium rubrum*, Cnidaria, Anthozoa, Octocorallia) populations in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 217 : 263-272.

Harmelin J.G., Sartoretto S., Francour P., 1999. *Mise en place d'une stratégie de suivi de l'ichtyofaune et des peuplements de gorgonaires de l'archipel de Riou*. Rapport Ville de Marseille, Direction de l'Environnement et des Déchets & COM-DIMAR : 1-110.

Marschal, C., Garrabou, J., Harmelin, J.G., & Pichon, M. 2004. A new method for measuring growth and age in the precious red coral *Corallium rubrum* (L.). *Coral Reefs*, 23, 423-432.

Perez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.G., Francour P., Vacelet J., 2000. Mass mortality of marine invertebrates : an unprecedented event in the North Occidental Mediterranean. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 323 (10) : 853-865.

Torrents O., Garrabou J., Marschal C., Harmelin J.G., 2005. Age and size at first reproduction in the commercially exploited red coral *Corallium rubrum* (L.) in the Marseilles area (France, NW Mediterranean). *Biological Conservation*, 121 : 391-397.

Suivi de l'évolution du peuplement d'oursins comestibles dans le quartier de Martigues. Note n°19 : année 2003 et synthèse avril 1994 - août 2003

Frédéric BACHET¹, Boris DANIEL¹, Armelle RENAUD¹, William TILLET²

1. Parc Marin de la Côte Bleue - Syndicat Mixte - Observatoire - Plage du Rouet - 31, Av. Jean Bart. B.P. 42 - 13620 Carry-le-Rouet. bachet.frederic@parcmarincotebleue.fr

2. Comité Local des Pêches Maritimes et Prud'homie de Martigues, 17 rue Eugène Pelletan. 13500 Martigues.

1. Introduction

Au cours de la saison 1993-1994, la pêche professionnelle de l'oursin en scaphandre autonome a été autorisée dans le quartier de Martigues. Afin d'avoir une idée de l'impact sur la ressource, et à la demande de l'administration des Affaires Maritimes et de l'IFREMER, le Comité Local des Pêches Maritimes de Martigues est chargé d'une évaluation des densités d'oursins en début et en fin de saison de pêche. Le Parc Marin de la Côte Bleue est associé et sollicité depuis l'origine pour la réalisation pratique de cette opération.

Cette 19^{ème} note présente les résultats du comptage effectué en fin de saison de pêche 2002-2003. Elle fait également la synthèse du suivi effectué au cours des dix-neuf campagnes de comptages réalisées à ce jour.

Les relevés de terrain ont été effectués le 23 avril et 20 août 2003, à partir du bateau du Parc Marin: le "Marius", suite aux contacts et aux conseils pris auprès de William Tillet, 1^{er} Prud'homme de pêche et Président du Comité Local des Pêches de Martigues. Les comptages en plongée ont été effectués par Frédéric Bachet, Boris Daniel et Armelle Renaud, personnels du Parc Marin de la Côte Bleue.

2. Matériel et méthodes

2.1. Sites de comptage

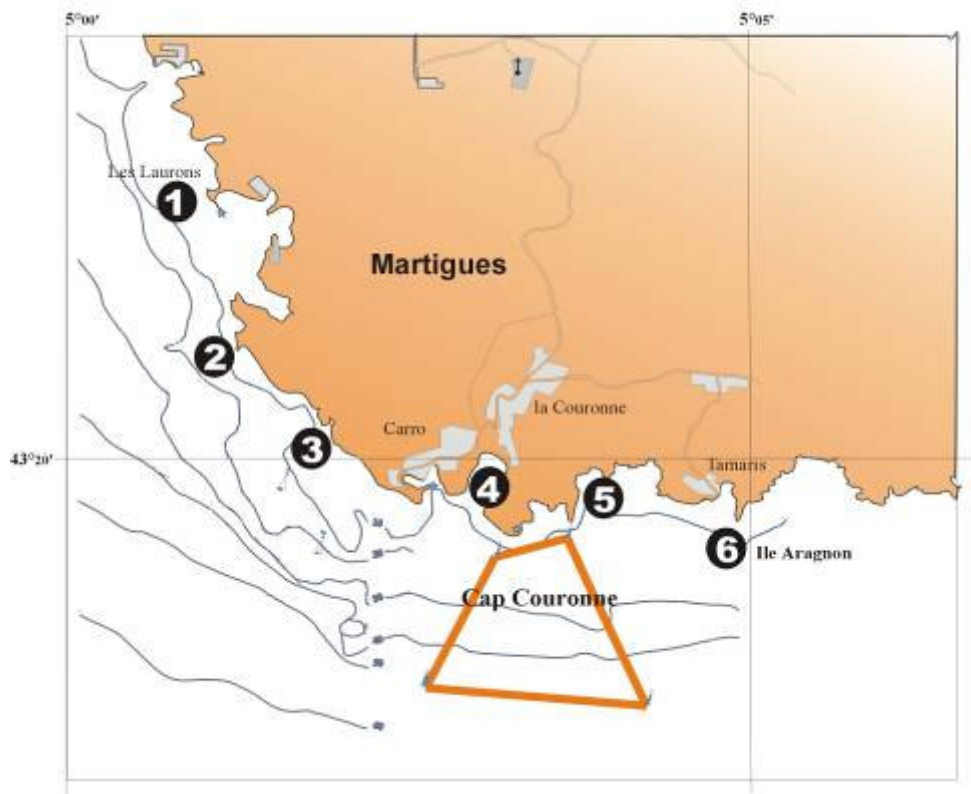
Le choix des sites a été fait avec les pêcheurs professionnels concernés par l'exploitation de l'oursin. Six sites ont été retenus comme zone de référence pour les comptages (Fig. 1). Ils apparaissent aux professionnels comme les plus représentatifs de l'activité sur le secteur. Sur chaque site, deux transects permanents ont été balisés pour une évaluation des densités d'oursins, simple et reproductible. Les transects sont balisés par un corps-mort en béton surmonté d'un flotteur matérialisant le point central. La direction de chaque transect est donnée par un piquet situé à environ 5 m du point central. Chaque transect mesure 25 m de long sur 1 m de côté, soit une surface de comptage de 50 m² par site. Le point central a été repéré par des amers et par un point G.P.S. La direction des piquets a été relevée au compas.

2.2. Description des sites

Le positionnement GPS des sites et les caractéristiques des transects (directions au compas et profondeurs des transects T1 et T2) sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Positionnement et orientation des transects sur les 6 sites de comptage (profondeur (prof.) en mètres, cap en degrés).

Site	Nom	Point GPS	Prof. dep.	Cap T1	Prof fin T1	Cap T2	Prof fin T2
1	Le Miou	43°21.508 N 05°00.770 E	4,9	180	4,9	300	5,1
2	Pointe Philippe	43°20.561 N 05°01.153 E	4,9	40	4,2	220	8,0
3	Arnette	43°20.024 N 05°01.676 E	3,8	10	3,8	120	5,0
4	Verdon	43°19.758 N 05°03.054 E	4,9	360	4,6	180	6,0
5	Pointe Noire	43°19.789 N 05°03.937 E	10,2	40	10,2	230	10,2
6	Aragnon	43°19.545 N 05°04.834 E	11,5	20	9,3	90	7,5

**Figure 1** : Présentation et localisation des sites de comptages d'oursins sur le Quartier Maritime de Martigues (en haut) et photographie d'un plongeur en situation de comptage d'oursins le long du transect permanent (en bas).

Le Miou (1)

Cette zone de travail est située à proximité du petit port de Ponteau, face à la calanque des Renaïres. Les transects sont situés sur un plateau rocheux.

La Pointe Philippe (2)

Cette zone est située face à la pointe de la Lunnel. Il s'agit également d'un plateau rocheux parcouru de failles, mais avec quelques blocs et des parcelles d'herbier de Posidonie.

Les Ragues d'Arnette (3)

Le site se localise à proximité de la bouée d'Arnette. C'est un herbier sur roche, entrecoupé de failles verticales.

L'anse du Verdon (4)

Les transects sont situés sur la partie Est de l'anse du Verdon. Le substrat est rocheux sans herbier et 3 plateaux de profondeurs différentes se côtoient. Le plateau supérieur est une zone de nurserie où tous les oursins sont d'une taille moyenne réduite.

La Pointe Noire (5)

Le site de comptage est situé au nord-est de la Pointe Noire. Le substrat est sableux, avec des parcelles plus ou moins contiguës d'herbier de Posidonie, où sont effectués les comptages.

L'Aragnon (6)

Les transects sont situés au nord-ouest de l'île Aragnon. Il s'agit d'un fond rocheux en escalier irrégulier, avec quelques parcelles d'herbier de Posidonie, à proximité immédiate d'un herbier plus régulier.

2.3. Méthode de comptage

Afin de matérialiser le transect, un pentadécamètre est déroulé sur 25 m. La base est située au niveau du corps-mort, et la direction donnée par le piquet. Le plongeur parcourt ensuite le transect muni d'une plaquette fixée sur une baguette de 1 mètre (Fig. 1), en comptant et notant les oursins apparents sur cette largeur de 1 mètre, sans chercher au fond des cavités ou en retournant les blocs. Deux classes de taille : "supérieur" et "inférieur" à 40 mm de diamètre de test (sans les piquants) sont prises en compte. Pour chaque transect le plongeur comptabilise tous les 5 m² le nombre d'oursins. Ainsi nous obtenons 5 répliquas par transect. Cette étape supplémentaire dans le protocole d'échantillonnage a été ajoutée en avril 2001 pour avoir un traitement statistique simple des résultats.

2.4. Traitements statistiques

En raison de l'hétérogénéité spatiale de la distribution des oursins, nous considérons que nos échantillons sont indépendants, et que le choix de transects fixes n'est pas incompatible avec le test statistique utilisé. La comparaison entre deux échantillons indépendants a été réalisée à l'aide du test U de Wilcoxon-Mann-Whitney. Ce test cherche à vérifier si les éléments de deux échantillons, classés par ordre croissant, occupent des rangs équivalents révélant ainsi la similitude des deux distributions.

3. Résultats et discussion

L'évolution globale du nombre d'oursins depuis 10 ans (période de 1994 à 2003) est indiquée dans le tableau 2, ainsi que sur la figure 2 (tous sites confondus), la figure 3 (hors site du Verdon) et la figure 4 (évolution pour chacun des 6 sites).

Tableau 2 : Nombre total d'oursins dénombrés et densités (ind/m²) sur le Quartier Maritime de Martigues, entre avril 1994 et août 2003. *A gauche :* tous sites confondus. *A droite :* site du Verdon non pris en compte.

Période	Nombre total d'oursins dénombrés			Densités		
	Petits	Gros	total	Petits	Gros	Total
avr-94	584	707	1291	1,9	2,4	4,3
Sept-94	475	832	1307	1,6	2,8	4,4
avr-95	453	518	971	1,5	1,7	3,2
Sept-95	473	677	1150	1,6	2,3	3,8
avr-96	417	433	850	1,4	1,4	2,8
Sept-96	337	720	1057	1,1	2,4	3,5
Sept-97	387	642	1029	1,3	2,1	3,4
avr-98	186	624	810	0,6	2,1	2,7
Sept-98	575	705	1280	1,9	2,4	4,3
avr-99	555	588	1143	1,8	2,0	3,8
Sept-99	981	915	1896	3,3	3,1	6,3
avr-00	1039	811	1850	3,5	2,7	6,2
Sept-00	797	1441	2238	2,7	4,8	7,5
avr-01	458	1246	1704	1,5	4,2	5,7
Sept-01	826	1402	2228	2,8	4,7	7,4
avr-02	620	1027	1647	2,1	3,4	5,5
Sept-02	1100	1359	2459	3,7	4,5	8,2
avr-03	559	739	1298	1,9	2,5	4,4
Aout-03	278	739	1017	2,5	0,9	3,4

Période	Nombre total d'oursins dénombrés			Densités		
	Petits	Gros	total	Petits	Gros	total
avr-94	164	504	668	0,7	2,0	2,7
sept-94	270	500	770	1,1	2,0	3,1
avr-95	173	305	478	0,7	1,2	1,9
sept-95	167	374	541	0,7	1,5	2,2
avr-96	267	312	579	1,1	1,2	2,3
sept-96	197	510	707	0,8	2,0	2,8
sept-97	269	362	631	1,1	1,5	2,5
avr-98	132	367	499	0,5	1,5	2,0
sept-98	332	433	765	1,1	1,4	2,6
avr-99	307	453	760	1,2	1,8	3,0
sept-99	542	609	1151	2,2	2,4	4,6
avr-00	565	533	1098	2,3	2,1	4,4
sept-00	317	828	1145	1,3	3,3	4,6
avr-01	292	633	925	1,2	2,5	3,7
sept-01	457	965	1422	1,8	3,9	5,7
avr-02	308	690	998	1,2	2,8	4,0
sept-02	491	916	1407	2,0	3,7	5,7
avr-03	313	460	773	1,3	1,8	3,1
aout-03	175	479	654	0,7	1,9	2,6

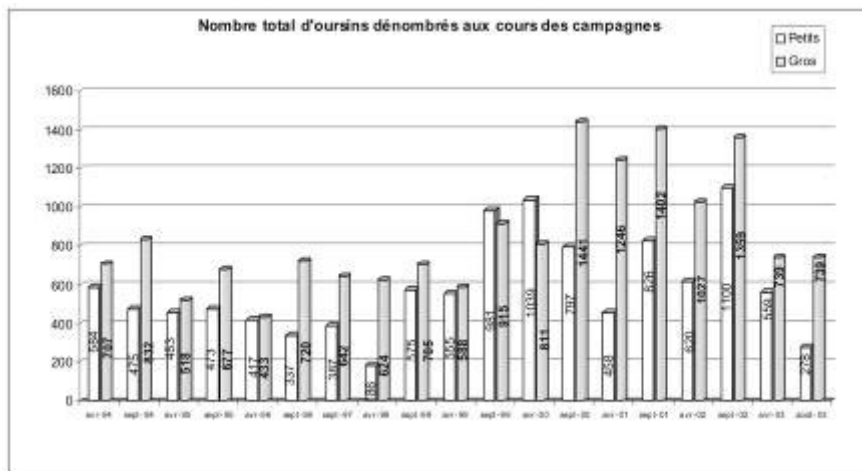


Figure 2 : Evolution du nombre d'oursins dénombrés selon deux classes de tailles (gros > 40mm, petits < 40mm) sur le Quartier Maritime de Martigues (tous sites confondus), entre avril 1994 et août 2003.

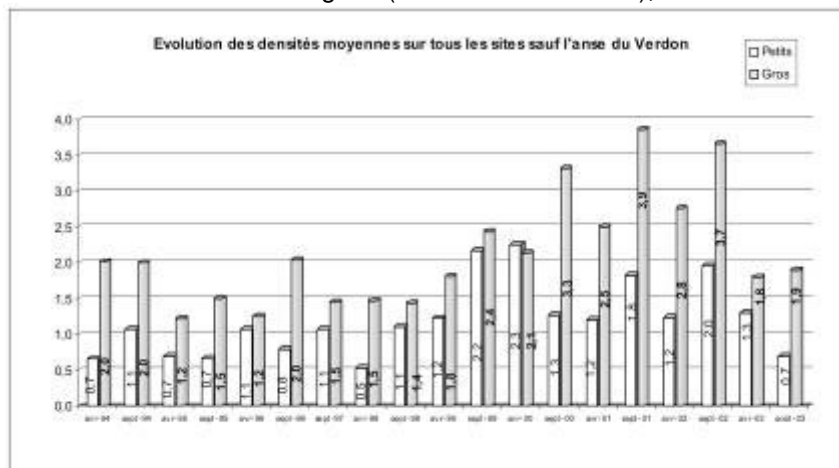


Figure 3 : Evolution des densités moyennes d'oursins (ind/m²) dénombrés selon deux classes de tailles (gros > 40mm, petits < 40mm) sur le Quartier Maritime de Martigues (site du Verdon non pris en compte), entre avril 1994 et août 2003.

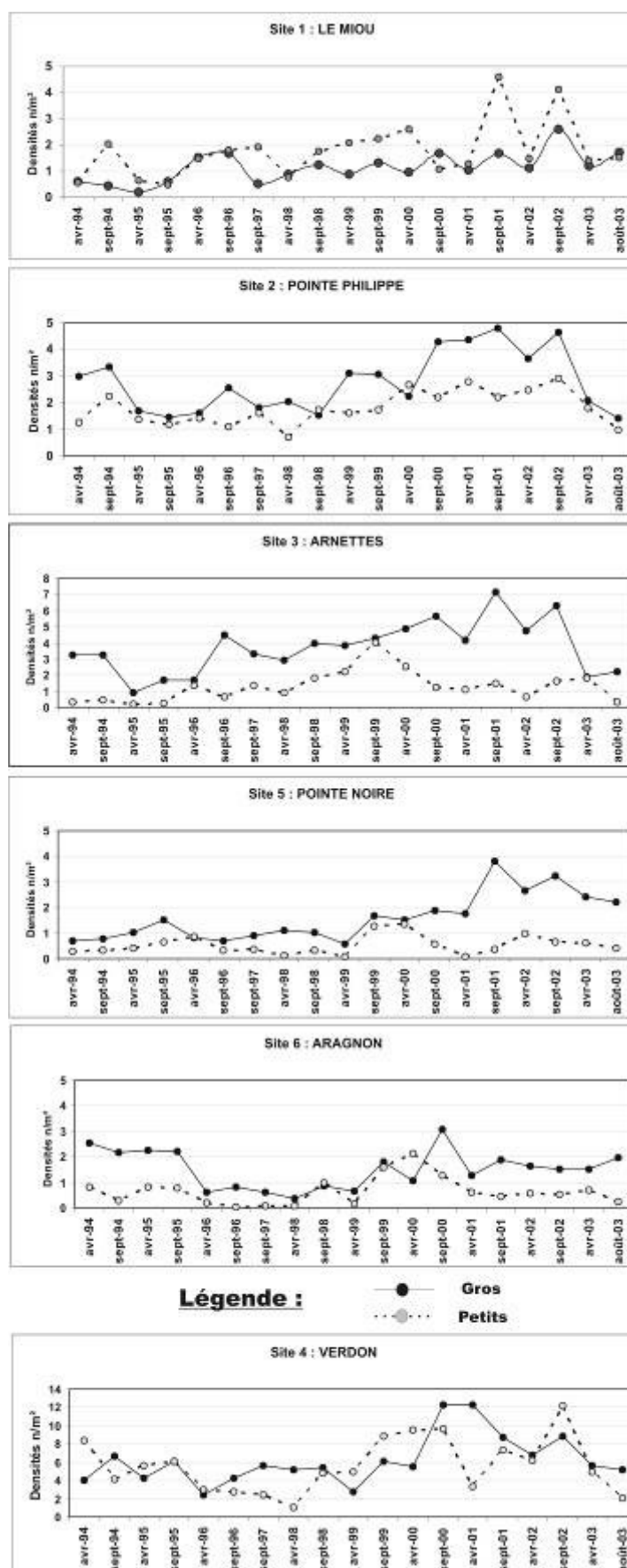


Figure 4 : Evolution des densités d'oursins selon deux classes de tailles (gros > 40mm, petits < 40mm) sur chacun des 6 sites sélectionnés dans le Quartier Maritime de Martigues, entre avril 1994 et août 2003.

3.1. Période avril 2003

Les tendances évolutives entre la période avril 2003 et la période précédente (septembre 2002) sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Comparaison des densités entre la période septembre 2002 et août 2003. Résultats du Test U de Mann-Whitney (Moy = moyenne ; e.t. = écart type ; n.s. = différence entre les moyennes non significative, s. = différence significative). La tendance indique l'augmentation ou la diminution significative de la densité d'oursins par m². ↗ = augmentation ; ⇔ = stabilité ; ↘ = baisse.

Site	Taille	Moy./e.t.	Moy./e.t.	Z cor.	Prob. (p)	Décision	Tendance
		09/02	04/03				
Le Miou	Petits	4.1 ± 2.4	1.4 ± 0.9	-2.769	0.006	s.	↘
	Grands	2.7 ± 2.7	1.2 ± 0.9	-1.668	0.096	s.	↘
Pte Philippe	Petits	2.9 ± 1.4	1.8 ± 0.9	-1.898	0.058	s.	↘
	Grands	4.6 ± 3.3	2.1 ± 1.6	-2.347	0.019	s.	↘
Arnettes	Petits	1.6 ± 1.0	1.8 ± 1.4	-2.282	0.022	s.	↗
	Grands	6.3 ± 1.0	1.9 ± 1.4	-3.068	0.062	s.	↘
Verdon	Petits	12.2 ± 5.1	4.9 ± 1.9	-2.839	0.004	s.	↘
	Grands	8.9 ± 4.7	5.6 ± 2.5	-1.552	0.121	n.s.	⇔
Pointe Noire	Petits	0.6 ± 0.5	0.6 ± 0.3	-0.466	0.641	n.s.	⇔
	Grands	3.2 ± 0.8	2.4 ± 1.1	-1.903	0.057	s.	↘
Aragnon	Petits	0.5 ± 0.4	0.7 ± 0.6	-0.038	0.465	n.s.	⇔
	Grands	1.5 ± 0.8	1.5 ± 0.9	-0.731	0.970	n.s.	⇔

1 - le Miou

On observe une baisse significative des densités de petits et gros oursins par rapport à septembre 2002. Cette baisse est très forte pour la densité des petits oursins qui passe de 4,1 ind/m² à 1,4 ind/m², tandis que pour les gros la densité passe de 2,6 ind/m² à 1,2 ind/m². Ces valeurs restent toutefois similaires à celle observées en avril 2002.

2 - Pointe Philippe

La densité des oursins de grande taille baisse très significativement de 4,6 ind/m² en septembre 2002 à 2,1 ind/m² pour avril 2003. Cette valeur de densité est la plus faible mesurée depuis avril 1999. Pour les petits individus la densité baisse d'environ 1 ind/m² passant de 2,9 à 1,8 ind/m². Cette valeur est la plus faible mesurée depuis avril 2000, mais correspond à la densité moyenne enregistrée sur ce site depuis le début de ces campagnes en 1994.

3 - Les Ragues d'Arnette

Une baisse significative et spectaculaire de la densité des gros individus est constatée sur ce site. La densité passe de 6,3 ind/m² en septembre 2002 à 1,9 ind/m² pour avril 2003. Une densité aussi faible, pour les oursins de grande taille n'avait pas été observée depuis avril 1996 avec 1,7 ind/m². Cette valeur est nettement inférieure à la moyenne générale du site. Pour les petits individus la densité (1,8 ind/m²) est équivalente à septembre 2002 (1,6 ind/m²) et supérieure à avril 2002 (0,6 ind/m²).

4 - Le Verdon

Les densités des deux classes de tailles diminuent par rapport à septembre 2002. Après une très forte augmentation en septembre 2002, la diminution de la densité des oursins de petite taille en avril 2003 est très significative. La densité passe de 12,2 ind/m² à 4,9 ind/m². Pour les individus d'une taille supérieure à 40 mm, la densité baisse également par rapport à septembre 2002, pour atteindre la valeur la plus faible mesurée depuis septembre 1999.

Les deux valeurs observées sont inférieures aux valeurs moyennes enregistrées sur ce site depuis le début de ces échantillonnages (4,9 contre 5,8 ind/m² pour les petits ; 5,6 contre 6,3 pour les gros).

Il faut remarquer que ce site est caractérisé par de nombreux oursins dont le diamètre hors piquants est proche de la limite fixée entre les deux classes de tailles, soit 40 mm. Ainsi l'estimation de chaque échantillonneur peut conduire, sur ce site, à quelques différences qui sont sans conséquences, du fait qu'il est traité à part pour les statistiques et les interprétations.

5 - Pointe Noire

Le nombre de petits oursins est quasiment identique à septembre 2002, avec 0,6 ind/m². Cette densité est du même ordre de grandeur que la moyenne mesurée sur le site : 0,54 ind/m². La densité de gros individus diminue de 3,2 ind/m² en septembre 2002 à 2,4 ind/m². Cette densité reste l'une des plus fortes observées sur ce site pour un mois d'avril.

6 - L'Aragnon

Depuis avril 2001 les densités observées sur ce site pour les petits et les gros oursins sont équivalentes. Aucune variation significative n'est mesurée. La densité de gros individus est de 1,5 ind/m², et la densité des petits de 0,7. Ces valeurs correspondent exactement aux valeurs moyennes enregistrées sur ce site depuis 1994.

Conclusions période avril 2003

La fin de la saison de pêche 2002-2003 est marquée par une baisse globale des densités, que ce soit pour les gros et les petits individus. La densité totale moyenne atteint 4,4 ind/m² soit 1298 oursins dénombrés. Cette densité est la plus faible mesurée depuis septembre 1998. Afin d'affiner les observations, les données recueillies sur le site du Verdon peuvent être retirées. Ce site offre des densités d'oursins très élevées pouvant influencer fortement les résultats totaux. Ainsi la densité moyenne totale tombe à 3,1 ind/m². Il faut remonter à avril 1999 pour obtenir une densité équivalente.

La baisse de densité des gros individus est très importante sur les sites du **Miou**, de **pointe Philippe**, des **Arnettes** et du **Verdon**. Pour les **Arnettes** une telle valeur de densité n'avait pas été mesurée depuis avril 1996. Si l'on excepte le site du Verdon, la baisse entre septembre 2002 et avril 2003 est de 1,9 ind/m² alors qu'elle était de 1,1 ind/m² entre septembre 2001 et avril 2002.

Pour les oursins de la classe de taille inférieure à 40mm, la densité moyenne (1,9 ind/m² avec le Verdon), est similaire au mois d'avril 2002 (2,1 ind/m²). Sans le Verdon, la densité moyenne est de 1,3 ind/m², ce qui correspond à un niveau équivalent à ceux d'avril 2001 et 2002.

La diminution du stock de gros oursins est très forte. Ce sont surtout les sites situés dans le golfe de Fos qui connaissent une baisse importante de gros oursins. Les sites des **Arnettes** et de **pointe Philippe** semblent avoir été très exploités, alors que le site du **Miou** connaît une baisse que l'on peut qualifier de normale en fin de saison de pêche. Les sites de l'**Aragnon** et de **pointe Noire** semblent quant à eux se maintenir.

Le niveau de recrutement (densités d'oursins de petite taille) sur les mois d'avril est constant depuis avril 2001. Ces valeurs nous semblaient suffisantes pour maintenir une exploitation équilibrée de la ressource, c'est-à-dire compenser le prélèvement dû à la pêche. Cependant la diminution du stock de gros oursins, pour la même période, est supérieure aux 4 dernières années. Le niveau de recrutement, soit 1,3 ind/m², sera-t-il suffisant pour compenser cette forte baisse? Les suivis ultérieurs devraient nous apporter des éléments de

réponse. Il se peut également que nous arrivions à la fin de l'effet produit par le fort recrutement en petits oursins que nous avons observé au cours de la saison 1999-2000.

3.2. Période août 2003

Les tendances évolutives entre la période avril/août 2003 sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Comparaison des densités entre la période avril 2003 et août 2003. Résultats du Test U de Mann-Whitney (Moy = moyenne ; e.t. = écart type ; n.s. = différence entre les moyennes non significative, s. = différence significative). La tendance indique l'augmentation ou la diminution significative de la densité d'oursins par m². ↗ = augmentation, ↔ = stabilité ; ↘ = baisse.

Site	Taille	Moy./e.t. 04/03	Moy./e.t. 08/ 03	Z cor.	Prob. (p)	Décision stat.10%	Tendance
Le Miou	Petits	1.4 ± 0.9	1.5 ± 0,9	-2,73	0,00	S	↗
	Grands	1.2 ± 0.9	1.7 ± 1,8	-3,44	0,00	S	↗
Pte Philippe	Petits	1.8 ± 0.9	1.0 ± 0,9	0,96	0,34	n.s.	↔
	Grands	2.1 ± 1.6	1.4 ± 0,7	-3,11	0,00	S	↘
Arnettes	Petits	1.8 ± 1.4	0.3 ± 0,2	-0,62	0,54	n.s.	↔
	Grands	1.9 ± 1.4	2.2 ± 1,2	-3,41	0,00	S	↗
Verdon	Petits	4.9 ± 1.9	2.1 ± 1,1	-2,16	0,03	S	↘
	Grands	5.6 ± 2.5	5.2 ± 1,5	-3,78	0,00	S	↘
Pointe Noire	Petits	0.6 ± 0.3	0.4 ± 0,4	-3,65	0,00	S	↘
	Grands	2.4 ± 1.1	2.2 ± 0,8	-3,72	0,00	S	↘
Aragnon	Petits	0.7 ± 0.6	0.2 ± 0,3	-0,42	0,00	S	↘
	Grands	1.5 ± 0.9	2.0 ± 1,9	-2,80	0,00	S	↗

1 - le Miou

Le site est proche de ses niveaux moyens, un peu au-dessus pour les gros et un peu en dessous pour les petits. Pas de mortalité observée.

2 - Pointe Philippe

A 1,4 gros ind/m², le site enregistre son plus faible niveau depuis le début des comptages, quasiment à la moitié de son niveau moyen. La densité a diminué depuis le comptage de printemps (2,1 ind/m²). Le site est proche du bord, qui est fréquenté par de nombreux pêcheurs plaisanciers, un prélèvement hors saison de pêche par la plaisance peut avoir eu lieu. Les petits oursins diminuent également fortement depuis le printemps, de 1,8 ind/m² à 1,0 ind/m², il s'agit de la deuxième valeur la plus faible des comptages. La mortalité observée est faible (1,28 %).

3 - Les Ragues d'Arnette

Le site n'a quasiment pas progressé depuis le printemps pour les gros (de 1,9 ind/m² à 2,2 ind/m²), loin de son niveau moyen (3,7 ind/m²), et de ses maximas (5,6 ind/m² - 6,3 ind/m²). La chute des petits est très forte, de 1,8 ind/m² à 0,3 ind/m², proche des plus faibles valeurs de la série de comptages. La mortalité observée est de 3,9 %.

4 - Le Verdon

Le site se maintient pour les gros (5,2 ind/m² - moyenne 6,2 ind/m²), mais chute très fortement pour les petits avec la valeur la plus faible pour ce site considéré comme une nurserie (2,1 ind/m² - moyenne 5,6 ind/m²). La mortalité, de 23 %, est importante.

5 - Pointe Noire

Le site se maintient à un assez bon niveau pour les gros (2,2 ind/m² - moyenne du site 1,6 ind/m²). Les petits suivent la tendance générale en baissant de 0,6 à 0,4 ind/m², mais la moyenne du site est peu élevée (0,53 ind/m²), et les comptages dans cette classe de taille aléatoires dans l'herbier dense et haut. La mortalité, très difficile à observer dans les grandes feuilles de Posidonie, est tout de même à 2,6 %, malgré la profondeur de 10 mètres.

6 - L'Aragon

Le site progresse très légèrement pour les gros depuis le printemps, de 1,5 à 2,0 ind/m², ce qui est une bonne moyenne pour le site. Les petits chutent fortement de 0,7 à 0,2 ind/m², densité très faible. La mortalité, à 9 mètres de profondeur, n'est pas négligeable à 10,5 %.

Conclusions période août 2003

Pour ce comptage « d'automne » réalisé de façon anticipée par rapport à l'ouverture de la saison de pêche en raison des résultats mitigés de la clôture de la saison précédente, nous rencontrons une situation qui ne s'est pas redressée.

Le nombre d'oursins de la **classe de taille supérieure** dénombrés au cours de ce comptage est exactement le même qu'au mois d'avril de cette année. Il n'y a donc pas de récupération en vue de la future saison. Si l'on retire le site du Verdon, les résultats sont quasiment les mêmes, on passe d'une densité globale de 1,8 ind/m² au mois d'avril 2003 à une densité globale de 1,9 ind/m² au mois d'août 2003. Il faut signaler que de telles densités moyennes se sont déjà rencontrées par le passé en ouverture de la saison de pêche jusqu'en 1998.

Après une période, de 1999 à 2002, présentant de bons niveaux en ouverture de saison (jusqu'à 3,9 ind/m²), nous revenons à des valeurs globales plus faibles. Le fait marquant est que cette baisse moyenne est surtout due aux **baisses importantes** observées sur les sites les plus riches de cette dernière période 1999-2002, soit les **Arnettes** et **Pointe-Philippe**.

Le nombre d'oursins de la **classe de taille inférieure** dénombrés au cours de ce comptage est le plus bas enregistré en automne. Si l'on retire le site du Verdon, qui est lui même à sa valeur la plus basse, on se retrouve aux valeurs « planchers » de 0,7 ind/m² de la série de comptages depuis 1994. **La densité a chuté depuis le printemps, de 1,3 ind/m² à 0,7 ind/m², sans qu'il y ait eu de transfert vers la classe de taille supérieure.** Il semble que nous soyons actuellement dans une phase de recrutement en jeunes oursins qui soit moins favorable que les 4 années précédentes.

Il semble qu'il soit nécessaire cette année d'ajouter aux causes habituelles de fluctuation des populations, qui sont pour nous d'une part la variabilité naturelle du recrutement en jeunes oursins, et d'autre part les prélèvements par les diverses formes de pêche, d'autres facteurs. Ceux-ci semblent prendre cette année une certaine importance. Il s'agit **des mortalités occasionnées par la dessalure des eaux et tout récemment par la température élevée des eaux côtières.** Des témoignages nous ont récemment indiqués des fortes mortalités au printemps du fait de la dessalure des eaux due au Rhône dans le secteur des anses des Laurons et de Bonnieux. Nous n'avons aucune idée de l'ampleur de ce phénomène, que nous avons déjà observé par le passé (anse de la Couronne-Vieille).

Un fait nouveau apparaît depuis la mi-août 2003. Nous avons observé en plusieurs points du littoral et notamment dans la réserve de Carry-le-Rouet, des mortalités ponctuellement très importantes. Elles se manifestent par une perte rapide des piquants, et une forte vulnérabilité aux grands prédateurs de la réserve. Ce symptôme et des traces verdâtres sur certains tests suggèrent une reprise de la maladie surnommée « calvitie de l'oursin », maladie bactérienne étudiée dans les années 1980, après qu'elle ait fortement atteint les stocks d'oursins dans certaines zones, particulièrement dans le Var.

La persistance de températures élevées est citée dans les études comme pouvant être un facteur déclencheur de la maladie. **La forte mortalité observée au Verdon**, comme dans l'anse du Cap-Rousset à Carry semble confirmer ce facteur, car ces anses peu ouvertes vers le large présentent des eaux encore plus chaudes que devant le reste du littoral. Dans le cadre de ce comptage, les observations de mortalité se sont faits par dénombrement des tests vides et des oursins en phase de perte des piquants, sur la même surface que celle inventoriée. Il y a certainement une sous-évaluation de la mortalité, car une partie des oursins atteints est consommée par les prédateurs, et les tests vides sont entraînés par les vagues et le courant. Ceci est encore plus vrai pour les jeunes oursins dont le test fragile est certainement assez vite détruit. **Cette mortalité est donc un facteur supplémentaire défavorable à la tendance actuelle, et il est difficile de prédire l'importance et la durée de son action.**

ANNEXE 1 : DONNEES BRUTES PAR SITES

Site	Septembre 1993		Avril 1994		Site	Septembre 1999		Avril 2000	
	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²		Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²
1: le Miou			0,6	0,8	1: le Miou	1,3	2,2	1,0	2,6
2: Pte Philippe			3	1,3	2: Pte Philippe	3,1	1,7	2,2	2,7
3: Amettes			3,2	0,3	3: Amettes	4,3	4,0	4,9	2,5
4: Verdon			4,1	8,4	4: Verdon	6,1	8,8	5,6	9,5
5: Pte Noire			0,7	0,3	5: Pte Noire	1,7	1,3	1,5	1,3
6: Aragnon			2,5	0,8	6: Aragnon	1,8	1,6	1,1	2,1
densité moy/m²			2,4	2,0	densité moy/m²	3,1	3,3	2,7	3,5
Site	Septembre 1994		Avril 1995		Site	Septembre 2000		Avril 2001	
	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²		Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²
1: le Miou	0,4	2,1	0,2	0,6	1: le Miou	1,7	1,1	1,1	1,3
2: Pte Philippe	3,3	2,3	1,7	1,4	2: Pte Philippe	4,3	2,2	4,4	2,8
3: Amettes	0,4	0,4	0,9	0,2	3: Amettes	5,6	1,2	4,2	1,1
4: Verdon	8,6	4,1	4,3	5,6	4: Verdon	12,3	9,6	12,3	3,3
5: Pte Noire	0,8	0,3	1	0,4	5: Pte Noire	1,9	0,6	1,8	0,1
6: Aragnon	2,2	0,3	2,3	0,8	6: Aragnon	3,1	1,3	1,3	0,6
densité moy/m²	2,8	1,6	1,7	1,5	densité moy/m²	4,8	2,7	4,2	1,5
Site	Septembre 1995		Mars 1996		Site	Septembre 2001		Avril 2002	
	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²		Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²
1: le Miou	0,6	0,5	1,5	1,5	1: le Miou	1,7	4,6	1,1	1,5
2: Pte Philippe	1,4	1,2	1,6	1,4	2: Pte Philippe	4,8	2,2	3,7	2,5
3: Amettes	1,7	1,2	1,7	1,4	3: Amettes	7,2	1,5	4,7	0,6
4: Verdon	8,1	8,1	2,4	3	4: Verdon	8,7	7,4	6,7	6,2
5: Pte Noire	1,5	0,7	0,8	0,9	5: Pte Noire	3,8	0,4	2,7	1,0
6: Aragnon	2,2	0,8	0,6	0,2	6: Aragnon	1,9	0,5	1,6	0,6
densité moy/m²	2,3	1,6	1,4	1,4	densité moy/m²	4,7	2,8	3,4	2,1
Site	Septembre 1996		Avril 1997		Site	Septembre 2002		Avril 2003	
	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²		Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²
1: le Miou	1,7	1,8			1: le Miou	2,7	4,1	1,2	1,4
2: Pte Philippe	2,5	1,1			2: Pte Philippe	4,6	2,9	2,1	1,8
3: Amettes	4,5	0,7			3: Amettes	6,3	1,6	1,9	1,8
4: Verdon	4,2	2,1			4: Verdon	8,9	12,2	5,6	4,9
5: Pte Noire	0,7	0,3			5: Pte Noire	3,2	0,7	2,4	0,6
6: Aragnon	0,8	0,1			6: Aragnon	1,5	0,5	1,5	0,7
densité moy/m²	2,4	1,1			densité moy/m²	4,5	3,7	2,5	1,9
Site	Septembre 1997		Avril 1998		Site	Août 2003		Avril 2004	
	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²		Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²
1: le Miou	0,5	1,9	0,9	0,8	1: le Miou	1,7	1,5		
2: Pte Philippe	1,8	1,6	2,1	0,7	2: Pte Philippe	1,4	1,0		
3: Amettes	3,3	1,4	2,9	0,9	3: Amettes	2,2	0,3		
4: Verdon	5,6	2,4	5,1	1,1	4: Verdon	5,2	2,1		
5: Pte Noire	0,9	0,4	1,1	0,1	5: Pte Noire	2,2	0,4		
6: Aragnon	0,6	0,1	0,4	0,1	6: Aragnon	2,0	0,2		
densité moy/m²	2,1	1,3	2,1	0,6	densité moy/m²	2,5	0,9		
Site	Septembre 1998		Avril 1999		Site	Septembre 1999		Avril 2000	
	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²		Densité gros/m ²	Densité petit/m ²	Densité gros/m ²	Densité petit/m ²
1: le Miou	1,2	1,8	0,9	2,1	1: le Miou	1,3	2,2	1,0	2,6
2: Pte Philippe	1,5	1,7	3,1	1,6	2: Pte Philippe	3,1	1,7	2,2	2,7
3: Amettes	4,0	1,8	3,8	2,2	3: Amettes	4,3	4,0	4,9	2,5
4: Verdon	5,4	4,9	2,7	5,0	4: Verdon	6,1	8,8	5,6	9,5
5: Pte Noire	1,0	0,3	0,6	0,1	5: Pte Noire	1,7	1,3	1,5	1,3
6: Aragnon	0,9	1,0	0,7	0,2	6: Aragnon	1,8	1,6	1,1	2,1
densité moy/m²	2,4	1,9	2,0	1,9	densité moy/m²	3,1	3,3	2,7	3,5

Densités moyennes d'oursins par m² selon deux classes de tailles (gros > 40mm, petits < 40mm) sur les six sites suivis dans le Quartier Maritime de Martigues, entre avril 1994 et août 2003.

ANNEXE 2 : DONNEES BRUTES PAR TRANSECT

Le Miou	transect	Petits	Gros	TOTAL petits/gros
T1	1	1	4	5
	2	4	6	10
	3	11	12	23
	4	10	8	18
	5	12	19	31
	Sous-tot	38	49	87
T2	1	11	7	18
	2	12	7	19
	3	7	18	25
	4	8	5	13
	5	1	1	2
	Sous-tot	39	38	77
	Somme tot	77	87	164
	Moyenne	7,70	8,70	16,40
	E.T.	4,32	5,89	9,02

Verdon	transect	Petits	Gros	TOTAL petits/gros
T1	1	16	32	48
	2	8	22	30
	3	9	22	31
	4	17	18	35
	5	19	20	39
	Sous-tot	69	114	183
T2	1	9	32	41
	2	8	31	40
	3	2	15	17
	4	10	33	43
	5	4	35	39
	Sous-tot	34	146	180
	Somme tot	103	260	363
	Moyenne	10,30	26,00	36,30
	E.T.	5,50	7,30	8,85

Pt Philippe	transect	Petits	Gros	TOTAL petits/gros
T1	1	1	12	13
	2	1	7	8
	3	1	12	13
	4	1	4	5
	5	1	2	3
	Sous-tot	5	37	42
T2	1	4	10	14
	2	10	8	18
	3	12	4	16
	4	9	5	14
	5	10	6	16
	Sous-tot	45	33	78
	Somme tot	50	70	120
	Moyenne	5,00	7,00	12,00
	E.T.	4,67	3,46	4,99

Pt Noire	transect	Petits	Gros	TOTAL petits/gros
T1	1	8	15	23
	2	2	12	14
	3	1	13	14
	4	2	7	9
	5	5	15	20
	Sous-tot	16	62	78
T2	1	1	16	17
	2	1	9	10
	3	1	13	14
	4	1	7	8
	5	1	4	5
	Sous-tot	5	49	54
	Somme tot	21	111	132
	Moyenne	2,10	11,10	13,20
	E.T.	1,85	4,09	5,22

Arnettes	transect	Petits	Gros	TOTAL petits/gros
T1	1	3	15	18
	2	3	8	11
	3	0	21	21
	4	3	15	18
	5	1	8	9
	Sous-tot	10	67	77
T2	1	1	13	14
	2	1	7	8
	3	1	2	3
	4	1	5	6
	5	1	18	19
	Sous-tot	5	45	50
	Somme tot	15	112	127
	Moyenne	1,50	11,20	12,70
	E.T.	1,08	6,11	6,18

Aragnon	transect	Petits	Gros	TOTAL petits/gros
T1	1	0	2	2
	2	0	3	3
	3	2	7	9
	4	1	7	8
	5	5	11	16
	Sous-tot	8	30	38
T2	1	0	0	0
	2	0	4	4
	3	0	15	15
	4	1	19	20
	5	3	31	34
	Sous-tot	4	69	73
	Somme tot	12	99	111
	Moyenne	1,20	9,90	11,10
	E.T.	1,69	9,52	13,43

Densités d'oursins selon deux classes de tailles (gros > 40mm, petits < 40mm) sur les repliquats de 5m² des transects T1 et T2 des six sites suivis en août 2003 dans le Quartier Maritime de Martigues.

Remarques :

Il est nécessaire de rappeler une nouvelle fois que ces opérations ne constituent qu'une évaluation de densités sur transects permanents. L'évaluation ne porte que sur 300 m² répartis sur 6 sites. La faiblesse de cette surface, au regard de la surface exploitée, fait que l'on ne peut avoir une vision globale et totale des phénomènes. Ces comptages permettent simplement, par leur répétition, d'obtenir une tendance de la situation. Une évaluation du stock d'oursins dans le quartier maritime de Martigues demanderait des moyens beaucoup plus importants, compte tenu de l'étendue de la zone exploitée, de la variété des fonds, et des caractéristiques biologiques de l'oursin comestible.

Suivi de l'herbier de Posidonie de l'anse du Rouet. Compte-rendu de mission. Premier retour 2003

Eric CHARBONNEL, Boris DANIEL, Frédéric BACHET

Parc Marin de la Côte Bleue - Syndicat Mixte - Observatoire - Plage du Rouet - 31, Av. Jean Bart.
B.P. 42 - 13620 Carry-le-Rouet. charbonnel.eric@parcmarincotebleue.fr

1. Contexte et objectif du suivi

Le projet de protection et d'aménagements de la plage du Rouet a vu la mise en place au mois d'avril 2002 d'un épi d'une longueur de 30 mètres, sur une largeur en crête de 4,5 mètres. L'installation de cet épi a été complétée par plusieurs phases d'apports en galets sur la partie Est de la plage, et par des transferts de sable de la partie Ouest vers la partie Est de la plage. L'arrière plage est constituée d'un parking qui a été réaménagé au cours de l'hiver 2002/2003 et du printemps 2003. Une attention particulière a été portée à son drainage. Le mur séparant la plage et le parking a quant à lui été entièrement reconstruit. Plus haut que le précédent, il est attenant à une promenade équivalente à la longueur de la plage. Un poste de secours fixe a été construit.

L'anse du Rouet est caractérisée par la présence d'un des peuplements les plus sensibles du milieu marin en Méditerranée ; l'herbier de Posidonie. Dans le cadre des aménagements maritimes projetés sur ce secteur et des conclusions issues de l'étude de faisabilité de la SOGREAH en 2001, le Maire de Carry-le-Rouet a sollicité le Parc Marin pour la mise en place du suivi de l'herbier de Posidonie dans l'anse du Rouet.

L'objectif du suivi est d'évaluer les éventuels impacts des aménagements projetés au niveau de la plage du Rouet sur la répartition et les caractéristiques biologiques de l'herbier de Posidonie. Ces impacts seront suivis durant plusieurs années, permettant de préciser l'évolution locale de l'herbier (régression, stabilité ou progression).

2. Matériel et Méthodes

Deux sites d'échantillonnage ont été choisis (stations A et B). Sur chaque site, 5 balises sont implantées en bordure de l'herbier de Posidonie, au niveau de sa limite supérieure, le plus près possible des aménagements de la plage. Ainsi, les premiers herbiers sont situés à une distance de 215 m de l'extrémité de l'épi rocheux (premier balisage) ; le second balisage étant distant de 270 m. Un état initial de l'herbier au niveau de chaque balisage a été réalisé en avril 2002 (Daniel *et al.*, 2002). L'état de vitalité de l'herbier a été décrit au moyen de photographies et de diverses mesures (densités, tailles des parcelles et îlots de posidonies, plans cartographiques), standardisées par le protocole du *Réseau de Surveillance Posidonies* (Charbonnel *et al.*, 2000).

Le présent rapport concerne le premier retour sur les 2 balisages effectué en 2003, soit un an après la mise en place de l'épi rocheux. Ce premier suivi a permis de définir l'état écologique de l'herbier de Posidonie. Ces données serviront de base comparative aux relevés périodiques, qui permettront de suivre précisément l'évolution de l'herbier.

Des photographies ont été effectuées pendant la phase de travaux en juin 2002 et n'ont pas révélé d'incidence notable sur les herbiers (absence de dépôt de particules fines sur les posidonies). En juin/juillet 2003, soit plus d'un an après la mise en place de l'épi et 2 mois après la fin de l'aménagement du parking du Rouet, une deuxième série d'échantillonnage a été réalisée. Ce sont les résultats de ces observations des paramètres de vitalité de l'herbier qui sont présentés dans ce compte-rendu de mission.

Les sites d'échantillonnage se situent sur la partie Ouest de l'anse du Rouet (Fig. 1) :

- Station A : Elle correspond à la zone d'herbier la plus proche de l'aménagement. L'herbier est très morcelé, il se présente sous l'aspect de plusieurs tâches successives de posidonies sur roche, de tailles réduites et très espacées.
- Station B : Cette station se situe au Sud de la première. Il s'agit d'un herbier sur roche, mais beaucoup moins morcelé, avec une partie d'herbier continu et une partie de tâches implantées sur ou à proximité immédiate d'un substrat meuble (sable).

La partie Est de l'Anse du Rouet a également été explorée lors de l'état initial en 2002. Néanmoins, compte tenu de la répartition très limitée de l'herbier en petites touffes éparses, il n'a pas été possible d'implanter un balisage. En outre, les posidonies se développent exclusivement sur un substrat rocheux qui s'avère peu apte à l'implantation de repères durables. Les étendues significatives d'herbier se trouvent à une distance trop importante de l'ouvrage prévu pour qu'on puisse y mesurer un quelconque impact.



Figure 1 : Localisation des 2 stations d'herbier balisé dans l'anse du Rouet. L'épi rocheux implanté sur la plage en 2002 est également indiqué (fond de carte photographie aérienne IGN, 1999).

3. Résultats

3.1. Station A

Le balisage est resté en bon état et l'ensemble des balises a été retrouvé. La limite d'herbier balisée est de type régressive (au sens de Meinesz & Laurent, 1978), avec la présence d'une étendue de matre morte autour des posidonies. L'herbier est très discontinu, morcelé en petites taches et îlots de posidonies qui forment une véritable mosaïque sur la matre morte (Fig. 2). Malgré sa répartition spatiale limitée, l'herbier montre une bonne vitalité d'ensemble, avec de nombreux rhizomes à croissance horizontale (plagiotropes), traduisant une tendance à la recolonisation du substrat. Les rhizomes ne sont pas déchaussés, ce qui traduit un bon équilibre sédimentaire.

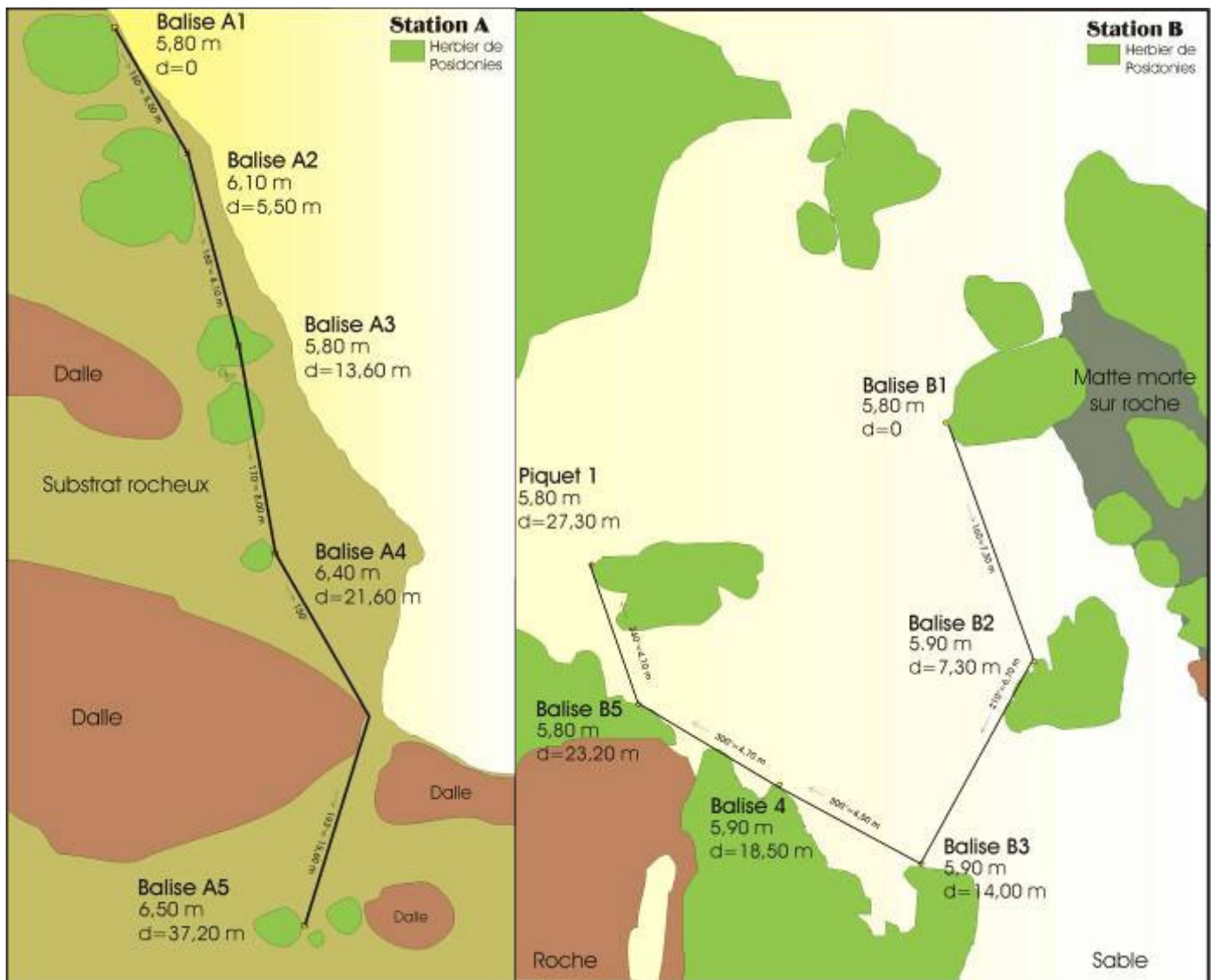


Figure 2 : Plan du balisage installé en 2002 le long de la limite supérieure de l'herbier de Posidonie de l'anse du Rouet (à gauche : station A ; à droite : station B).

3.1.1. Evolution des densités

La densité moyenne obtenue pour les 5 balises (soit 25 comptages) du premier balisage est de 756 ± 120 faisceaux/m² en 2003 et fluctue selon les balises entre 625 et 825 faisceaux/m² (Tabl. 2). Cette densité moyenne est en augmentation significative (test U, $Z=-4.23$, $p<0.001$) depuis 2002 (596 ± 106 faisceaux/m²).

L'herbier du balisage peut être classé en « herbier très dense » selon Giraud (1977), contre un « herbier dense » en 2002. D'après la classification proposée par Pergent *et al.* (1995), qui intègre la profondeur, l'herbier présente en moyenne une densité supérieure à la normale pour une profondeur de -6 m (les valeurs normales fluctuent théoriquement entre 479 et 703 faisceaux/m²).

Au niveau de chaque balise, la densité est également très élevée, supérieure aux valeurs normales pour 4 balises sur 5 (Tabl. 2) et seule une balise montre une densité normale (A2). Par rapport à 2002, on peut noter une amélioration dans le classement, qui passe de densités normales à des densités supérieures à la normale. Les valeurs de densités ont d'ailleurs augmenté de manière significative pour 3 balises (A2, A4 et A5).

Tableau 2. Nombre de faisceaux de feuilles de Posidonies (densité), par quadrat de 0.04 m², observé en 2003 le long des 2 balisages de la limite supérieure de l'herbier du Rouet (station A et station B). La classification de l'herbier est indiquée. N = densité normale, >N = densité sub-normale supérieure (d'après la classification de Pergent *et al.*, 1995).

Balisés	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
Profondeur (m)	5.8	6.1	5.8	6.4	6.5	5.8	5.9	5.9	5.9	5.8
1° comptage	31	28	25	27	37	27	28	35	32	25
2° comptage	22	26	27	37	32	25	23	33	28	23
3° comptage	28	21	33	33	27	23	25	29	25	28
4° comptage	36	27	37	36	32	25	28	33	36	27
5° comptage	34	23	32	32	33	29	27	37	32	25
Moy. (0.04 m ²)	30,2	25,0	30,8	33,0	32,2	25,8	26,2	33,4	30,6	25,6
Densité/m ² 2003	755	625	770	825	805	645	655	835	765	640
Classification 2003	>N	N	>N	>N	>N	N	N	>N	>N	N
Densité/m ² 2002	665	475	670	650	520	580	620	725	800	540
Classification 2002	N	<N	N	N	N	N	N	>N	>N	N

3.1.2. Evolution des limites d'herbier. Comparaison des photographies

Une nouvelle série de photographies du balisage a été réalisée en 2003, afin d'établir une comparaison avec celles prises lors de l'état initial de 2002 (Tabl. 3, Fig. 3). Sur les 5 balises disposées, une progression est observée au niveau de 2 balises (A4 et A5), avec une avancée des rhizomes plagiotropes atteignant 10 cm. Les contours de l'herbier sont restés stables au niveau de 3 balises, avec ici aussi une tendance à la progression. Celle-ci est matérialisée par le développement de quelques rhizomes traçants (cas de la balise A1) et une densification de petites touffes et îlots d'herbier, devenus coalescents (cas de la balise A3).

Tableau 3 : Observations basées sur la comparaison des photographies entre avril 2002 et juin 2003 au niveau des 5 balises de la station A, installées le long de la limite supérieure de l'herbier de Posidonie du Rouet.

Balise	Evolution depuis 2002	Observations/mesures en 2003
A1	Stabilité	La balise est positionnée contre une tache de Posidonie de grande taille (3.3 m x 3.6 m). La balise n'est pas située au contact de l'herbier, mais à 15 cm en aval de la limite (impossibilité de planter l'amarre de fixation de la balise dans la roche). Stabilité générale des contours de l'herbier, avec une tendance à une légère progression à droite de la balise (développement de quelques rhizomes traçants)
A2	Stabilité	Cette balise A2 est située à 25 cm d'une tache de Posidonie de grande taille (4.2 m x 4.7 m). L'herbier situé de part et d'autre de la balise est resté stable entre 2002 et 2003.
A3	Stabilité	La balise est positionnée au milieu d'une tache de Posidonie de taille moyenne (2.6 m x 1.6 m). Stabilité des limites d'herbier de la tache depuis 2002. En revanche, on observe une forte densification des Posidonies au niveau de 2 petits îlots situés au voisinage de la tache. Bien différenciés en 2002, les îlots sont devenus coalescents et ont tendance à se rejoindre en 2003.
A4	Progression (+5 à +10 cm)	La balise est située à environ 10 cm d'un petit îlot de Posidonie de 1.4 m x 1.2 m. L'herbier montre une progression de part et d'autre de la balise, avec le développement de rhizomes plagiotropes traçants sur 5 cm à gauche et sur 10 cm à droite. L'expansion latérale de l'îlot est bien visible sur la photo du repère gradué, sa largeur passe de 80 cm en 2002 à 95 cm en 2003 (Fig. 3).
A5	Progression (+10 cm)	Cette balise A5 est positionnée au contact d'une tache de Posidonie de petite taille (1.8 m x 1.45 m). L'herbier montre une progression à proximité immédiate de la balise, avec une avancée des Posidonies sur 10 cm de part et d'autre de la balise (cf. photographie Fig. 3).

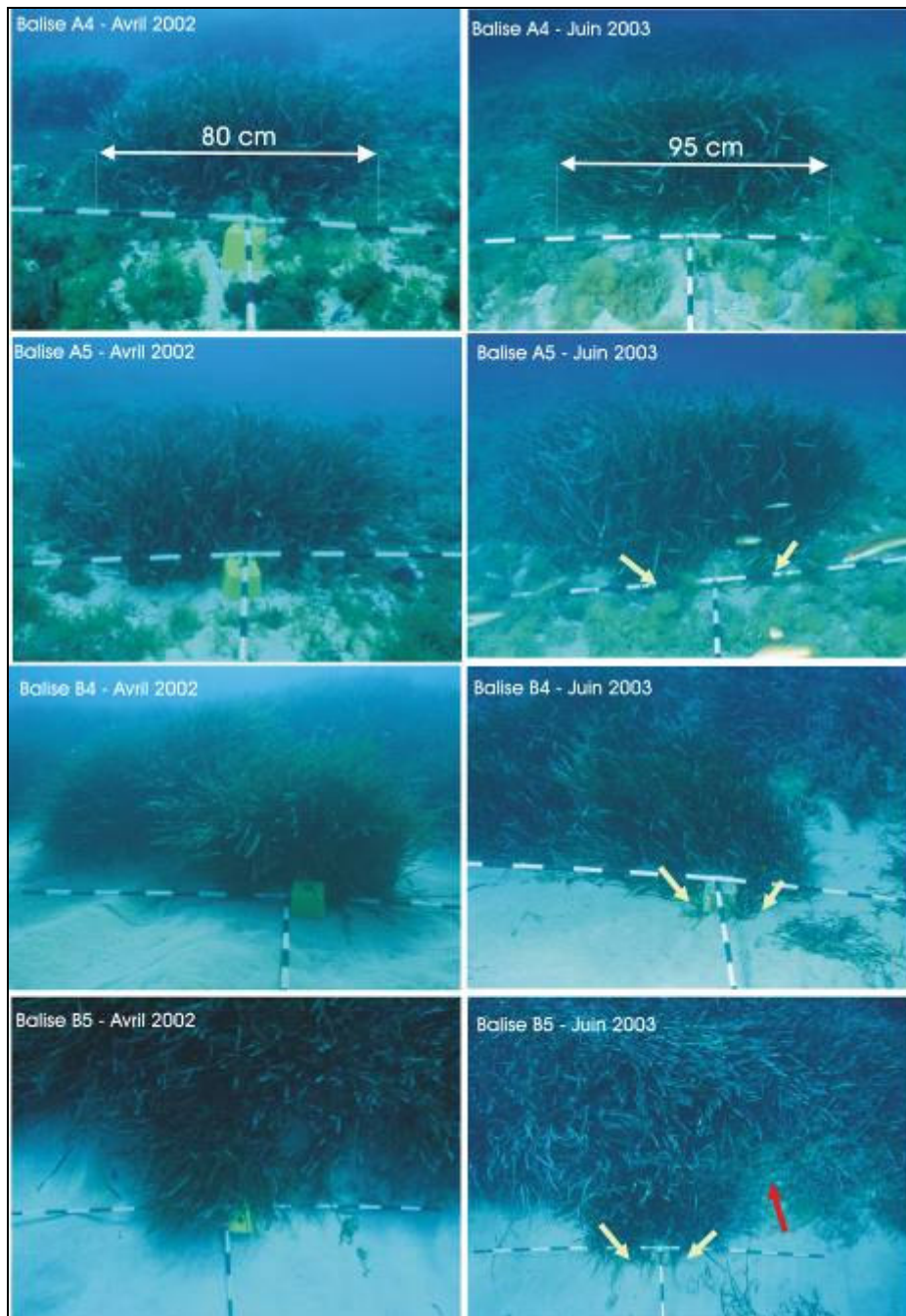


Figure 3 : Exemple de photographies montrant l'évolution de la limite de l'herbier de Posidonie de part et d'autre des balises. Les flèches claires indiquent une progression de l'herbier, la flèche foncée indique une régression pour la balise B5 (photos © F. Bachet / PMCB).

3.1.3. Evolution des mesures de tailles

De nombreuses mesures de la taille des taches et îlots de Posidonies balisés sont effectuées et permettent de valider les tendances évolutives observées d'après les photographies. L'ensemble de ces mesures est indiqué sur la Figure 4, avec un total de 22 mesures de distances et d'orientations. Ces mesures ne permettent pas à elles seules de suivre la micro-évolution de l'herbier compte tenu de leur précision (estimée à 10-20 cm, à comparer avec les 5 cm de croissance théorique par an d'un herbier). Néanmoins, elles peuvent permettre à long terme de distinguer des phénomènes de régression de grande ampleur. Aussi, elles sont utilisées de manière complémentaire aux photographies pour l'interprétation des tendances évolutives de l'herbier.

Les mesures montrent que les tailles des îlots restent identiques entre 2002 et 2003 pour 2 balises (A3 et A5), tandis qu'elles augmentent de 10 cm pour les balises A1, A2 et A4.

Néanmoins, cette augmentation apparente des tailles reste dans la limite de la précision de la méthode. On ne peut donc conclure à une progression, sauf au niveau de la balise A4, avec une progression de l'herbier atteignant 15 cm, qui s'est vérifiée par les photographies du repère gradué, avec une expansion latérale d'environ 15 cm de l'îlot de Posidonies (Fig. 3, Tabl. 3).

3.1.4. Synthèse

L'évolution de l'herbier au niveau de la station A (premier balisage), en prenant en compte les principaux paramètres de vitalité de l'herbier (Tabl. 4), montre une nette tendance à la progression au niveau des limites herbier/balises. Cette dynamique de progression est confirmée par une densification de l'herbier, avec des valeurs de densités qui sont en augmentation depuis 2002 et qui sont supérieures aux valeurs normales. Au total, l'herbier présente une bonne vitalité, malgré sa faible étendue spatiale, en mosaïque sur les mattes mortes, témoignant d'une régression ancienne. Les signes de progression enregistrés sont encourageants et montrent une dynamique de recolonisation des surfaces perdues par l'herbier.

Tableau 4 : Synthèse de l'évolution de l'herbier du premier balisage du Rouet (Station A) entre 2002 et 2003, basée sur la comparaison des valeurs de densité, des photographies et des mesures de tailles des îlots. \leftrightarrow = stabilité. \uparrow = progression.

Paramètres	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	Synthèse
Densités	\leftrightarrow	\uparrow	\leftrightarrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow
Photos	$\leftrightarrow\uparrow$	\leftrightarrow	\leftrightarrow	\uparrow	\uparrow	\uparrow
Mesures	\uparrow	\uparrow	\leftrightarrow	\uparrow	\leftrightarrow	\leftrightarrow

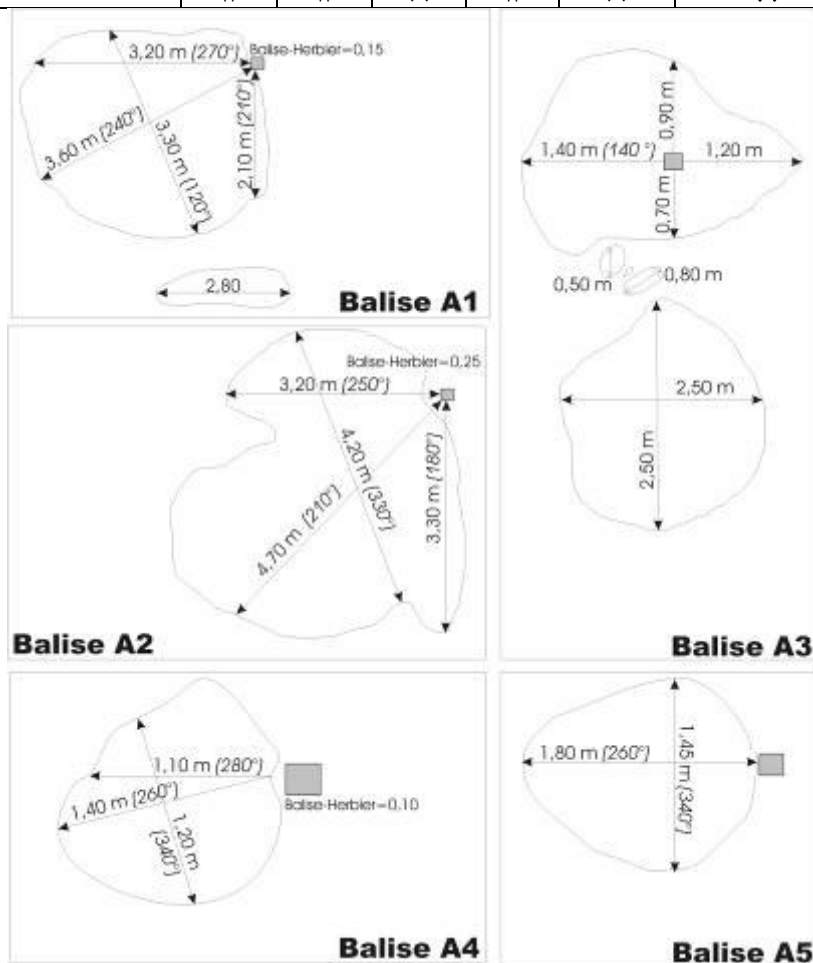


Figure 4 : Schématisation des parcelles d'herbier balisées sur la station A. Plusieurs mesures des tailles (en mètres) et des orientations (en degrés) ont été réalisées sur les taches de Posidonies balisées.

3.2. Station B

Les balises ont toutes été retrouvées, mais le piquet métallique BP1 a disparu et n'a pas été remplacé. L'herbier de ce balisage est beaucoup moins morcelé que celui du balisage précédent, situé à une cinquantaine de mètres. L'herbier se développe donc de manière quasi-continue sur le fond (Fig. 2), même s'il existe une partie où l'herbier est plus morcelé en taches de posidonies. Cette seconde limite est également de type régressive (au sens de Meinesz & Laurent, 1978), avec la présence d'une étendue de matte morte. L'herbier montre également une bonne vitalité d'ensemble, avec de nombreux rhizomes à croissance horizontale (plagiotropes traçants), et non déchaussés, traduisant un bon équilibre sédimentaire, malgré les remaniements observés (*ripple-marks*).

3.2.1. Evolution des densités

La densité moyenne pour les 25 comptages réalisés sur le second balisage est de 708 ± 103 faisceaux/m², et fluctue de 640 à 835 faisceaux/m² selon les balises (Tabl. 2). Cette densité moyenne est similaire à celle obtenue en 2002 (653 ± 172 faisceaux/m², pas de différence significative, test U, $Z=-1.727$, $p=0.084$), avec une baisse de la variabilité des mesures, ce qui indique un herbier plus homogène.

L'herbier de ce balisage peut être classé au sens de Giraud (1977) en « herbier très dense » ou en « herbier dense » selon les balises. D'après la classification proposée par Pergent *et al.* (1995), qui intègre la profondeur, les densités de l'herbier présentent soit des valeurs normales (cas de 3 balises sur 5), soit des valeurs supérieures aux valeurs normales (B3 et B4, Tabl. 2). Contrairement au premier balisage, le classement des densités ne change pas par rapport à 2002. De même, les valeurs de densités n'ont pas varié de manière significative depuis 2002. On peut conclure à une grande stabilité d'ensemble de ce paramètre.

3.2.2. Evolution des mesures de tailles

Au total, 11 mesures de tailles et d'orientations ont été prises autour de 3 balises (Fig. 5). Les mesures montrent que les tailles des taches de posidonies restent identiques entre 2002 et 2003 pour 2 balises sur 3 (B2 et piquet 1), tandis qu'elles sont soit stables soit en augmentation pour la troisième balise considérée (B1). Néanmoins, il convient de rappeler que cette méthode ne permet pas à elle seule de suivre la microévolution de l'herbier, compte tenu de la précision des mesures (estimée à 10-20 cm). Cette méthode doit donc être couplée aux interprétations des photographies.

3.2.3. Evolution des limites d'herbier. Comparaison des photographies

Sur les photographies 2003 du balisage, l'herbier montre une tendance générale à la progression depuis 2002 au niveau de 3 balises sur 5 (B1, B3 et B4), avec une avancée des rhizomes plagiotropes traçants de 10 cm (Tabl. 5). L'herbier est resté stable au niveau d'une balise (B2), tandis qu'il montre une dynamique contrastée au niveau de la balise B5, avec à la fois une progression et une régression, avec une érosion de la matte (Fig. 3, Tabl. 5).

Tableau 5 : Observations basées sur la comparaison des photographies entre avril 2002 et juin 2003 au niveau des 5 balises de la station B, installées le long de la limite supérieure de l'herbier de Posidonie du Rouet.

Balise	Evolution depuis 2002	Observations/mesures en 2003
B1	Progression (10 cm)	Tendance générale à la progression de l'herbier de part et d'autre de la balise. A droite de B1, la progression est bien visible, avec une avancée de 10 cm de l'herbier. Cette progression concerne le front d'herbier, sur une largeur d'environ 20 cm, et pas seulement quelques rhizomes plagiotropes, comme c'est souvent le cas. A gauche de la balise, on observe une progression plus locale, avec notamment le développement de 2 rhizomes traçants à 15 et 30 cm de la balise.
B2	Stabilité	Stabilité générale de l'herbier au niveau de la balise, mais on peut noter une atténuation de l'érosion. En 2002, une invagination de la limite était bien visible, située entre 40 et 90 cm à gauche de la balise. En 2003, celle-ci semble être en partie colonisée par les Posidonies, ce qui traduirait localement une progression.
B3	Progression (10 cm)	Progression de l'herbier de part et d'autre de la balise. A gauche, avancée de 2 rhizomes plagiotropes traçants situés à 15 et 35 cm de B3. Ces rhizomes mesurent près de 20 cm de long. A droite de la balise, progression des Posidonies contre la balise, avec une densification des groupes de faisceaux. Les faisceaux arrivent au même niveau que la balise, soit une avancée de 10 cm.
B4	Progression (10 cm)	Tendance générale à la progression de l'herbier de part et d'autre de la balise, avec une avancée de plusieurs rhizomes plagiotropes contre la balise, représentés sur la photo (Fig.3). Ces rhizomes arrivent au même niveau que la balise, soit une avancée de 10 cm. A noter également le développement d'un rhizome traçant à 30 cm à droite de B4.
B5	Régression et Progression	Situation contrastée au niveau de cette balise, avec à la fois un cas de progression et un cas de régression. L'herbier régresse sur la droite de la balise, avec une érosion importante de la matre, qui a entraîné la disparition d'un groupe de faisceaux cascadants présent le long de la pente en 2002 (voir la photographie de la balise, Fig. 3). L'herbier se mite progressivement. A l'inverse, on observe une progression de l'herbier à proximité immédiate de la balise à gauche. C'est tout le front d'herbier qui progresse contre la balise sur une largeur d'environ 30 cm et qui arrive au même niveau que la balise (voir la photographie Fig. 3).

3.2.4. Synthèse

L'évolution de l'herbier de la station B montre globalement comme pour la station A, une tendance à la progression au niveau des limites herbier/balises (Tabl. 6). Les valeurs de densités sont restées stables depuis 2002, avec des valeurs égales ou supérieures aux valeurs normales. Au total, l'herbier du second balisage montre une bonne vitalité et des signes encourageants de progression. Néanmoins, une érosion de l'herbier a été observée localement, ce qui traduit des signes de fragilité. Ce phénomène devra être suivi.

Tableau 6 : Synthèse de l'évolution de l'herbier du second balisage du Rouet (Station B) entre 2002 et 2003, basée sur la comparaison des valeurs de densité, des photographies et des mesures de tailles des taches. - = absence de mesures (herbier continu). ↔ = stabilité. ↑ = progression. ↓ = régression.

Paramètres	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	Synthèse
Densités	↔	↔	↔↑	↔	↔	↔
Photos	↑	↔	↑	↑	↑↓	↑
Mesures	↔↑	↔	-	-	-	↔

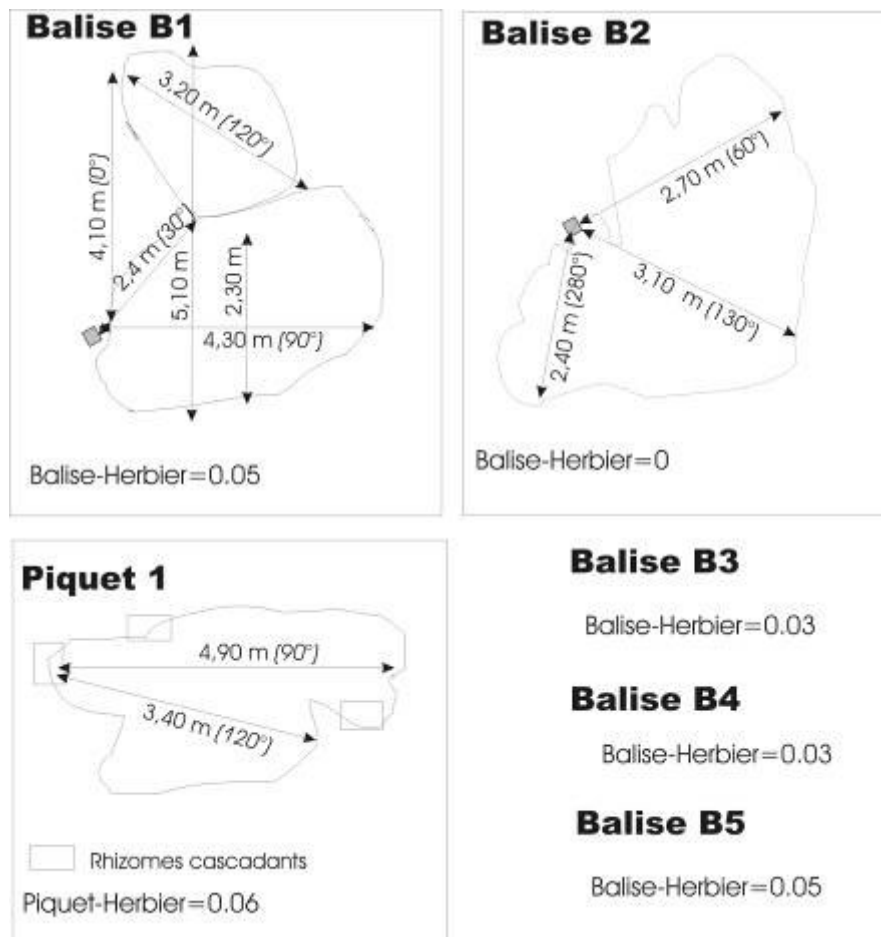


Figure 5 : Schématisation des parcelles d'herbier balisées sur la station B. Plusieurs mesures des tailles (en mètres) et des orientations (en degrés) ont été réalisées sur les 3 taches de Posidonies balisées. NB : les balises B3, B4 et B5 sont disposées le long d'un herbier continu, non morcelé en taches. De ce fait, aucune mesure de taille n'est réalisable.

4. Discussion et conclusions

Un système de surveillance de l'herbier de Posidonie a été mis en place dans l'anse du Rouet, avec l'installation de 2 balisages le long de la limite supérieure de l'herbier. L'objectif de ces balisages est d'évaluer les éventuels impacts des aménagements de la plage du Rouet (épi rocheux, restructuration du parking) au niveau des Posidonies. Un état initial de l'herbier a été effectué en avril 2002, avant les travaux, avec la description de différents paramètres de vitalité des Posidonies et la réalisation de photographies et de diverses mesures.

Ce présent rapport concerne le premier suivi des balisages, un an après leur installation. Les résultats obtenus en 2003 montrent que l'herbier de Posidonie de l'anse du Rouet présente une bonne vitalité d'ensemble, avec des valeurs de densités élevées, généralement supérieures aux valeurs normales. Les densités sont en augmentation depuis 2002 sur le premier balisage, tandis qu'elles sont restées stables au niveau du second balisage. Le suivi photographique réalisé de part et d'autre des 10 balises montre une tendance générale à la progression des posidonies au niveau de la moitié des balises, tandis que l'herbier est resté stable pour l'autre moitié des balises. L'avancée des rhizomes plagiotropes traçants atteint 10 cm.

Au total, les signes de progression enregistrés sont encourageants et indiquent une dynamique de recolonisation des surfaces perdues par l'herbier. En effet, l'herbier n'est présent actuellement que de manière sporadique près de la côte (surtout au niveau du premier balisage), avec une faible étendue spatiale. Il est réparti en mosaïque sur les mattes mortes,

qui témoignent d'une régression ancienne de l'herbier. Quoi qu'il en soit, l'herbier ne présente actuellement aucun signe de dégradation pouvant être attribué à l'impact des aménagements côtiers.

Le système de surveillance de l'herbier de Posidonie mis en place dans l'anse du Rouet est exemplaire. L'herbier est ici utilisé comme un indicateur biologique de la qualité globale du milieu et les balisages installés permettront de préciser l'évolution locale de l'herbier (régression, stabilité ou progression), suite aux aménagements de la plage du Rouet. Ce suivi annuel se poursuivra sur une durée de 3 ans après les travaux, puis ensuite par un suivi pluriannuel, par exemple tous les 3 ans. Les retours périodiques permettront d'avoir à terme une idée de l'impact de ces aménagements, avec un suivi régulier de la dynamique évolutive des Posidonies, espèce protégée au rôle écologique et économique majeur en Méditerranée.

5. Bibliographie

Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Bernard G., Bonhomme P., Patrone J., Krukczek R., Cottalorda J.M., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Le Direac'h L., 2000. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Première partie : présentation et guide méthodologique. Région PACA/Agence de l'Eau RMC/GIS Posidonie/CQEL13/CQEL83/Conseil Général 06. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-76.

Daniel B., Maisonneuve De L., Bachet F., 2002. Suivi de l'herbier de Posidonie de l'anse du Rouet. Compte rendu de mission. avril 2002. *Rapport sur les travaux scientifiques du Parc Marin de la Côte Bleue. Compte rendu année 2002* : 53-61.

Giraud G., 1977. *Contribution à la description et à la phénologie des herbiers de Posidonia oceanica (L.) Delile*. Thèse de Doctorat de Spécialité, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-150.

Meinesz A., Laurent R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes (France). Campagne Poseidon 1976. *Bot. mar.*, Germ., 21 : 513-526.

Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : Etat des connaissances. *Mésogée*, 54 :3-27.

Enregistrement sous-marin en continu de la température dans la réserve du Cap-Couronne. Bilan 2003

Eric CHARBONNEL¹, Boris DANIEL¹, Frédéric BACHET¹, J.G. HARMELIN²

1. Parc Marin de la Côte Bleue. - Syndicat Mixte - Observatoire - Plage du Rouet - 31, Av. Jean Bart. B.P. 42 - 13620 Carry-le-Rouet. charbonnel.eric@parcmarincotebleue.fr

2. Centre d'Océanologie de Marseille, CNRS UMR 6540, Station marine d'Endoume, Rue Batterie des Lions, 13007 Marseille. jharmelin@com.univ-mrs.fr

1. Introduction

L'évolution des caractéristiques thermiques dans un secteur maritime donné influence la présence et/ou les cycles biologiques de nombreuses espèces. Les phénomènes suivants peuvent être cités : déplacement de l'aire de répartition d'espèces thermophiles vers le Nord (Francour *et al.*, 1994 ; Harmelin, 1999), reproduction du mérrou brun, *Epinephelus marginatus* (Zabala *et al.*, 1997a-b), comportement des sparidés (Jouvenel et Bachet, 1998), dynamique des populations d'invertébrés. L'analyse du phénomène de mortalité massive observé sur les cnidaires, les éponges, les mollusques et les ascidies durant l'été 1999 met en relief, entre autre, l'influence de la température de l'eau comme élément déclencheur d'une mortalité par agents pathogènes latents (Perez *et al.*, 2000 ; Garrabou *et al.*, 2001). Les peuplements méditerranéens des espèces invasives *Caulerpa taxifolia* ou *C. racemosa*, manifestent une saisonnalité dans leur développement qui est corrélée à la température de l'eau (Meinesz *et al.*, 1995 ; Piazzi et Cinelli, 1999).

La collecte des données de température de l'eau de mer par le Parc Marin de la Côte Bleue, et la constitution de séries à long terme ont pour objectif de corréler les conditions thermiques avec les observations recueillies à l'occasion de divers travaux d'étude.

Ce programme est réalisé en coopération avec le Centre d'Océanologie de Marseille (J.G. Harmelin) et représente un investissement logistique et humain des deux parties. Cette opération regroupe plusieurs sites côtiers : la Côte Bleue, l'archipel de Riou, Port-Cros et Monaco (Harmelin, 2004). Le matériel d'enregistrement est installé depuis juillet 1998 avec le personnel du Parc Marin, par J.G. Harmelin dans la réserve de Carry-le-Rouet, par J.Y. Jouvenel dans la réserve du Cap Couronne lors de la campagne de suivi de cette zone, financée par la DIREN PACA et l'Agence de l'Eau RMC. Depuis 1998, les thermographes sont sortis périodiquement (2 fois par an), afin de recueillir les données enregistrées.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description du matériel utilisé

Une sonde « Tinytalk II » est installée dans un caisson étanche (Fig. 1). Ses caractéristiques sont les suivantes : amplitude thermique de -40°C à 75°C avec une précision de 0,2°C. Cette sonde enregistre en continu les données de température à -17 m sur la réserve du Cap Couronne depuis le 15 juillet 1998. Le site choisi (R1) est localisé à proximité d'un des quatre câbles de télécommunications sous-marines qui traversent le secteur.



Figure 1 : Installation de la sonde thermique.
Photo : F. Bachet/PMCB

Le pas de temps d'enregistrement choisi est de 2h30, ce qui correspond à une période d'enregistrement de 6 mois (1800 données) au terme de laquelle un déchargement des données est nécessaire. L'enregistrement chronologique peut être configuré pour s'arrêter à saturation ou continuer d'enregistrer en écrasant les données les plus anciennes.

Un dispositif similaire est installé dans la réserve de Carry-le-Rouet, à l'initiative de J.G. Harmelin avec du matériel du Centre d'Océanologie de Marseille à des profondeurs de -11 m et -24 m. Les thermographes sont de type « Onset Stowaway Tidbit 32k », d'une précision de 0,2°C.

2.2. Présentation des phénomènes thermiques sur la Côte Bleue décrits dans la littérature

En Provence, le courant géostrophique Liguro-Provençal occasionne une dérive littorale orientée vers l'Ouest. La Côte Bleue peut être soumise à un contre courant inverse appelé « contre courant de la Nerthe », portant d'Ouest en Est. Ce phénomène semble dû au flux Rhodanien et à un mouvement tourbillonnaire issu du golfe de Fos (Castelbon, 1972 ; Ramade, 2000 ; Alliot *et al.*, 2003). Il en résulte des modifications physico-chimiques des eaux superficielles et de leur teneur en éléments transportés par mélange avec les eaux rhodaniennes : « phénomène des eaux blanches ».

Les courants liés aux vents ont un rôle prépondérant dans la courantologie locale. Le régime climatique local est dominé par deux vents de direction opposée qui s'alternent : le Mistral et le vent de Sud-Est. Ces deux situations sont fréquentes puisqu'elles représentent 75% des conditions de vents annuels (données Météo France, Marignane, 1986).

Lors de conditions météorologiques de vent soutenu de secteur Nord ou Nord-Ouest, les eaux superficielles sont poussées vers le large. Pour compenser la dénivellation créée, un courant de compensation ramène à la surface les eaux froides du fond (upwelling). Dans la partie orientale du golfe de Fos, la tranche d'eau affectée par ces courants peut dépasser 15 m (Anonyme, 1994). L'action conjointe des upwellings et de l'évaporation, liée à ces vents secs et froids, provoque des mouvements convectifs qui brassent toute la colonne d'eau sur de grandes profondeurs (Tchernia, 1977).

Les vents de secteur Sud-Est forts sont des vents de reflux qui génèrent un courant superficiel d'Est en Ouest. En été, après les épisodes d'upwellings côtiers, le réchauffement des eaux peut être rapide par l'établissement d'un courant Est à Sud-Est lié à une bascule des vents vers le Sud-Est ou au gradient thermique entre les masses d'eau. Ces situations sont à l'origine d'une stratification des masses d'eau. Si ces conditions perdurent ou si aucun vent du Nord ne vient agiter les masses d'eau superficielles, une structure homotherme chaude s'installe : création d'une thermocline statique. Dans ces conditions de thermocline établie, la température des eaux de surface évolue en corrélation avec les températures atmosphériques et il y a peu de propagation de la chaleur en profondeur. Sur la zone étudiée, ces périodes sont souvent courtes et la thermocline est fréquemment déstabilisée dès que les vents de secteur Nord s'installent.

3. Résultats en 2003

Les températures relevées en 2003 à la profondeur de -17 m fluctuent entre 11°C et 26.3°C (valeurs instantanées), avec une moyenne annuelle de 15.6 ± 2.9 °C (Tabl. 1). Les moyennes mensuelles (Tabl. 2) varient entre 11.9°C (février) et 20.5°C (août). Les températures fluctuent relativement peu entre novembre et avril, avec de faibles coefficients de variation (Fig. 2, Tabl. 2), ce qui traduit une homogénéité thermique hivernale (Harmelin, 2004). En revanche, de fortes variations sont observées durant la période estivale, qui traduit la dynamique rapide des masses d'eaux. Selon les conditions météorologiques (vents, courants), en l'espace de quelques heures, des chutes ou des remontées spectaculaires de

température peuvent intervenir, avec des amplitudes atteignant 7°C (Fig. 3) et un coefficient de variation qui dépasse les 10% entre juillet et octobre (Tabl. 2). La Figure 3 illustre bien ce phénomène, avec une période d'eaux chaudes (plateau) encadrée par deux épisodes froids, entre septembre et octobre. Durant cette période, la température moyenne est de 19.16 ± 3.01 °C au Cap Couronne, contre 19.61 ± 2.89 °C à Carry (Fig. 3).

Tableau 1 : Evolution des valeurs annuelles moyennes des températures (°C) sur le site du Cap Couronne (-17 m). Les écart-type, coefficient de variation ; valeurs minimales et maximales observées sont également indiquées. *N.B.* Les données partielles de 1998 et 2001 n'ont pas été prises en compte (*cf.* Tabl. 2).

	1999	2000	2002	2003
Température moyenne (°C)	16,1	15,6	15,4	15,6
Ecart-type	3,9	3,0	2,8	2,9
Coef. Variation	24,1	19,4	18,4	18,7
Valeur minimale	9,9	11,0	12,0	11,0
	(14 fév.)	(21 fév.)	(26 fév.)	(17 fév.)
Valeur maximale	25,2	24,5	23	26,3
	(9 août)	(22 août)	(28 août)	(19 août)

Tableau 2 : Evolution des valeurs mensuelles moyennes, écart-type et coefficient de variation (%) des températures sur le site du Cap Couronne (-17 m) entre 1998 et 2003. * = données manquantes du 1 au 11 juillet 2001 ; du 19 juillet au 6 août 2002 ; du 1 au 26 janvier 2003 et du 2 au 5 août 2003.

Mois	1998		1999		2000	
Janvier			12,9 ± 0,7	5,5	12,2 ± 3,2	3,2
Février			11,2 ± 0,5	4,6	11,8 ± 0,2	1,9
Mars			12,2 ± 0,2	1,7	12,6 ± 0,6	4,5
Avril			12,7 ± 0,3	2,4	13,6 ± 0,5	3,6
Mai			15,4 ± 1,5	9,7	15,6 ± 0,7	4,4
Juin			15,7 ± 2,0	13,0	17,8 ± 3,0	16,9
Juillet	17,4 ± 1,9	10,7	17,6 ± 2,5	14,2	16,1 ± 2,6	16,2
Août	17,4 ± 2,5	14,4	20,3 ± 3,6	17,6	20,2 ± 3,1	15,4
Septembre	17,1 ± 2,9	16,7	23,5 ± 0,4	1,5	16,1 ± 3,2	20,0
Octobre	17,3 ± 1,0	5,8	18,6 ± 2,3	12,5	17,9 ± 1,6	8,8
Novembre	13,9 ± 0,4	2,9	16,9 ± 1,7	10,4	16,6 ± 1,0	6,2
Décembre	12,8 ± 0,5	3,9	13,8 ± 0,6	4,4	15,2 ± 0,5	3,4

Mois	2001		2002		2003	
Janvier	13,7 ± 0,4	2,7	12,6 ± 0,3	2,4	12,6 ± 0,2*	1,9
Février			12,5 ± 0,4	2,8	11,9 ± 0,4	3,3
Mars			12,7 ± 0,3	1,6	12,6 ± 0,5	3,9
Avril			13,3 ± 0,2	1,5	13,5 ± 0,8	5,6
Mai			14,6 ± 1,0	7,1	14,8 ± 0,8	5,4
Juin			16,4 ± 1,6	9,8	17,2 ± 1,5	8,5
Juillet	16,5 ± 2,1*	12,9	18,4 ± 3,3*	17,7	16,9 ± 2,8	16,2
Août	18,6 ± 2,7	14,3	17,4 ± 3,2*	18,2	20,5 ± 2,1*	10,3
Septembre	15,5 ± 2,3	14,8	20,2 ± 3,0	14,7	18,5 ± 2,8	15,2
Octobre			18,9 ± 1,3	6,7	16,9 ± 2,3	13,4
Novembre			15,6 ± 0,4	2,9	15,7 ± 0,4	2,5
Décembre			15,1 ± 0,4	2,9	14,4 ± 0,6	4,4

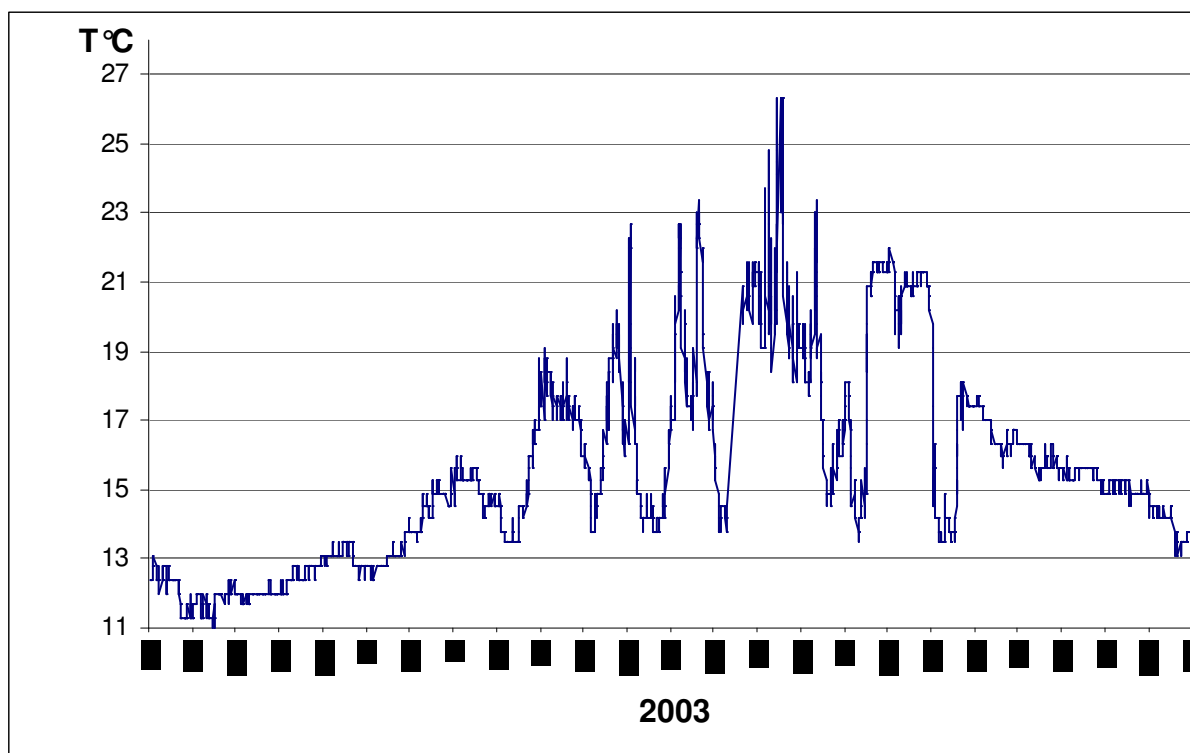


Figure 2 : Evolution annuelle en 2003 de la température sur le site du Cap Couronne, a -17 m.

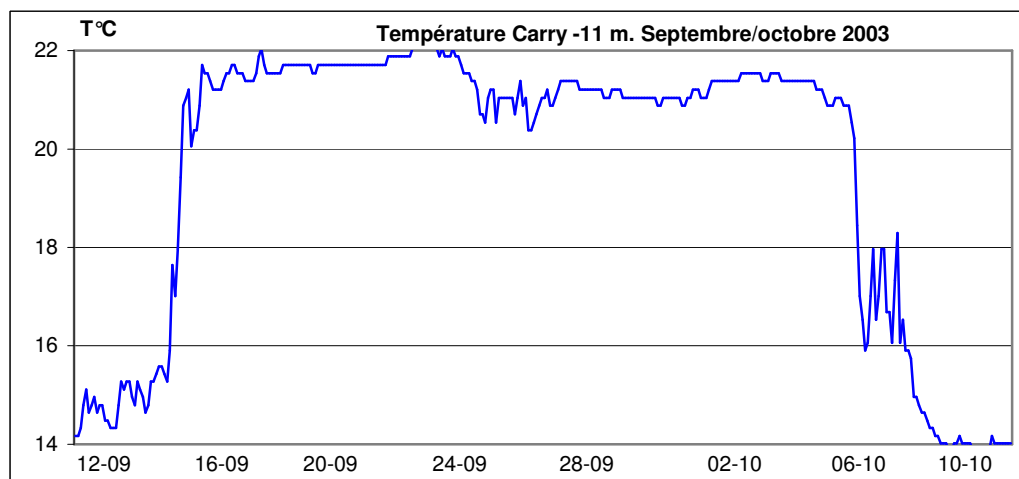
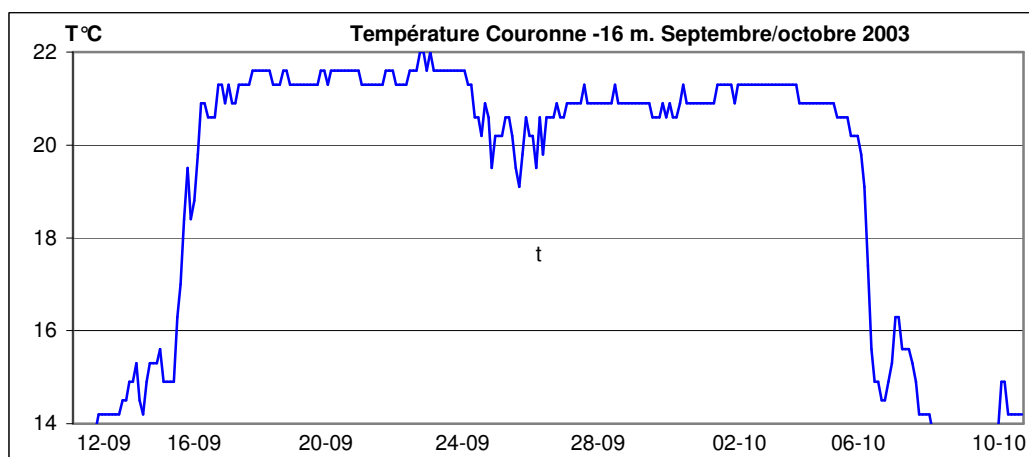


Figure 3 : Variabilité à court terme de la température entre le 12 septembre et le 10 octobre 2003. Figure du haut : réserve du Cap-Couronne à -17 m. Figure du bas: réserve de Carry-le-Rouet à -11 m.

Les deux séries de températures mensuelles moyennes de 2002 et 2003 montrent relativement peu de différences entre elles (Fig. 4). Février est le mois le plus froid et présente des températures moyennes qui sont très homogène d'une année à l'autre (Tabl. 2), avec de faibles fluctuations (faible valeur du coefficient de variation). Les températures instantanées les plus basses sont toujours enregistrées en février depuis 1999, avec une valeur « record » de 9.9°C (Tabl. 1).

Les valeurs moyennes mensuelles les plus élevées se situent en août en 2003 (20.5°C), contre septembre en 2002 (20.2°C), soit un léger décalage (Fig. 4). En revanche, les températures instantanées les plus élevées sont toujours enregistrées en août depuis 1999, avec une valeur « record » en 2003 de 26.3°C liée à l'épisode de canicule (Tabl. 1).

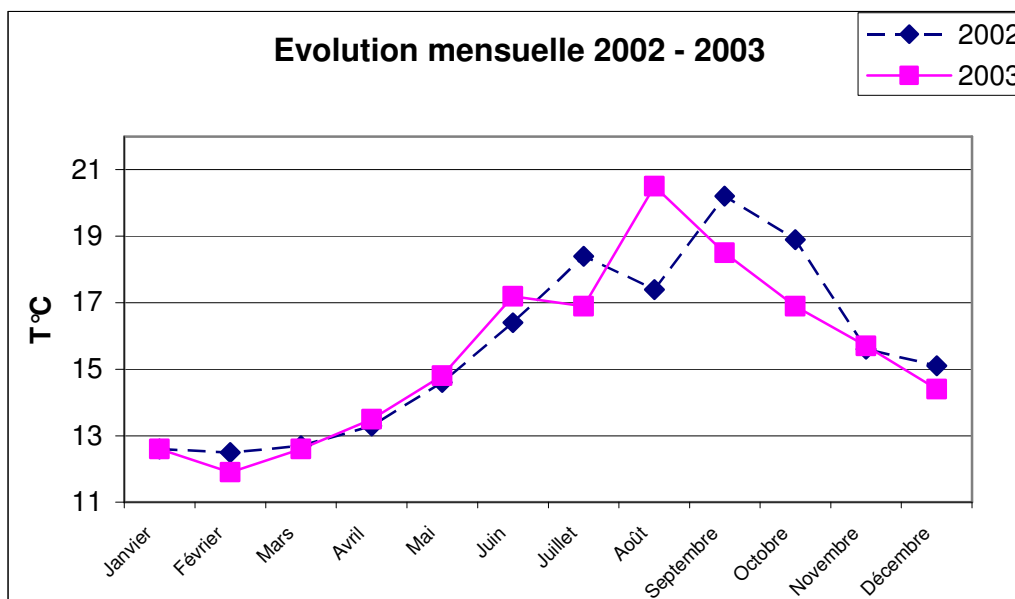


Figure 4 : Evolution mensuelle des températures moyennes entre 2002 et 2003 dans la réserve du Cap-Couronne, à -17 m de profondeur.

Les enregistrements réalisés par Harmelin (2004) à Carry-le-Rouet, Port-Cros et Monaco à une profondeur de -24 m indiquent un net gradient thermique Est/Ouest (Fig. 5). En considérant les seuils de température définis par Harmelin (2004), qui sont les pourcentages de mesures inférieures à 15°C et supérieures à 22°C, l'examen de ces seuils montre que le pourcentage d'exposition à des températures inférieures à 15°C entre juin et octobre 2003 n'est que de 3.3% à Monaco, contre 6 à 7% à Port-Cros, 17.8% à Carry-le-Rouet et 19.2% à Couronne (Fig. 5).

Ces enregistrements indiquent des différences géographiques nettes de régime thermique (Harmelin, 2004), et au vu de ces résultats, la Côte Bleue est située dans une région aux masses d'eaux froides (proximité du golfe du Lion).

De tels écarts de températures entre l'Ouest et l'Est du littoral induisent des différences au niveau de la distribution des espèces, selon leur tolérance plus ou moins grande aux fluctuations de températures. Ainsi, les anomalies thermiques observées en 1999 ont entraîné la mortalité massive d'invertébrés benthiques comme les gorgones, peu tolérantes aux fortes températures (Perez *et al.*, 2000). Harmelin (2004) a montré que la canicule estivale de 2003 s'est traduite par une anomalie thermique de forte intensité (températures instantanées de 27°C), mais brève (quelques jours en août, sans plateau thermique).

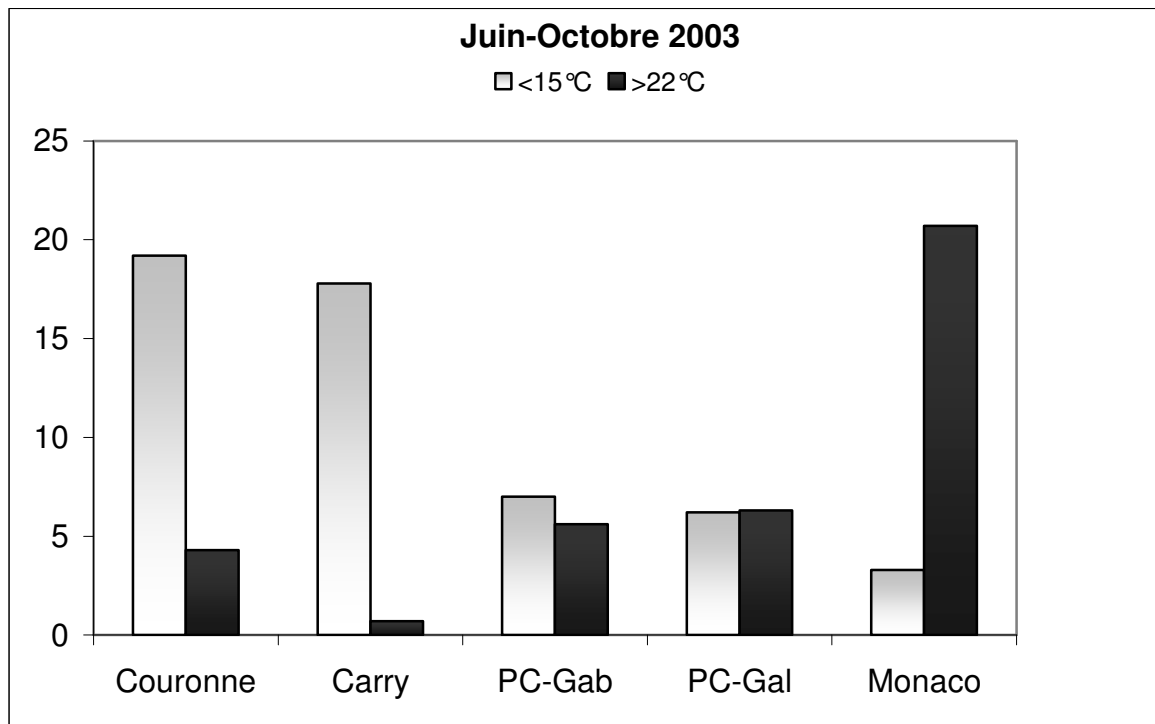


Figure 5 : temps d'exposition (en pourcentage) du benthos de fonds rocheux à 24 m de profondeur à des températures inférieures à 15°C et supérieures à 22°C à Couronne, Carry-le-Rouet, Port-Cros (PC) et Monaco entre début juin et fin octobre 2003 (*in* Harmelin, 2004, modifié). *NB* : la profondeur à Couronne est de -17 m.

Au total, le rôle de la température est un des thèmes centraux de l'écologie marine et la biogéographie (Harmelin, 2004). L'intérêt du monitoring de la température est important dans les secteurs bénéficiant de mesures de gestion comme les deux réserves de la Côte Bleue.

Harmelin a montré l'existence de tels gradients biogéographiques (Harmelin, 1987, 2004), en particulier sur certaines espèces de poissons qui sont de bons indicateurs, comme le labre *Ctenolabrus rupestris* ou le gobie *Gobius xanthocephalus*, espèces à affinité d'eau froide fréquentes sur la Côte Bleue. A l'inverse, la girelle paon *Thalassoma pavo*, le serran écriture *Serranus scriba*, le barracuda *Sphyaena viridensis*, voire le mérrou brun *Epinephelus marginatus* sont plutôt rares sur la Côte Bleue.

4. Bibliographie

Alliot E., Younes W., Romano J.C., Rebouillon P., Massé H., 2003. Biogeochemical impact of a dilution plume (Rhône River) on coastal sediments. Comparison between a surface water survey (1996-2000) and sediment composition. *Estuar. coast. Shelf Sci.*, 57: 357-367.

Anonyme, 1994. Recherche d'un site d'immersion de déblai de dragage dans le golfe de Fos. *TERSUD, ERAMM, COM. Contrat Port Autonome de Marseille* : 1-99 + annexes.

Castelbon C., 1972. Etude de la circulation des masses d'eau dans le golfe de Marseille. *Tethys*, 4(2) : 269-312.

Francour P., Boudouresque C.-F., Harmelin J.-G., Harmelin-Vivien M., Quignard J.P., 1994. Are the Mediterranean waters becoming warmer? Information from biological indicators. *Marine Pollution Bulletin*, 28 (9) : 523-526.

Garrabou J., Perez T., Sartoretto S., Harmelin J.G., 2001. Mass mortality event in red coral (*Corallium rubrum*, Cnidaria, Anthozoa, Octocorallia) populations in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 217 : 263-272.

Harmelin J.G., 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc national de Port-Cros, France). *P.S.Z.N.I. Marine Ecology*, 8 (3) : 263-284.

Harmelin J.G., 1999. Visual assessment of indicator fish species in Mediterranean marine protected areas. *Naturalista sicil.*, It., 23 : 83-104.

Harmelin J.G., 2004. Environnement thermique du benthos côtier de l'île de Port-Cros (parc national, France, Méditerranée nord-occidentale) et implications biogéographiques. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.*, 20 : 173-194.

Jouvenel J.-Y., Bachet F., 1998. Bilan à deux ans - Programme de suivi des peuplements ichtyologiques de la réserve du Cap Couronne. *Rapport Parc Régional Marin de la Côte Bleue, DIREN PACA. Agence de l'eau RMC* : 1-53.

Perez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.G., Francour P., Vacelet J., 2000. Mass mortality of marine invertebrates : an unprecedented event in the North Occidental Mediterranean. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 323 (10) : 853-865.

Piazzi L., Cinelli F., 1999. Développement et dynamique saisonnière d'un peuplement méditerranéen de l'algue tropicale *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh. *Cryptogamie, Algol.*, 20 (4) : 295-300.

Ramade A., 2000. Extension de la station d'épuration intercommunale de Carry-le-Rouet / Sausset-les-Pins. Etude d'impact, document d'incidence sur l'eau. *SIVOM de la Côte Bleue* : 1-170.

Tchernia P., 1977. Océanographie régionale, Description physique des océans et des mers. Paris, 1-256.

Zabala M., Garcia-Rubies A., Louisy P., Sala E., 1997a. Spawning behavior of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. Mar.*, 61 (1) : 65-77.

Zabala M., Louisy P., Garcia-Rubies A., Gracia V., 1997b. Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. Mar.*, 61 (1) : 79-89.

Suivi de la fréquentation estivale des « visiteurs aquatiques » de la réserve de Carry-le-Rouet - Période Juillet/Août 2003 -

Boris DANIEL, Eric CHARBONNEL, Sébastien PACCHIARDI

Parc Marin de la Côte Bleue - Syndicat Mixte - Observatoire - Plage du Rouet - 31, Av. Jean Bart.
B.P. 42 - 13620 Carry-le-Rouet. boris.daniel@parcmarincotebleue.fr

1. Introduction

D'une superficie de 85 ha, la réserve de Carry-le-Rouet borde le littoral. Elle s'étend sur 800 à 1300 m au large, au voisinage de la limite profonde de l'herbier de Posidonie, située à -31 m. Les herbiers de Posidonies constituent l'écosystème principal de la réserve. Les fonds rocheux sont également présents en bordure littorale et se prolongent vers le large par des zones de dalles et de massifs qui émergent de l'herbier, les plus importants se situant entre 10 et 15 m de profondeur.

L'efficacité de cette réserve a été démontrée à plusieurs reprises et des suivis pluriannuels sont régulièrement organisés (Harmelin & Bachet, 1992, 1993 ; Harmelin *et al.*, 1995 ; Harmelin, 1999 ; Daniel *et al.*, 1999, 2002). L'observation *in situ*, en dehors du cadre scientifique, au moyen d'un simple masque permet d'apprécier les résultats de 20 ans de protection. Le nombre, la taille et la diversité de l'ichtyofaune des petits fonds côtiers y sont bien plus importants qu'à l'extérieur de la réserve.

Ce spectacle sous-marin dont l'observation ne peut se faire qu'en plongée libre (la plongée en bouteille étant interdite dans la réserve) est facile d'accès. En effet, la réserve se trouve à proximité d'un secteur urbanisé, non loin du centre ville de Carry-le-Rouet. Le littoral de la réserve est accessible en plusieurs endroits et de nombreuses places de stationnement, ainsi qu'un parking au niveau de la plage du Cap-Rousset existent.

La plage du Cap-Rousset est l'une des rares plages de sable de la Côte Bleue. Elle constitue avec les rochers du littoral de la réserve, où de nombreuses zones planes sous la falaise sont accessibles, un lieu d'attraction important. Une étude de fréquentation des plages réalisée durant l'été 2001 a montré que la plage du Cap-Rousset était fréquentée en moyenne par 500 personnes par jour.

Au vu des ces éléments et suite aux interrogations du Conseil Scientifique du Parc Marin de la Côte Bleue sur l'impact éventuel des visiteurs sur le milieu sous-marin, un protocole de comptage cadrant avec les contraintes logistiques de la structure a été mis en place pour évaluer la fréquentation des « visiteurs aquatiques² » de la réserve à partir de l'été 2002 (Daniel & Maisonneuve, 2002).

2. Matériel et méthodes

L'objectif de ces comptages est d'avoir une idée quantitative de la fréquentation des « visiteurs aquatiques » sur la réserve de Carry-le-Rouet pendant les mois de juillet et d'août. Ces comptages sont réalisés à l'initiative du personnel du Parc Marin et s'intègrent à la mission de surveillance de la zone. Cette mission prioritaire pour la structure offre en moyenne 13 à 14 heures de présence quotidienne sur la réserve. Les personnes ayant participé à ces comptages sont Sébastien Pacchiardi, Armelle Renaud et Boris Daniel, personnels permanents du Parc Marin, ainsi que Pascal Rodriguez, Nicolas Flores et Justine Filipini, personnels saisonniers. Les conditions d'échantillonnage sont les suivantes :

- Les comptages s'effectuent en bateau ou à pied ;
- La totalité de la réserve est échantillonnée, d'une limite à une autre ;
- Les conditions météorologiques ne doivent pas limiter l'échantillonnage ;
- Une fiche-type a été réalisée, où est transcrit l'identité de l'échantillonneur, la date, les heures d'échantillonnage, la température de l'eau et la météorologie ;

² - Est considéré comme « visiteur aquatique » toute personne équipée au minimum d'un masque de plongée.

- Les comptages s'effectuent toutes les 2 heures, entre 8 h et 22 h ;
- Les personnes participantes aux visites guidées de surface dans la réserve de Carry-le-Rouet, organisées par le Parc Marin de la Côte Bleue, ne sont pas comptabilisées lors de l'échantillonnage, pour ne pas faire de doublons.

Deux facteurs physiques influencent fortement la fréquentation, il s'agit de la température de l'eau et des conditions météorologiques. Ces deux paramètres sont systématiquement notés. A partir de ces deux paramètres, il a été défini 5 couples météorologie/température (Tabl. 1) qui serviront à l'estimation de la fréquentation sur les jours non échantillonnés.

Tableau 1 : Description des 5 couples météorologie/température servant à l'estimation de la fréquentation sur les jours non échantillonnés. La température de 18°C correspond à une valeur seuil représentative pour la fréquentation.

Couple météo/T °C	Météorologie	Température de l'eau
1	Beau temps : soleil, mer belle et vent nul ou faible	> 18°C
2	Beau temps	< 18°C
3	Temps moyen : nuageux, mer peu agitée, vent faible à fort	> 18°C
4	Temps moyen	< 18°C
5	Mauvais temps : Pluie, vent fort, mer agitée	

3. Résultats sur la période estivale

Les nombres de visiteurs aquatiques comptés et estimés sont indiqués dans le tableau 2. Pour les mois de juillet et août 2003, la réserve de Carry-le-Rouet a été visitée par **7933 personnes** (7508 visiteurs aquatiques et 425 personnes encadrées lors des visites guidées de surface organisées par le Parc Marin, à raison de 3 séances 3 fois par semaine).

Tableau 2 : Nombre de visiteurs aquatiques comptés et estimés sur la Réserve de Carry-le-Rouet en Juillet et en Août 2003.

Année 2003	Juillet	Août	Total
Visiteurs comptés	1767	3660	5427
Visiteurs estimés	2501	5007	7508
Jours échantillonnés	30	30	60
Visiteurs aquatiques visite guidée Parc Marin	189	232	425
Total visiteurs 2003	2690	5239	7933
Rappel visiteurs 2002	1768	2120	3888

On observe une très forte augmentation du nombre de visiteurs aquatiques entre juillet/août 2002 et juillet/août 2003 (Tabl. 2 et 3), avec un doublement des visiteurs (7933 personnes vs. 3888 en 2002). Les conditions météorologiques très clémentes au cours de l'été 2003, et en particulier au mois d'août avec la canicule, ont favorisé cette tendance. En effet, la température moyenne relevée en août 2003 est de 24.4°C (contre 18.8°C en 2002) et de 19.5°C en juillet 2003 (contre 17.5°C en 2002). La répartition annuelle des visites confirme également cette tendance (coefficient multiplicateur de 1.7 entre 2002 et 2003, Tabl. 3).

Le nombre de personnes ayant participé aux visites guidées de surface organisé par le Parc Marin de la Côte Bleue est en baisse par rapport à 2002, 425 contre 465. Cette situation s'explique par l'annulation des deux dernières séances, pour des raisons météorologiques.

Tableau 3 : Comparaison du nombre de visiteurs aquatiques sur la Réserve de Carry-le-Rouet entre Juillet/Août 2002 et Juillet/Août 2003. Le coefficient multiplicateur entre les deux années est indiqué.

Nombre total de visiteurs	2002	2003	Coeff. Multiplicateur
Juillet/Août	3888	7933	2,04
Annuel	5485	9222	1,68

La répartition journalière du nombre de visiteurs aquatiques sur les mois de juillet et août (Fig. 1) montre que le pic de fréquentation se situe vers 16h, avec 25% des visiteurs comptabilisés. 66% des visiteurs sont observé l'après-midi et en début de soirée.

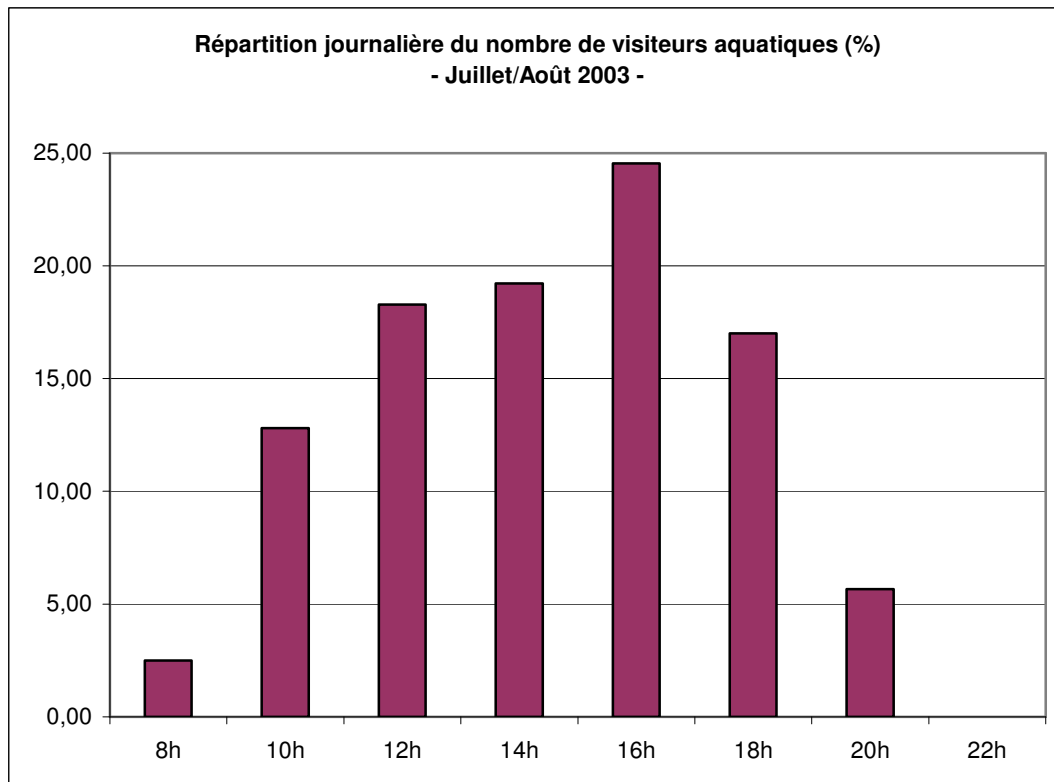


Figure 1 : Répartition journalière du nombre de visiteurs aquatiques (en pourcentage) pour les mois de juillet et août 2003 dans la réserve de Carry-le-Rouet.

4. Données annuelles complémentaires

Tout au long de l'année, au cours des missions de surveillance, le nombre de « visiteurs aquatiques » est compté (Tabl. 4). Néanmoins, ces comptages ne s'effectuent pas selon une méthodologie précise, les inventaires étant réalisés au hasard des patrouilles de surveillance. Le nombre de jours échantillonnés n'est pas indiqué. En effet, seuls les moments où des visiteurs étaient présents sont notés. Les jours de fréquentation nulle n'ont pas été reportés. Bien que ces données soient difficilement comparables, plusieurs tendances peuvent être dégagées (Tabl. 4) :

- Sur l'ensemble de l'année 2003, la fréquentation minimale est estimée à **9222** visiteurs aquatiques ;
- Le nombre total annuel de visiteurs est en nette augmentation entre 2002 (5485 personnes) et 2003 (9222 personnes), soit un coefficient multiplicateur de 1.7.
- La majorité des visiteurs aquatiques sont recensés durant les mois de juillet et août, avec 86% des visites en 2003 et 71% en 2002.
- En dehors de la période estivale, les visiteurs ont surtout fréquenté la réserve en mai et en juin en 2003, alors qu'en 2002, c'est surtout en juin, septembre et octobre.

Tableau 4 : Nombre de visiteurs aquatiques comptés sur la Réserve de Carry-le-Rouet tout au long de l'année 2003 et tendance évolutive par rapport à l'année 2002. En gras et italique : rappel des données estimées aux mois de juillet et août. - = comptages non réalisés.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
2003	-	-	38	45	383	684	2690	5239	120	13	3	3	9222
2002	40	11	60	46	66	529	1768	2120	656	158	26	5	5485

Néanmoins, ces chiffres sont à interpréter avec beaucoup de précautions, compte tenu des fluctuations du personnel du Parc Marin chargé de la surveillance d'une année sur l'autre (plages horaires couvertes variables), et surtout des conditions météorologiques changeantes. Aussi, des biais importants existent dans ces comptages de fréquentation.

Il paraît nécessaire de s'interroger sur la représentativité des données obtenues. Nous sommes conscient des limites de la méthode d'échantillonnage, par l'utilisation arbitraire des critères comme le pas de temps de 2 heures ou la classification météorologique des échantillons. Cependant cette méthode est peu contraignante, s'insérant parfaitement au dispositif de surveillance du Parc Marin et est facilement reproductible d'une année sur l'autre. Elle a en outre l'avantage d'offrir une base de données quantifiée de la fréquentation, permettant des comparaisons interannuelles.

5. Bibliographie

Daniel B., Maisonneuve de L., 2002. Fréquentation estivale des « visiteurs aquatiques » de la réserve de Carry-le-Rouet . *C.R. Trav.scient. Parc Marin Côte Bleue 2002*, 2 : 25-27.

Daniel B, Maisonneuve de L., Bachet F., 1999. Application d'un test de présence absence d'espèces cibles de poissons sensibles à certaines formes de pressions anthropiques - Programme d'évaluation de l'impact des mesures de protection de l'espace littoral. Rapport Parc Régional Marin de la Côte Bleue et de l'Agence de l'Agence de l'eau RMC, Fr. : 1-48.

Daniel B, Maisonneuve de L., Bachet F., Harmelin J.G., Geoffroy C., 2002. Evaluation de l'impact des mesures de protection de l'espace littoral par l'application d'un test de présence/absence d'espèces cibles de poissons. Réserve du Cap-Couronne et zone périphérique - Etés 2001/2002. *C.R. Trav.scient. Parc Marin Côte Bleue 2002*, 2 : 41-52.

Harmelin J.-G., 1999. Visual assessment of indicator fish species in Mediterranean marine protected areas. *Naturalista sicil.*, It., 23 : 83-104.

Harmelin J.G., Bachet F., 1992. Impact de la protection sur l'ichtyofaune de la réserve de Carry-le-Rouet (France). *Medpan News*, 3 : 21-25.

Harmelin J.G., Bachet F., 1993. Ichtyofaune des fonds rocheux de Carry-le-Rouet : impact de la protection. *Rapport Parc Régional Marin de la Côte Bleue et Conseil Régional PACA*, Fr. : 1-32.

Harmelin J.G., Bachet F., Garcia F., 1995. Mediterranean marine reserves : fish indices as tests of protection efficiency. *Marine Ecology*, 16 (3) : 230-250.

Mise en place d'un protocole de comptage de la fréquentation autour des réserves de Carry-le-Rouet et du Cap-Couronne

Eric CHARBONNEL, Boris DANIEL, Sébastien PACCHIARDI

*Parc Marin de la Côte Bleue - Syndicat Mixte - Observatoire - Plage du Rouet - 31, Av. Jean Bart.
B.P. 42 - 13620 Carry-le-Rouet. charbonnel.eric@parcmarincotebleue.fr*

1. Objectifs

Pour un gestionnaire d'espace protégé, il est nécessaire de connaître la fréquentation de son espace, en particulier lorsqu'il s'exerce un prélèvement sur les ressources par les activités de pêche. La création de zones marines protégées exerce en effet un pouvoir d'attraction des pêcheurs en périphérie, du fait de l'effet réserve constaté (augmentation du nombre d'espèces, de l'abondance et de la taille des individus, retour d'espèces nobles, équilibre démographique) et de l'essaimage attendu des ressources à l'extérieur de la réserve.

Afin de connaître les activités qui s'exercent autour des réserves de Carry-le-Rouet et du Cap Couronne, le Parc Marin de la Côte Bleue a mis en place des comptages de fréquentation qui ont débuté depuis l'automne 2003.

Le but de ces comptages est d'obtenir une estimation quantitative de la fréquentation des pêcheurs et de la pression de pêche exercée autour des réserves. Les comptages sont réalisés pendant les missions de surveillance des agents du Parc Marin. La méthodologie mise en place doit permettre de procéder à des extrapolations mensuelles et sur l'ensemble de l'année, puis à des comparaisons inter-annuelles.

2. Méthodologie

On considère comme pêcheur toute personne munie d'un engin de pêche : ligne montée avec hameçon pour les pêcheurs à la ligne du bord et embarqués ; fusil harpon ou foëne pour les chasseurs sous-marins. Les pêcheurs à pied (ramasseurs de coquillages ou d'oursins) sont également distingués. Le recensement d'autres activités ne faisant pas l'objet de prélèvement sur la ressource, comme les apnéistes (visiteurs aquatiques) et les plongeurs munis d'un scaphandre autonome est également effectué. Enfin, les bateaux au mouillage ou à la dérive sont recensés.

2.1. Les comptages

Ils s'effectuent sur le plus grand nombre de jours possibles (avec une base minimum de 10 jours par mois). Les conditions météorologiques ne doivent pas limiter les comptages, il est intéressant en effet d'avoir une vision de la fréquentation par tous temps. Les comptages s'effectuent préférentiellement lors des missions de surveillance en bateau, ou éventuellement à pied. La totalité des alentours des réserves doit être échantillonnée, à ce titre l'utilisation du bateau est la plus pratique. L'horaire des comptages est mentionné, les comptages s'effectuant dans une même période horaire. Ceci permettra de distinguer dans le traitement ultérieur des données plusieurs tranches horaires (début et fin de matinée, début et fin d'après-midi, soirée). Seuls les pêcheurs en action de pêche ou en train de préparer leur ligne sont comptabilisés.

2.2. Les zones de comptages

Un découpage du littoral marin permet de distinguer **8 zones pour Carry-le-Rouet** (Figure 1) :

Zone 1 = port et digues ;

Zone 2 = Ouest réserve ;

Zone 3 = bordure proche Ouest de la réserve (bande d'environ 50 m à partir de la limite de la réserve) ;

Zone 4 = bordure Sud proche réserve (bande de 50 m au delà des bouées du large) ;

Zone 5 = large réserve Sud-Ouest ;

Zone 6 = large réserve Sud-Est ;

Zone 7 = bordure proche Est de la réserve (bande d'environ 50 m à partir de la limite Est de la réserve) ;

Zone 8 = Est réserve, au-delà de la zone 7 jusqu'au cap avant le port et la plage du Rouet.

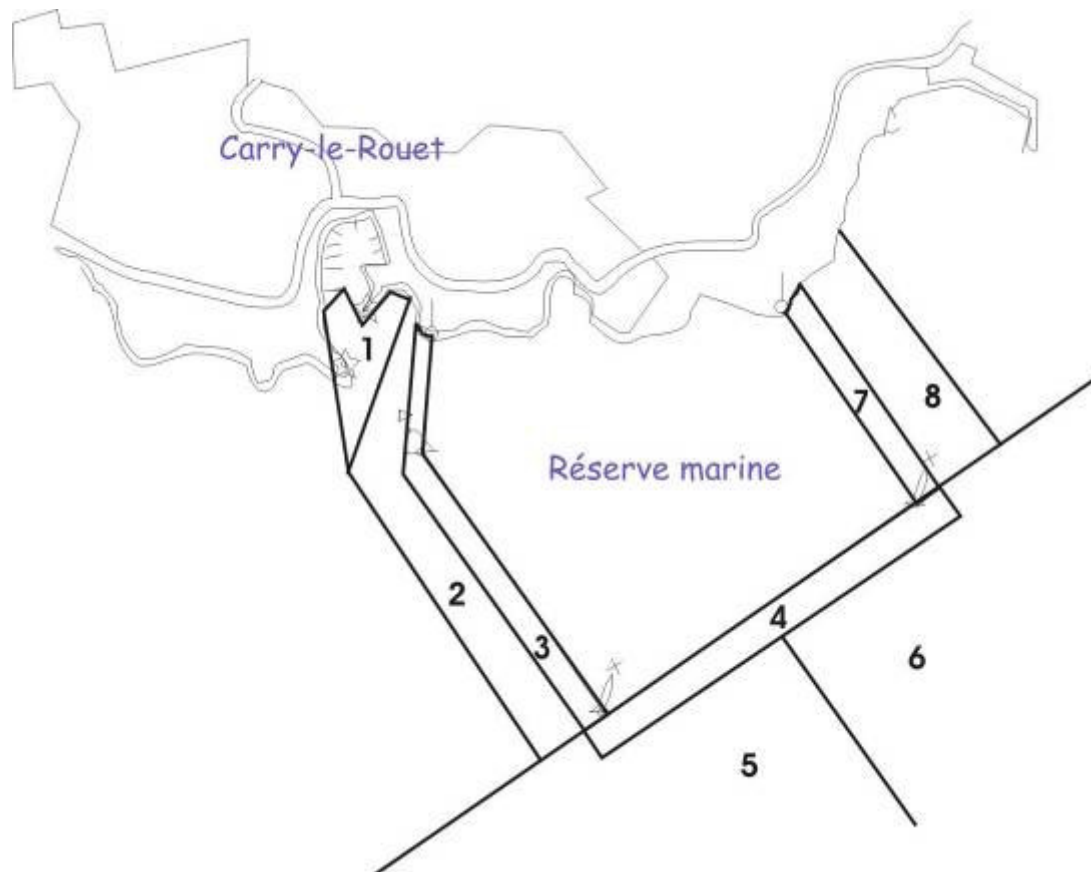
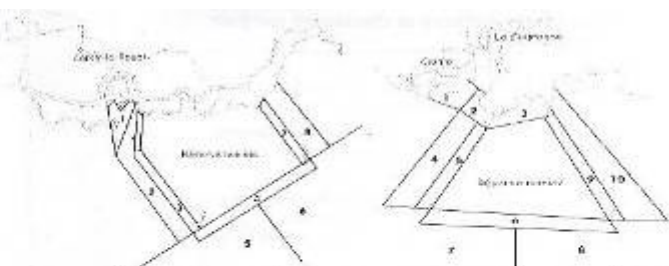


Figure 1 : Présentation des 8 zones de comptages de la fréquentation autour de la réserve de Carry-le-Rouet.

PPRO = pêcheur professionnel ;
CHA = chasseur sous-marin ;
P = pêcheur du bord ;
BP = pêcheur embarqué sur un bateau ;
Coq = ramasseur de coquillages ou d'oursins ;
Ap = Apnéiste ;
Plon = plongeur bouteille.

Comptages des pêcheurs et chasseurs par jour, autour des réserves

Précisez l'activité : A= apnéiste, C = chasseur, P = pêcheur du bord.
 BP = pêcheur embarqué sur bateau.
 Précisez la zone (cf. carte) : de 1 à 8 (Carry), de 9 à 10 (Couronne)
 Ex : colonne 1 : 2C 1P(2 chasseurs et 1 pêcheur dans la zone du port et des digues)
 Si un pêcheur possède plusieurs lignes, le préciser. Mettre le nombre total de lignes
 2P4L=2 pêcheurs avec 2 lignes chacun (=4 lignes au total)
 2PB6L (2 pêcheurs embarqués, 1 pêcheur à 3 ligne, 1 pêcheur à 2 lignes)



Nom	Date	Heure	Météo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Observations
EC	2/10	9h30	mer calme	2P x 2L 1B3P - 1BP	1P 1P2L 1Coq	4P 5P2L 1P2L + 1Coq 2CHA	1B4P	1B2P					1B4P 3B x 2P 1CHA	voir comptage de l'observateur sur fiche de comptage 1 extra 5' ou 10'
EC	2/10	10h	mer calme	5P x 2L	1B3P 1B4P	2B1P 1B2P	1B4P	1B2P 1B1P		2B x 2P 1B4P	1CHA 2P x 2L 1P2L			working Boat long 2B1P 3B2P Bungee B plume 2B 1B4P
EC	2/10	10h30	mer calme	8P			1B3P			1CHA				3 bouées (voir comptage de l'observateur)
EC	3/10	9h15	mer calme	4P - 3P2L 2CHA	1B3P 1B4P	1B2P 1B2P	1B2P	1B3P 1B2P 1B1P	2B x 2P 1B4P	1CHA 2P x 2L 1P2L				uniquement 1 pêcheur monstrueux 2B x 2P 1B4P
EC	3/10	10h	mer calme	8P	1B2P	2CHA 1B2P 1B1P		1B1P 1B2P 1B1P		1CHA				importation de la bouée (voir comptage de l'observateur)
EC	1/10	10h	mer calme			1CHA 1B2P 1B1P		1B2P					1B2P x 1P	plages adjacentes
EC	4/10	8h30	mer calme		1P 1P2L	1P 1P2L		1B2P					1B2P x 1P	peche exp A Karif 1B2P x 1P 1B2P x 1P 1B2P x 1P 1B2P x 1P 1B2P x 1P
EC	3/10	10h	mer calme	1P2L 1P2L				1B2P 1B2P 1B1P						Stationnaire
EC	5/10	9h30	mer calme	4P 1P x 2L - 1CHA				1B3P 1B1P 1B2P	2B x 2P	2CHA				Hôtel au Bois 4A ou 10'
EC	17/10	9h	mer calme	7P 2P 1P2L 1CHA	1B1P 1B2P		1B2P		1B2P		1P2L			1B2P x 1P

Figure 3 : exemple de saisie des données de la fréquentation sur la fiche de comptages.

Les informations sont toujours notées selon un ordre précis : nombre de pêcheurs, suivi du type de pêche pratiquée, suivi du nombre de ligne, en précisant le numéro de la zone. Exemple **2CHA-3** signifie 2 chasseurs dans la zone bordure Ouest de Carry. **4P-1** signifie 4 pêcheurs du bord avec une ligne chacun situés dans la zone portuaire et digues de Carry ou Carro. Si un pêcheur possède plusieurs lignes, il est précisé, par exemple **1B2P4L** : 2 pêcheurs embarqués avec 2 lignes chacun, soit un total de 4 lignes.

Enfin, s'il y a des informations importantes à préciser, elles sont annotées dans la rubrique **observations**, comme des précisions sur l'équipement de pêche, les prises (espèce, nombre, taille ou poids), l'identité du navire (cas des pêcheurs professionnels), la fréquentation sur d'autres secteurs voisins des zones considérées, la température de l'eau (estimation) et les conditions environnantes (eau trouble, forte houle, pluie, température extérieure, etc).

La valeur cumulée du nombre de pêcheurs sur la journée est également annotée sur le cahier de bord de chaque agent de surveillance, qui est muni d'une fiche de comptage « pêcheurs » et « apnéistes ». Quand une feuille est remplie au trois-quarts, elle est transmise au Parc. Chaque mois, les feuilles sont centralisées au bureau et un récapitulatif est effectué.