

Cartographie de la prairie à *Posidonia oceanica* et des principaux faciès sédimentaires marins du Parc national de Port-Cros (Var, France, Méditerranée)

**Thomas BELSHER¹, Eric HOULGATTE²,
Charles François BOUDOURESQUE³**

¹ Ifremer, Avenue Jean Monnet, BP. 171, 34203 Sète, France

² Bureau de Géologie, 12 rue Amiral Linnois, 29200 Brest, France

³ UMR 6540 Dimar, Centre d'Océanologie de Marseille, campus de Luminy, 13288 Marseille cedex 9, France

Résumé. La carte a été établie au moyen du sonar latéral, d'une caméra vidéo remorquée, de prélèvements à la benne, de plongées en scaphandre autonome et de photographies aériennes. Le peuplement le plus étendu est la prairie à *Posidonia oceanica*. Les divers faciès sédimentaires correspondant au Détritique Côtier sont également bien représentés. Bien que la prairie à *P. oceanica* semble en bon état, des traces de dégradation, sans doute attribuables à l'ancrage de navires, ont été mises en évidence dans la passe entre Port-Cros et Bagaud.

Abstract. The map was established from data obtained by side scan sonar, trawling camera, grab samples, scuba-diving observations and aerial photography. The most extensive habitat is the *Posidonia oceanica* seagrass meadow. Soft bottoms referred to as "Coastal Detrital" also cover a large part of the study area. Though most *P. oceanica* meadows appear to be in good condition, signs of degradation, possibly due to boat anchoring, were observed in the channel between Port-Cros and Bagaud islands.

INTRODUCTION

La cartographie des peuplements benthiques et des types de fond constitue un outil essentiel pour la gestion des espaces littoraux (Meinesz *et al.*, 1991 ; Pasqualini, 1997 ; Pasqualini *et al.*, 1998, 2000). Ceci est tout particulièrement vrai pour ce qui concerne (i) d'une part la prairie à *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile (Magnoliophyte, Plantae), espèce protégée en France, inscrite sur les Annexes des Conventions

de Berne et de Barcelone et habitat prioritaire de la “Directive Habitats” de l’Union Européenne, (ii) d’autre part une Aire Marine Protégée, le Parc national de Port-Cros (Bougeant, 1990 ; Pergent, 1991 ; Boudouresque *et al.*, 1994, 1996).

La carte des peuplements et des types de fond permet au gestionnaire d’organiser le zonage des usages (plongée, navigation de plaisance, ancrage, pêche amateur et professionnelle) en fonction des types d’habitats et de leur sensibilité (Arata et Lombardi, 1984 ; Politano, 1992 ; Ramos-Esplá et McNeill, 1994 ; Boudouresque, 2002 ; Boudouresque *et al.*, 2004, 2005). En cas d’invasions biologiques, par exemple l’introduction des Chlorobiontes (Plantae) *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh et *C. racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *cylindracea* (Sonder) Verlaque, Huisman *et* Boudouresque (Verlaque *et al.*, 2000 ; Meinesz *et al.*, 2001), elle permet d’identifier les habitats les plus susceptibles à la colonisation et d’y concentrer la surveillance (Belsher et Houlgatte, 2000). Enfin, la comparaison de cartes successives permet de valider, ou non, les mesures de gestion.

A Port-Cros (Var, France, Méditerranée), quelques cartes des peuplements benthiques ont été réalisées, généralement avec des techniques anciennes et un positionnement approximatif ; elles concernent principalement la prairie à *Posidonia oceanica* et les petits fonds et ne couvrent qu’une petite partie du Parc national (Molinier et Picard, 1952 ; Augier et Boudouresque, 1967, 1970a, 1970b, 1976 ; Augier et Niéri, 1988 ; Bellone et Meinesz, 1995 ; Loquès *et al.*, 1995). Bourcier (1982) a cartographié quelques faciès de Détritique Côtier et Pérès et Picard (1963) ont présenté une carte à très petite échelle de l’ensemble des fonds entourant Port-Cros. Il existe également une carte inédite des fonds marins de Port-Cros, basée sur des observations en plongée sous-marine (Philippe Tailliez et collaborateurs) et des tentatives de synthèse à très petite échelle des prairies à *Posidonia oceanica* (Blanc, 1975 ; Giraud, 1980 ; Astier et Tailliez, 1984 ; Jeudy de Grissac *et al.*, 1985 ; lehlé *et al.* 1995).

Nous présentons ici une première carte de l’ensemble de la prairie à *Posidonia oceanica* ainsi que des principaux faciès sédimentaires du Parc national de Port-Cros, à partir de données originales. Celles-ci ont été interprétées et complétées, pour partie, grâce aux éléments cartographiques existants et à des observations inédites communiquées par les scientifiques qui ont plongé dans les eaux de Port-Cros (voir carte hors texte en fin d’ouvrage).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les données originales ont été acquises en Juin 1999 lors d’une campagne du Navire Océanographique “L’Europe” (Ifremer/lcram), entre le niveau de la mer et 100 m de profondeur, au moyen d’un sonar

latéral et d'une caméra vidéo remorquée. Des plongées en scaphandre autonome et des prélèvements à la benne ont permis de compléter et de faciliter l'interprétation de ces données. Enfin, des photographies aériennes (missions IGN 1978, 1980 et 1995) ont été utilisées. Les isobathes proviennent de la carte SHOM (Service Hydrographique de la Marine Nationale).

Le sonar latéral est constitué par un émetteur ("poisson"), traîné par un bateau (vitesse moyenne : 5 nœuds), qui émet des ondes courtes (inférieures à la milliseconde). Le signal est réfléchi par le fond, en fonction de sa nature, et est restitué sous la forme d'un sonogramme (résolution de l'ordre de 0.5 m). L'interprétation des sonogrammes a été validée grâce à la caméra vidéo remorquée, aux prélèvements à la benne et aux plongées en scaphandre autonome, permettant ainsi de déterminer la morphologie et la nature du fond (Meinesz *et al.*, 1981 ; Berné *et al.*, 1986 ; Weber, 1989).

Grâce au logiciel de navigation Sodena, le parcours de la camera vidéo remorquée a été reconstitué. Comme pour le sonar latéral, les prélèvements à la benne et les plongées, le positionnement a été établi au moyen d'un GPS (Global Positioning System).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La topographie des fonds du Parc national de Port-Cros est variée. Des fonds rocheux, sableux ou grossiers (graviers et cailloux) ainsi que la prairie à *Posidonia oceanica* se répartissent en une mosaïque irrégulière mais néanmoins bien hiérarchisée, du fait d'un héritage tant géologique que biologique, dans un milieu soumis à un hydrodynamisme complexe. Compte tenu du temps imparti à la présente étude, des techniques mises en œuvre et de l'ampleur de la carte à réaliser, nous avons fait le choix de regrouper des faciès qui ne sont pas strictement en rapport avec les étages, sous-étages et horizons définis par Pérès et Picard (1964).

Les peuplements de substrat dur de l'étage infralittoral (au sens de Pérès et Picard, 1964) ont été réunis sous le nom de "roches en place et blocs de natures indifférenciées" (Fig. 1). Les méthodes utilisées ne permettent en effet pas de les différencier, contrairement à ce qui a été fait, à une autre échelle et sur des secteurs limités, par Augier et Boudouresque (1967, 1970a, 1970b, 1976). Cette démarche permet d'éviter toute confusion avec des travaux détaillés, réalisés à très grande échelle (1/1 000 à 1/2 000) par des auteurs soucieux de réaliser une description rigoureuse de l'agencement des biocénoses benthiques, ce qui dépassait les objectifs de la présente étude.

Entre le niveau de la mer et 30-33 m de profondeur, dans l'étage infralittoral, le peuplement le plus étendu est la prairie à *Posidonia ocea* -

nica (Fig. 1). La prairie est généralement dense ; ce n'est qu'en limite profonde, principalement dans la passe entre Port-Cros et Bagaud et très localement ailleurs (par exemple vers la pointe du Tuf), que la prairie se présente sous forme clairsemée. Harmelin et Laborel (1976) et Harmelin (1977) ont indiqué que la limite inférieure se situait entre 32 et 36 (38) m. Bien que la remontée de la limite inférieure de *P. oceanica* soit un phénomène général en Méditerranée nord-occidentale (Boudouresque *et al.*, 2000 ; Mayot *et al.*, 2005), il serait prématuré de conclure à un phénomène similaire à Port-Cros. En effet, les données des années 1970s et la carte actuelle ont été acquises avec des méthodes très différentes. En outre, au cours de l'acquisition des données par vidéo remorquée et plongée, en 1999, nous avons observé localement une limite inférieure à 38 m de profondeur, dans le secteur de la pointe du Vaisseau.

Dans les baies de Port-Man et de Port-Cros, les fonds que nous avons classés comme "sables et silts remaniés (sédiments perturbés par des actions anthropiques)" (Fig. 1) recouvrent en fait des mattes mortes de *P. oceanica* (Augier et Boudouresque, 1970a, 1970b ; Bellone et Meinesz, 1995), la mort de *P. oceanica* pouvant y dater de plusieurs siècles (Boudouresque *et al.*, 1980).

Dans la partie centrale de la passe entre Port-Cros et Bagaud, la prairie à *P. oceanica* est striée par de nombreuses traces que nous attribuons à l'ancrage (Fig. 1). Plusieurs auteurs ont mis en évidence, ou tenté de le faire, l'impact des ancres sur la prairie à *P. oceanica* (Boudouresque *et al.*, 1995a ; Francour *et al.*, 1997, 1999 ; Ganteaume *et al.*, 2005a), en particulier celui des navires de fort tonnage (Roy *et al.*, 1999 ; Ganteaume *et al.*, 2005b). Nous remarquons que des traces attribuables aux ancres ne sont pas visibles sur les petits fonds situés devant la côte Est de Bagaud, aussi bien dans un secteur où l'ancrage est interdit depuis 1993 que dans ceux où il est autorisé ; la pression de mouillage y est toutefois relativement faible (Ganteaume *et al.*, 2005b) et il s'agit de petits bateaux. Dans le cas de la partie centrale de la passe entre Bagaud et Port-Cros, si les traces observées sont bien dues à des ancres, il pourrait s'agir de navires de fort tonnage.

Les peuplements de substrat meuble de l'Infralittoral ont été cartographiés (Fig. 1) en fonction de leur dominante granulométrique (sable fin, moyen, graviers, cailloux, blocs) et non des biocénoses définies par Pérès et Picard (1964). Un type de substrat meuble particulier a été considéré pour les étendues sableuses incluses dans la prairie à *Posidonia oceanica* ("sables d'intermattes"). Seule la biocénose des Sables et Graviers sous l'influence des Courants de Fonds (SGCF), d'ailleurs commune à l'Infralittoral et au Circalittoral (Pérès et Picard, 1964 ; Bellan-Santini *et al.*, 1994), a été distinguée.

Dans l'étage circalittoral, qui succède vers le bas à l'Infralittoral, comme dans ce dernier étage, les méthodes utilisées ne permettent pas de distinguer les biocénoses et les faciès de substrat meuble, et c'est donc la nature du substrat qui a été cartographiée (Fig. 1). Toutefois, on peut considérer que les "sables moyens à grossiers et granules", les "sables moyens à grossiers, granules et graviers" et les "granules, graviers et cailloux" correspondent à la biocénose du Détritique Côtier (Pérès et Picard, 1964 ; Bourcier, 1982 ; Bellan-Santini *et al.*, 1994).

Une biocénose circalittorale très importante, d'un point de vue patrimonial, le coralligène (Pérès et Picard, 1964 ; Bellan-Santini *et al.*, 1994 ; Boudouresque, 2004), n'a pas pu être individualisée sur notre carte (Fig. 1). En effet, elle se développe principalement sur des parois verticales, de telle sorte que la surface couverte, en projection cartographique, est négligeable.

La Chlorobionte (Plantae) introduite *Caulerpa taxifolia* a été observée dans la baie de Port-Man et à la pointe du Tuf (côte Est de Port-Cros ; vers 34 m de profondeur). Cette espèce, originaire du Sud de l'Australie (Jousson *et al.*, 1998, 2000), constitue une menace pour le patrimoine biologique du Parc national de Port-Cros (Boudouresque *et al.*, 1995b ; Boudouresque, 1997 ; Romero, 1997 ; Meinesz *et al.*, 2001). Des campagnes d'arrachage sont donc réalisées chaque année, afin de limiter son expansion (Cottalorda *et al.*, 1996 ; Robert, 1996 ; Robert et Gravez, 1998 ; Robert, 2002). Une autre Chlorobionte introduite, *C. racemosa* var. *cylindracea*, est présente à Port-Cros (Robert, 2001). Dans les deux cas, les surfaces couvertes sont négligeables, à l'échelle de notre carte, et n'ont donc pu être représentées.

CONCLUSIONS

La carte des peuplements benthiques et faciès sédimentaires que nous présentons a été établie à partir de données originales (sonar latéral, caméra vidéo remorquée, prélèvements à la benne, plongées). Ces données ont été complétées par des photographies aériennes et par les cartes établies antérieurement, pour des secteurs particuliers ou à des échelles plus réduites.

Depuis la création du Parc national de Port-Cros, en 1963, le travail présenté ici constitue la première tentative de cartographie de l'ensemble des fonds marins de l'île. Toutefois, à l'exception de la prairie à *Posidonia oceanica* et des SGCF, cette carte ne figure pas des biocénoses, mais des faciès sédimentaires. En outre, ces faciès sédimentaires ont été identifiés au moyen de méthodes sans doute peu adéquates pour ce type de cartographie.

Néanmoins, cette carte fournit aux chercheurs qui travaillent à Port-Cros une base de travail. Elle a été mise sous système d'information

géographique (SIG) et les différentes couches d'information ont été numérisées. Ces données, ainsi que la version papier de la carte au format A0, peuvent être consultées au Parc national de Port-Cros. Il appartient maintenant aux chercheurs qui travaillent dans les eaux du Parc national de les affiner, de les compléter et de les corriger, afin d'améliorer la carte que nous présentons. Celle-ci fournit dès à présent aux gestionnaires de la partie marine du Parc national un outil de décision plus précis que ceux dont ils disposaient jusqu'à maintenant.

Remerciements

Les auteurs remercient le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) et le Parc national de Port-Cros (PNPC), qui ont co-financé cette étude, le Capitaine (Cdt P. Petipas) et l'équipage du Navire océanographique "L'Europe" (Ifremer/lcram) ainsi que les scientifiques, les techniciens et les personnels de l'Ifremer (V. Rigaud, J. Opderbecke, M. Sistiaga, S. Valestra, D. Sémac, D. Chenot, D. Clec'h, O. Dugornay, H. Goragner, E. Le Gall, M. Peleau), de Genavir (C. Prud'homme), du PNPC (P. Robert, M. Poulain), du LEML (Université de Nice), du Centre d'Océanologie de Marseille (J.G. Harmelin), du GIS Posidonie (M. Verlaque) et de la Société ACSA (H. Thomas, PDG, X. Charles, P. Lagier), qui les ont aidés lors de la campagne d'acquisition des données ou pour l'interprétation de celles-ci, grâce à leur connaissance des fonds marins de Port-Cros.

REFERENCES

- ARATA P., LOMBARDI P., 1984. - Considerazioni sulle riserve marine nel quadro della gestione della fascia costiera. *Pesca e Ambiente*, 1 (1) : 3-65.
- ASTIER J.M., TAILLIEZ P., 1984. - Pour un plan d'occupation des fonds marins : inventaire des herbiers de Posidonies du littoral du Var. *Ann. Soc. Sci. nat. Archéol. Toulon Var*, Fr., 36 (1) : 35-46.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1967. - Végétation marine de Port-Cros (Parc national). I. La baie de La Palu. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 27 : 93-124 + 1 pl. h.t.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1970a. - Végétation marine de Port-Cros (Parc national). V. La baie de Port-Man et le problème de la régression de l'herbier de posidonies. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 30 : 145-164 + 1 pl. h.t.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1970b. - Végétation marine de Port-Cros (Parc national). VI. Le récif-barrière de posidonies de la baie de Port-Cros. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 30 : 221-228 + 1 carte h.t.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1976. - Végétation marine de Port-Cros (Parc national). XIII. Documents pour la carte des peuplements benthiques. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 2 : 9-22 + 1 pl. h.t.
- AUGIER H., NIÉRI M., 1988. - Cartographie, balisage et dynamique du récif-barrière à *Posidonia oceanica* de la baie de Port-Cros (Parc national). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, Fr., 14 : 29-40 + 1 pl. h.t.
- BELLAN-SANTINI D., LACAZE J.C., POIZAT C., 1994. - *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives*. Muséum national d'Histoire naturelle publ., Paris : 1-246.
- BELLONE E., MEINESZ A., 1995. - Cartographie sous-marine du Parc national de Port-Cros (Var, France). I – Elément de cartographie de l'herbier de *Posidonia oceanica* de la baie de Port-Man. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, Fr., 16 : 123-128.

- BELSHER T., HOULGATTE E., 2000. - Etude des sédiments marins, des herbiers à phanérogames et des peuplements à *Caulerpa taxifolia* de Menton au cap d'Ail (France-Principauté de Monaco). ISBN 2-905434-87-2 ; Editions Ifremer : 1-43 +3 cartes.
- BERNÉ S., AUGUSTIN J.M., BRAUD F., CHENE G., WALKER P., 1986. - Cartographie et interprétation de la dynamique sédimentaire des plateformes continentales : amélioration de la technique d'observation par sonar latéral. *Bull. Soc. géol. France*, 2 (3) : 437-446.
- BLANC J.J., 1975. - *Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence, aménagement et protection*. Centre national pour l'exploitation des océans publ., Paris : 1-163.
- BOUDOURESQUE C.F., 1997. - Population dynamics of *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean, including the mechanisms of interspecific competition. *Séminaire international "Dynamique d'espèces marines invasives : application à l'expansion de Caulerpa taxifolia en Méditerranée"*, Lavoisier publ., Paris : 145-162.
- BOUDOURESQUE C.F., 2002. - Concilier protection et usages du milieu marin : l'expérience du Parc national de Port-Cros. *Rev. Soc. anciens élèves Ecole polytechnique, Jaune Rouge*, 575 : 31-35.
- BOUDOURESQUE C.F., 2004. - Marine biodiversity in the Mediterranean : status of species, populations and communities. *Sci. Rep. Port-Cros natl Park, Fr.*, 20 : 97-146.
- BOUDOURESQUE C.F., ARRIGHI F., FINELLI F., LEFÈVRE J.R., 1995a. - Arrachage des faisceaux de *Posidonia oceanica* par les ancrés : un protocole d'étude. *Rapp. Comm. int. Explor. sci. Médit.*, 34 : 21.
- BOUDOURESQUE C.F., CADIOU G., GUERIN B., LE DIREACH L., ROBERT P., 2004. - Is there a negative interaction between biodiversity conservation and artisanal fishing in a Marine Protected Area, the Port-Cros National Park (France, Mediterranean Sea). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.*, 20 : 147-160.
- BOUDOURESQUE C.F., CADIOU G., LE DIRÉAC'H L., 2005. - Marine protected areas : a tool for coastal areas management. *In : Strategic management of marine ecosystems*, Levner E., Linkov I., Proth J.M. eds., Springer publ., Dordrecht : 29-52
- BOUDOURESQUE C.F., CHARBONNEL E., MEINESZ A., PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., CADIOU G., BERTRANDY M.C., FORET P., RAGAZZI M., RICO-RAIMONDINO V., 2000. - A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the north-western Mediterranean Sea. *Biol. mar. Medit.*, 7 (2) : 328-331.
- BOUDOURESQUE C.F., GIRAUD G., THOMMERET J., THOMMERET Y., 1980. - First attempt at dating by ¹⁴C the undersea beds of dead *Posidonia oceanica* in the bay of Port-Man (Port-Cros, France). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.*, 6 : 239-242.
- BOUDOURESQUE C.F., GRAVEZ V., MEINESZ A., MOLENAAR H., PERGENT G., VITIELLO P., 1994. - L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : protection légale et gestion. *Actes du colloque scientifique OKEANOS*, Maison de l'Environnement de Montpellier publ. : 209-220.
- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., RIBERA M.A., BALLESTEROS E., 1995b. - Spread of the green alga *Caulerpa taxifolia* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean : possible consequences of a major ecological event. *Scientia marina*, 59 (suppl. 1) : 21-29.
- BOUDOURESQUE C.F., VAN KLAVEREN M.C., VAN KLAVEREN P., 1996. - Proposal for a list of threatened or endangered marine and brackish species (plants, invertebrates, fish, turtles and mammals) for inclusion in appendices I, II and III of the Bern Convention. *Council of Europe, Document S/TPVS96/TPVS48E, 96A* : 1-138.

- BOUGEANT P., 1990. - Un Parc en forme d'île : bilan des vingt cinq premières années de fonctionnement du Parc national de Port-Cros. *Atti del 1° Convegno internazionale "Parchi marini del Mediterraneo, Aspetti naturalistici e gestionali"*, San Teodoro, 28-30 Avril 1989, Ital. : 75-83.
- BOURCIER M., 1982. - Nouvelles localisations et délimitation fine de quelques faciès de la biocénose des fonds détritiques côtiers dans le Parc national sous-marin de Port-Cros (France, Méditerranée). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 8 : 19-23.
- COTTALORDA J.M., ROBERT P., CHARBONNEL E., DIMEET J., MENAGER V., TILLMAN M., VAUGELAS J. de, VOLTO E., 1996. - Eradication de la colonie de *Caulerpa taxifolia* découverte en 1994 dans les eaux du Parc national de Port-Cros (Var, France). *Second international workshop on Caulerpa taxifolia*, Ribera M.A., Ballesteros E., Boudouresque C.F., Gómez A., Gravez V. édit., Univ. Barcelona publ. : 149-155.
- FRANCOUR P., GANTEAUME A., POULAIN M., 1999. - Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (North-Western Mediterranean Sea). *Aquatic Conserv. : Mar. Freshw. Ecosyst.*, 9 : 391-400.
- FRANCOUR P., POULAIN M., BERNARD G., BONHOMME P., CHARBONNEL E. 1997. - *Impact des mouillages forains sur l'herbier à Posidonia oceanica dans le Parc National de Port-Cros (Méditerranée nord-occidentale, France)*. Contrat Parc national de Port-Cros et GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr. : 1-51.
- GANTEAUME A., BONHOMME P., BERNARD G., POULAIN M., BOUDOURESQUE C.F., 2005a. - Impact de l'ancrage des bateaux de plaisance sur la prairie à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros (Méditerranée nord-occidentale). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, Fr., 21 (ce volume).
- GANTEAUME A., BONHOMME P., EMERY E., HERVÉ G., BOUDOURESQUE C.F., 2005b. - Impact sur l'herbier à *Posidonia oceanica* de l'amarrage des bateaux de croisière, au large du port de Porquerolles (Provence, France, Méditerranée). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, Fr., 21 (ce volume).
- GIRAUD G., 1980. - *Synthèse cartographique des herbiers de Posidonies (Posidonia oceanica) entre Fos-sur-Mer et la rade d'Hyères*. DCAN Toulon et Université d'Aix-Marseille II : 1-43.
- HARME LIN J.G., 1977. - Evolution de l'herbier de posidonies de Port-Cros au niveau de jalons témoins. *Trav. sci. Parc natl. Port-Cros*, Fr., 3 : 210-211.
- HARME LIN J.G., LABOREL J., 1976. - Note préliminaire sur la morphologie de l'herbier profond de posidonies *Posidonia oceanica* (Linné) Delile à Port-Cros. *Trav. sci. Parc natl. Port-Cros*, Fr., 2 : 105-113.
- IEHLÉ A., WALD L., BOUDOURESQUE C.F., 1995. - Analyse et évaluation de la fiabilité de l'information dans le système d'information géographique des assemblages benthiques méditerranéens "MBA". *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, 16: 99-113.
- JEUDY de GRISSAC A., MEINESZ A., BOUDOURESQUE C.F., ASTIER J.M., BOURCIER M., LEFÈVRE J.R., 1985. - *Localisation de l'herbier de Posidonie sur le littoral P.A.C.A. Etat des connaissances*. GIS Posidonie et DRAE Paca publ. : 1-22 + 1-37 + 1-19.
- JOUSSON O., PAWLOWSKI J., ZANINETTI L., MEINESZ A., BOUDOURESQUE C.F., 1998. - Molecular evidence for the aquarium origin of the green alga *Caulerpa taxifolia* introduced to the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 172 : 275-280.
- JOUSSON O., PAWLOWSKI J., ZANINETTI L., ZECHMAN E.W., DINI F., DI GUISEPPE G., WOODFIELD R., MILLAR A., MEINESZ A., 2000. - Invasive alga reaches California. *Nature*, 408 : 157-158.

- LOQUÈS F., BELLONE E., MEINESZ A., VILLETTE M., 1995. - Cartographie sous-marine du Parc national de Port-Cros (Var, France). II – La zone protégée de la baie de La Palud. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, Fr., 16 : 129-133 + 1 carte h.t.
- MAYOT N., BOUDOURESQUE C.F., LERICHE, 2005. - Unexpected response of the seagrass *Posidonia oceanica* to a warm water episode in the North Western Mediterranean Sea. *C.R. Biologies*, 328 : 291-296.
- MEINESZ A., BELSHER T., BOUDOURESQUE C.F., LEFÈVRE J.R., 1991. - Première évaluation des potentialités du satellite SPOT pour la cartographie des peuplements benthiques superficiels de Méditerranée occidentale. *Oceanologica Acta*, 14 : 199-207.
- MEINESZ A., BELSHER T., THIBAUT T., ANTOLIC B., BEN MUSTAPHA K., BOUDOURESQUE C.F., CHIAVERINI D., CINELLI F., COTTALORDA J.M. *et al.*, 2001. - The introduced alga *Caulerpa taxifolia* continues to spread in the Mediterranean. *Biological Invasions*, 3 : 201-210.
- MEINESZ A., CUVELIER M., LAURENT R., 1981) - Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de phanérogames marines. Leurs applications sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Vie Milieu*, 31 : 27-34.
- MOLINIER R., PICARD J., 1952. - Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. océanogr.*, 27 (3) : 157-234.
- PASQUALINI V., 1997. - *Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral corse (Méditerranée, France)*. Thèse Doct. Univ. Corse, Fr. : 1-190.
- PASQUALINI V., CLABAUT P., PERGENT G., BENYOUSSE L., PERGENT-MARTINI C., 2000. - Contribution of side scan sonar to the management of Mediterranean littoral ecosystems. *Intern. J. Remote Sensing*, 21 (2) : 367-378.
- PASQUALINI V., PERGENT-MARTINI C., CLABAUT P., PERGENT G., 1998. - Mapping of *Posidonia oceanica* using aerial photographs and side scan sonar : application off the Island of Corsica (France). *Estuarine, Coastal Shelf Sci.*, 47 : 359-367.
- PÉRÈS J.M., PICARD J., 1963. - Aperçu sommaire sur les peuplements marins benthiques entourant l'île de Port-Cros. *Terre Vie, Rev. Ecol.*, 110 (4) : 436-448.
- PÉRÈS J.M., PICARD J., 1964. - Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, Fr., 31 (47) : 3-137.
- PERGENT G., 1991. - La protection légale de la Posidonie en France : un outil efficace – nécessité de son extension à d'autres pays méditerranéens. *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*, Boudouresque C.F., Avon M., Gravez V. édés., GIS Posidonie publ. : 29-33.
- POLITANO E., 1992. - Analisi critica delle metodologie per la zonizzazione dell'ambiente marino e terrestre nei parchi nazionali. Caso studio : penisola del Sinis e isola del Mal di Ventre. Parte 1a. Analisi critica di alcuni metodi per la valutazione della qualità ambientale di zone destinate a Parco Nazionale. *Parchi marini del Mediterraneo, problemi e prospettive. Atti del 2° convegno internazionale*, San Teodoro, Sardaigne, Ital. : 142-147.
- RAMOS-ESPLA A.A., McNEILL S.E., 1994. - The status of marine conservation in Spain. *Ocean Coastal Management*, 24 : 125-138.
- ROBERT P., 1996. - Recherche de l'algue *Caulerpa taxifolia* dans les eaux du Parc National de Port-Cros. *Second international workshop on Caulerpa taxifolia*, Ribera M.A., Ballesteros E., Boudouresque C.F., Gómez A., Gravez V. édés., Univ. Barcelona publ. : 99-100.

- ROBERT P., 2001. - *Mission d'éradication localisée de l'algue Caulerpa racemosa dans les eaux du Parc national de Port-Cros. Août-Septembre 2001.* Parc national de Port-Cros publ., Hyères, Fr. : 17 p. non num.
- ROBERT P., 2002. - *Mission de recherche de l'algue Caulerpa taxifolia dans les eaux du Parc National de Port-Cros.* Parc national de Port-Cros publ., Hyères, Fr. : 1-8 + 1 pl. h.t.
- ROBERT P., GRAVEZ V., 1998. - Contrôle de l'algue *Caulerpa taxifolia* dans le Parc national de Port-Cros (Var, France). *Third international workshop on Caulerpa taxifolia*, Boudouresque C.F., Gravez V., Meinesz A., Palluy F. édés., GIS Posidonie publ., Fr. : 79-87.
- ROMERO J., 1997. Conséquences de l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée. *Dynamique d'espèces marines invasives : application à l'expansion de Caulerpa taxifolia en Méditerranée*, Lavoisier publ., Paris : 241-254.
- ROY D., DIVETAIN N., BERNARD G., COQUILLARD Y., BONHOMME P., GRAVEZ V. 1999. – *Prospection de trois systèmes de mouillage en rade d'Hyères – Analyse et recommandations pour une éventuelle installation en baie de Port-Cros.* Contrat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie, Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie publ., Fr. : 1-32.
- VERLAQUE M., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., GRAVEZ M., 2000. - The *Caulerpa racemosa* complex (Caulerpales, Ulvophyceae) in the Mediterranean Sea. *Botanica Marina*, 43 : 49-68.
- WEBER, O., 1989. - Utilisation et intérêt de l'emploi du sonar latéral sur le plateau continental. *Cours intensif européen ; connaissance et gestion de la frange littorale et du proche plateau continental.* AESTM publ., Strasbourg : 333-356.

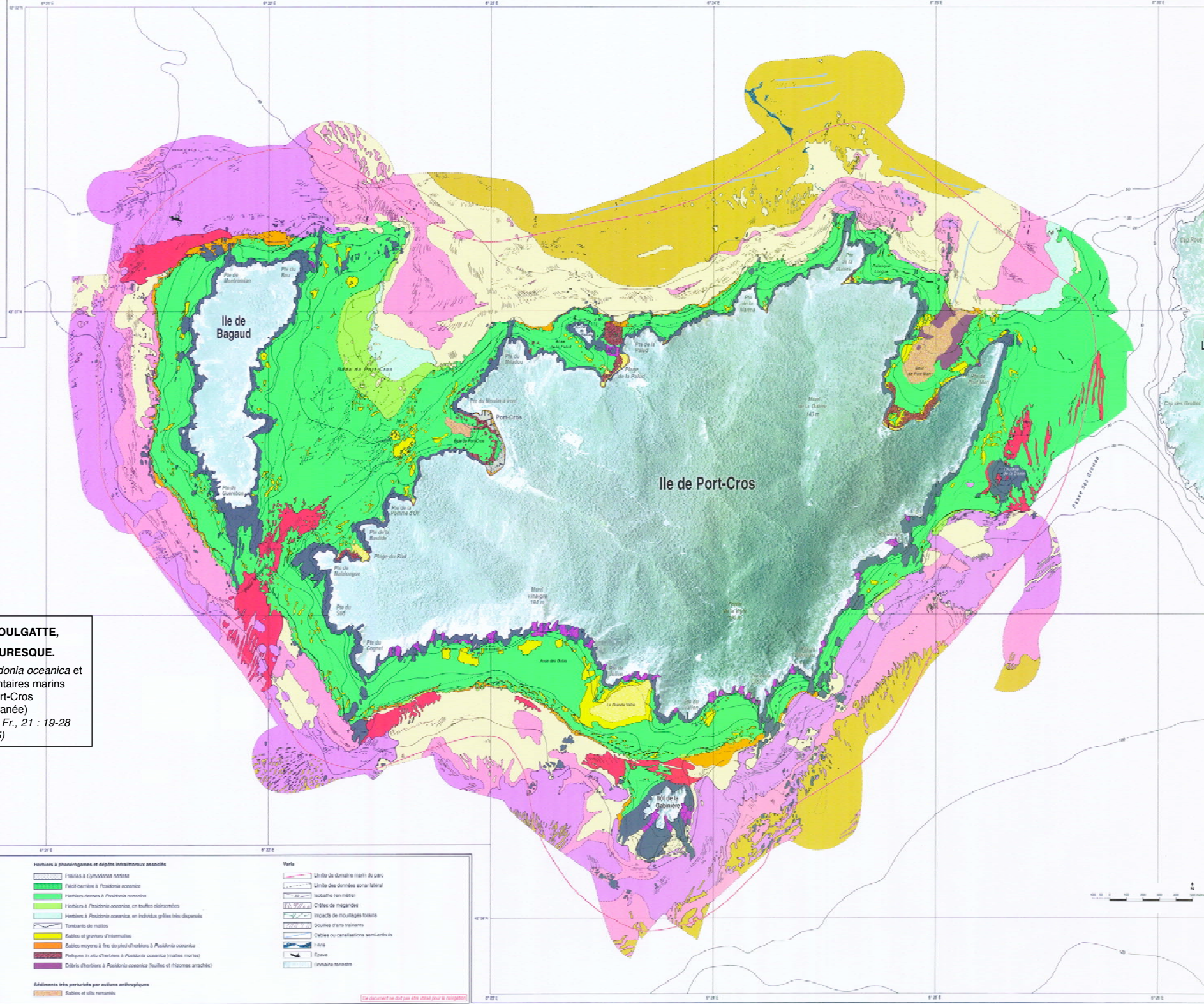
Carte de l'herbier à *Posidonia oceanica* et des principaux faciès sédimentaires marins du Parc national de Port-Cros (France)

OSF
 T. BELSHER (Itramer / Ifremer)
 et B. HOULGATTE (Muséum d'Histoire naturelle / Ifremer)

Échelle: 1/5000 (à l'échelle)
 Projection: Mercator
 Naviscale: 1/100 (à l'échelle)

Julien 2005
 Interopérateur: P. BOGÉNS (Itramer / Ifremer)

Ce document a été élaboré à la suite des campagnes:
 - CARNAGE 1999 et CARNAGE 2002 (à l'échelle 1/5000) réalisées par
 l'Ifremer et l'OSF (Muséum d'Histoire naturelle / Ifremer)
 - Et de divers compléments de données réalisées
 par le Muséum d'Histoire naturelle de Paris (Muséum d'Histoire naturelle / Ifremer)
 Les données ont été traitées par le Service National de l'Information Géographique
 (SNI) de la Direction Nationale de l'Équipement de la Mer (DNEM)
 (Campagne cartographique: 10/06/2005)



**Thomas BELSHER, Eric HOULGATTE,
 Charles François BOUDOURESQUE.**
 Cartographie de la prairie à *Posidonia oceanica* et
 des principaux faciès sédimentaires marins
 du Parc national de Port-Cros
 (Var, France, Méditerranée)
 Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr., 21 : 19-28
 + carte h.t. (2005)

- Dépôts de la France littorale**
- Sables fins et vaseux de fond de baie
 - Sables fins de plage et éboulis de plage
 - Coquilles et débris de coquilles de fond de plage
 - Coquilles en bancs de pied de falaise
- Substrat rocheux**
- Roches en place et blocs, de nature indifférenciée
- Dépôts coralliens**
- Sables moyens à grossiers et graviers
 - Sables moyens à grossiers, graviers et graviers
 - Graviers, grossiers et cailloux
 - Sables moyens à grossiers et vaseux
- Dépôts de transition, infralittoraux et circalittoraux**
- Sables et graviers sous l'influence permanente des courants de fond

- Herbiers à phanerogames et végétaux immergés associés**
- Prairies à *Cymodocea nodosa*
 - Faciès herbiers à *Posidonia oceanica*
 - Herbiers nains à *Posidonia oceanica*
 - Herbiers à *Posidonia oceanica*, en touffes étagées
 - Herbiers à *Posidonia oceanica*, en individus grilles très développés
 - Tombants de rochers
 - Sables et graviers d'herminettes
 - Sables moyens à fins de pied d'herbiers à *Posidonia oceanica*
 - Pelagiques in situ d'herbiers à *Posidonia oceanica* (feuilles mortes)
 - Détritus d'herbiers à *Posidonia oceanica* (feuilles et rhizomes arrachés)
- Établissements très perturbés par actions anthropiques**
- Sables et vases remaniés

- Vario**
- Littoral du domaine marin du parc
 - Littoral des données sonar latéral
 - Isobathe (en mètres)
 - Crêtes de récifs
 - Tronçons de rochers forés
 - Souffles d'air comprimés
 - Cables ou canalisations semi-enterrés
 - Fines
 - Epaves
 - Continents immergés

Ce document ne doit pas être utilisé pour la navigation.