

PLUS DE

30 ANS

au service de la protection
et de la gestion du milieu marin



GIS POSIDONIE

GROUPEMENT D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE POUR L'ENVIRONNEMENT MARIN,
EN PARTICULIER DES POSIDONIES

GIS POSIDONIE

PLUS DE
30 ANS
au service
de la protection
et de la gestion
du milieu marin



EDITÉ PAR :
LAURENCE LE DIRÉACH
ET CHARLES-F. BOUDOURESQUE

EAN 9782905540331
ISBN 978-2-905540-33-1

© 2013

Publié et distribué par le GIS Posidonie
Aix Marseille Université, Institut Pythéas, Campus de Luminy,
MIO, Case 901, 13288 Marseille Cedex 09, France
<http://www.gisposidonie.org>

Imprimé en France par :
Impact Imprimerie - 483 ZAC des Vautes
34980 Saint-Gely-du-Fesc

Sommaire

Le GIS Posidonie : beaucoup plus qu'une aventure humaine et scientifique Charles F. Boudouresque	7
De la naissance aux premiers pas du GIS Posidonie : témoignage de ses fondateurs Jannick Olivier et Alain Jeudy de Grissac	15
Un grec à Marseille ou l'histoire du logo du GIS Posidonie Panayotis Panayotidis	23
Le Réseau de Surveillance Posidonie, toujours copié, jamais égalé Gérard Pergent et Mary-Christine Bertrand	25
De Port-Cros à Port-Cros, en passant par Bruxelles : l'histoire d'un écosystème-miracle, l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> Charles F. Boudouresque	31
La cartographie sous-marine : des arpenteurs des mers à la révolution technologique Gérard Pergent et Denis Bonhomme	37
Du fonctionnement des écosystèmes benthiques à l'aquaculture : les oursins, une histoire pleine de piquants Catherine Fernandez	43
Impact des émissaires en mer : la fin du pouvoir 'auto-épurateur' de l'eau de mer Christine Pergent-Martini	47
Les récifs artificiels et le GIS Posidonie : de l'observation des poissons à la conception du plus grand récif de Méditerranée Eric Charbonnel	53
Du conte de "la petite sirène" à la transplantation des posidonies : une aventure parsemée de rencontres Heike Molenaar	59
La réserve de Scandola ou "retour vers le passé" Marc Verlaque	65
La recherche au service de la gestion : les moyens d'inventer Philippe Robert	69
Une lignée évolutive dans l'écologie de la protection : de la loi de mai 1930 à la DCSMM Denise Bellan-Santini et Gérard Bellan	75
Les peuplements de poissons et les espaces marins protégés Patrice Francour	79
Une idée neuve : la protection des espèces marines Charles-F. Boudouresque et Carlo Nike Bianchi	85
De la posidonie aux zostères de l'étang de Berre : un suivi au service d'une réhabilitation écologique Guillaume Bernard	93
Des réserves pour les poissons et pour les pêcheurs : suivis de la pêche artisanale autour des aires marines protégées en Méditerranée française Laurence Le Diréach	99
Environnement littoral méditerranéen : indicateurs biologiques et physico-chimiques Michel Avon	107
<i>Caulerpa taxifolia</i>, l'algue qui a soulevé le problème des espèces introduites en mer Alexandre Meinesz et Jean-Michel Cottalorda	113

La modélisation d'un écosystème lagunaire pour une meilleure gestion d'un milieu naturel particulier : la lagune de l'Ichkeul en Tunisie Frédéric Poydenot , Naceur Ben Maïz, Vincent Gravez	121
Des récifs artificiels d'un autre type : les grottes du Prince de Monaco Thierry Pérez, Pierre Chevaldonné, Christophe Lejeusne, Arthur P. Antonioli, Roland Graille, Jean-Georges Harmelin	127
Surveiller les espèces et les habitats marins : une routine qui peut rapporter gros Jean-Georges Harmelin	133
Statut, biologie et répartition de <i>Patella ferruginea</i>, mollusque protégé : les contributions de Françoise Laborel-Deguen et de Jacques Laborel Alexandre Meinesz	137
Des réserves marines méditerranéennes, des poissons et...Bruxelles Mireille Harmelin-Vivien et Laurence Le Diréach	145
Le dinoflagellé <i>Ostreopsis</i> : petite cause, grandes conséquences Aurélie Blanfuné	151
Petit poisson deviendra grand Sandrine Ruitton	157
L'exploration des canyons sous-marins et des roches profondes de Méditerranée Pierre Chevaldonné, Maïa Fourt, Adrien Goujard et Thierry Pérez	163
Panorama historique des ressources humaines du GIS Posidonie : capital social et aventures humaines Vincent Gravez et Laurence Le Diréach	169
Liste des ouvrages édités par le GIS Posidonie	175
Liste non exhaustive des personnels salariés, objecteurs de conscience et stagiaires longue durée ayant travaillé au GIS Posidonie	178

Remerciements

Nous remercions les auteurs des articles, les membres du GIS Posidonie et de son équipe permanente, les photographes, ainsi que tous ceux qui ont participé à la réalisation de cet ouvrage pour leur contribution active et la qualité des illustrations qui nous ont été fournies.

Les actions du GIS Posidonie bénéficient du soutien constant des universités d'Aix-Marseille, de Corse et de Nice-Sophia-Antipolis, qu'elles en soient ici chaleureusement remerciées. Enfin, nous tenons à remercier le Parc national de Port-Cros associé à l'évocation et à la célébration d'une collaboration poursuivie depuis plus de 30 ans pour la protection et la gestion du milieu marin.

L'édition de cet ouvrage a été rendue possible grâce aux financements apportés par le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, le Conseil Général des Bouches-du-Rhône, Toulon Provence Méditerranée et les laboratoires MIO – Institut Méditerranéen d'Océanologie et IMBE – Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale. Ce travail, réalisé dans le cadre du Labex OTMed portant la référence ANR-11-LABX-0061, a bénéficié également d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du projet Investissements d'Avenir A*MIDEX portant la référence n° ANR-11-IDEX-0001-02.



Le GIS Posidonie : beaucoup plus qu'une aventure humaine et scientifique

CHARLES F. BOUDOURESQUE

MEDITERRANEAN INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY (MIO), AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ET UNIVERSITÉ DU SUD TOULON-VAR, CNRS/INSU, IRD, UM 110,
CAMPUS UNIVERSITAIRE DE LUMINY, 13288 MARSEILLE CEDEX 9, FRANCE
charles.boudouresque@univ-amu.fr



Introduction

Le GIS Posidonie a été créé pour répondre à un objectif précis : sauver l'herbier à *Posidonia oceanica*. Depuis les années 1950s, on devinait le rôle de l'herbier. Depuis les années 1960s, on assistait à sa régression. Mais que faire ? Pour agir, il faut comprendre. Pour comprendre, il faut étudier. Pour étudier, il faut un programme de recherches cohérent, optimisé, géré. L'idée du Ministère français de l'Environnement, au début des années 1980s, a été de confier au Parc national de Port-Cros la création d'une structure souple, un 'Groupement d'Intérêt Scientifique' (GIS), susceptible de gérer ce programme de recherche.

Olivier et Jeudy de Grissac (pages 15-21, ce volume) et Boudouresque (pages 31-35, ce volume) racontent l'histoire de la création du GIS Posidonie et l'aventure de la posidonie. La 'feuille de route' fixée par le Ministère de l'Environnement était simple : rassembler tous les acteurs, les scientifiques, bien sûr, dispersés dans de multiples structures de recherche (laboratoires, universités, CNRS, CNEXO – l'ancêtre de l'IFREMER), souvent en compétition, mais aussi les gestionnaires, encore plus dispersés, et enfin, les 'amateurs', du professeur de lycée aux membres d'associations de protection de l'environnement, du bénévole au journaliste, amateurs dont le rôle est incontournable pour informer le grand public et obtenir son adhésion. On ne parlait pas encore de 'gouvernance'.

Qui aurait pu imaginer, en 1982, que le GIS Posidonie existerait encore au-delà de l'an 2000, cet horizon si lointain qu'on avait du mal à l'imaginer autrement que dans la science-fiction

('2001, Odyssée de l'espace'), pour ne pas parler de la deuxième décennie du 21^{ème} siècle ? Dans une France caractérisée par la 'stratégie de la poule', une telle longévité est étonnante. La stratégie de la poule, c'est le besoin compulsif de changer sans cesse les structures, les apparences. Quand arrive une voiture (un problème), sur une route, la poule qui est à droite éprouve le besoin impératif de passer à gauche ; celle qui est à gauche traverse vers la droite. Il ne faut pas dramatiser : il est rare qu'elles se fassent écraser. De plus, la question '*Why does the chicken cross the road*' est une source inépuisable de devinettes et de réflexions plus profondes qu'il n'y paraît. Quoi qu'il en soit, entre 1982 et 2013, le Ministère de l'Environnement a changé (au moins) 10 fois de nom, des universités ont été créées, ont changé de nom, ont fusionné, aucun des laboratoires universitaires de l'époque n'a survécu, pas plus que la plupart des structures administratives, à l'exception du Parc national de Port-Cros. Et cette convergence dans la survivance est sans doute plus qu'une coïncidence : un symbole.

Comment expliquer la longévité du GIS Posidonie ?

Plusieurs pistes se présentent, qui ne s'excluent pas. **(i)** Il répondait à un réel besoin, et ce besoin existe toujours. **(ii)** Les femmes et les hommes qui ont présidé à son destin (e.g. Conseil Scientifique et d'Administration, CSA) ont été de 'remarquables gestionnaires' (à considérer bien sûr avec humour) et des 'visionnaires' (idem). **(iii)** Les femmes et les hommes qui ont réalisé, au jour le jour, ses objectifs (chargés d'études, chargés de recherches, contractuels, bénévoles), ont été exceptionnels. **(iv)** Le GIS Posidonie a su évoluer, sans perdre ses repères ni son âme. **(v)** Il a su 'rester à sa place', celle d'une structure-outil, efficace mais discrète.

Le GIS Posidonie a répondu à un besoin qui existe toujours

C'est sans doute vrai. Entre la recherche universitaire de haut niveau ponctuée par des publications dans des revues à Impact Factor (IF) élevé, et les bureaux d'étude, chargés principalement de mettre en œuvre des routines, il existe une zone de recouvrement et d'interaction. C'est l'espace occupé par le GIS Posidonie. Et cet espace correspond, de plus, aux recommandations récurrentes des organismes de recherche nationaux (CNRS, IRD, Universités, etc.). C'est pour cela que le GIS Posidonie est officiellement associé à plusieurs grandes universités françaises (Aix-Marseille Université, Università di Corsica Pasquale Paoli, Université de Nice Sophia-Antipolis, etc.). Les gestionnaires expriment des besoins ; les scientifiques (au sens large) ont des idées, mais n'ont pas toujours le temps ni les moyens humains de les tester ; le GIS Posidonie, grâce à son équipe permanente, a souvent constitué la synthèse entre besoins, idées et validation.

Les responsables du GIS Posidonie ont été remarquables et visionnaires

Il s'agit ici des membres du CSA, le Conseil Scientifique et d'Administration. Lors de sa création, le CSA réunissait des scientifiques (au sens large) et des gestionnaires. La judiciarisation crois-

sante de la société française, sur le modèle nord-américain, et les recommandations de la Cour des Comptes, ont conduit les gestionnaires à se désengager progressivement, ce qui est regrettable sur le plan intellectuel, mais logique et compréhensible. Quoi qu'il en soit, le CSA, en réunissant autour de projets communs des scientifiques issus de laboratoires très divers, a permis de dépasser les antagonismes et les rivalités. Aussi loin que je me souviens, les réunions du CSA et les Assemblées Générales (AG) ont été des moments de consensus et de convivialité. Des idées y ont émergé ; étaient-elles 'visionnaires' ? Probablement pas (même s'il est trop tôt pour en juger) ; ces idées étaient simplement 'dans l'air du temps' ; l'originalité consistait à les exprimer clairement, puis à les mettre en œuvre concrètement.

Le GIS Posidonie a bénéficié de la collaboration de femmes et d'hommes exceptionnels.

C'est certainement vrai. La commémoration des 30 ans du GIS Posidonie est l'occasion de leur rendre hommage. La liste de tous ceux qui, pour un stage, un contrat de courte durée ou une collaboration de longue durée, ont accompagné le GIS Posidonie, est impressionnante (voir Annexe p. 179). Ceux qui sont partis occupent aujourd'hui des postes de responsabilité, parfois prestigieux, dans des organismes en charge de la gestion de l'environnement et dans des institutions de recherche, en France et à l'étranger. Si le GIS Posidonie les a aidés à réaliser leur projet, il peut en retirer une légitime fierté. Il est difficile de citer ici tous ceux qui ont joué un rôle majeur dans l'aventure du GIS Posidonie, mais il est impossible de ne pas mentionner Delphine Willsie et Alain Jeudy de Grissac (organisation du workshop fondateur sur *Posidonia oceanica* de 1983, puis publication des Actes), Vincent Gravez (le moteur du GIS Posidonie pendant 15 ans), Eric Charbonnel, Patrice Francour et, pour l'époque actuelle, Laurence Le Diréach et l'équipe permanente, Genny Astier, Patrick Astruch, Denis Bonhomme, Patrick Bonhomme, Maia Fourt, Adrien Goujard et Elodie Rouanet.

Les thématiques du GIS Posidonie ont évolué

Le peuplement éponyme et fondateur, l'herbier à *Posidonia oceanica*, a parfois été minoritaire par rapport aux questions abordées. Le GIS Posidonie a joué un rôle important, en particulier, dans **(i)** des programmes consacrés à la sauvegarde du phoque moine *Monachus monachus* (une espèce en danger critique d'extinction), **(ii)** dans la protection d'un certain nombre d'espèces (en France, puis en Europe), **(iii)** dans les réseaux de surveillance de la qualité du milieu marin (basés en particulier sur un indicateur biologique, la posidonie), **(iv)** dans l'étude et la gestion des invasions biologiques (en particulier *Caulerpa taxifolia* et *C. cylindracea*), **(v)** dans la compréhension de l'effet-réserve (effet des Aires Marines Protégées, AMPs) et **(vi)** dans l'étude de la pêche artisanale (une forme de pêche dont le rôle écologique et social est majeur en Méditerranée, mais qui est souvent négligée en Europe, par rapport à la pêche hauturière et/ou industrielle). Cette évolution des thématiques épouse l'émergence successive de problèmes de gestion. Le CSA a fait preuve d'une grande sagesse, d'un certain côté 'anglo-saxonne', en conservant le nom de 'GIS Posidonie'. L'une des qualités des anglo-saxons (qui ont peut-être aussi quelques défauts) est en effet de savoir conserver, parfois pendant des

siècles, des noms emblématiques qui, en France, auraient été changés 20 fois dans le même laps de temps ; c'est le cas par exemple du PhD (*Philosophiae Doctor*, docteur en philosophie), doctorat qui, depuis très longtemps, n'a plus rien à voir avec la seule philosophie.

Le GIS Posidonie a su 'rester à sa place'

Le GIS Posidonie n'est ni un laboratoire universitaire, cherchant une reconnaissance nationale et internationale, ni une administration, en quête de légitimité. Sa place est celle d'une structure-outil, au service de la recherche et des administrations. Là aussi, le CSA a fait preuve de sagesse, en veillant toujours à maintenir le GIS Posidonie à la place qui est la sienne. Pour l'équipe permanente du GIS Posidonie, il peut être frustrant de rester généralement dans l'ombre, et de laisser la lumière, la 'gloire' aux universitaires et aux administrations. Mais c'est à la fois la règle du jeu et le passeport pour la longévité exceptionnelle mentionnée plus haut : il n'y a jamais eu de compétition entre le GIS Posidonie, les institutions universitaires et les structures administratives. Ceci étant dit, pour ceux qui cherchent à tracer le rôle du GIS Posidonie dans l'avancement des idées, il est possible de trouver son logo, souvent discrètement repoussé en deuxième page ; il est possible de trouver son nom parmi les co-auteurs de centaines de publications et de documents ; il est possible de trouver son nom sur la couverture de la vingtaine d'ouvrages qu'il a publiés en qualité d'éditeur ('GIS Posidonie publisher' voir p. 175).

'Et si tu n'existais pas ?'

Et si le GIS Posidonie n'avait pas existé, ou n'existait plus ? L'avancement de la science serait-il aujourd'hui différent, dans les thématiques dans lesquelles il a été impliqué ? La protection et la gestion des milieux naturels méditerranéens auraient-elles pris des directions différentes, peut-être moins efficaces, mais peut-être éventuellement meilleures ? Il est évidemment difficile, sinon impossible, de répondre à cette question (mais voir plus bas !).

Il s'agit d'une question générale concernant la Science. Si Charles Darwin n'avait pas formalisé en 1859 ses idées sur l'évolution, en serions-nous restés au créationnisme ? Bien sûr que non ! L'idée de l'évolution constituait un concept en marche depuis longtemps. D'autres que Charles Darwin l'auraient portée, éventuellement un peu plus tard et avec des nuances. Par exemple Alfred Russel Wallace. Si James Watson et Francis Crick n'avaient pas publié en 1953 la structure en double hélice de l'ADN, serait-elle restée inconnue ? Bien sûr que non ! De même, bien qu'infiniment plus modestes que les découvertes mentionnées ci-dessus, la plupart des avancées que l'on peut mettre en relation avec le GIS Posidonie auraient certainement existé. Mais est-ce bien sûr ? Examinons en détail l'une de ces avancées.

La protection légale de *Posidonia oceanica* en France (Arrêté du 19 Juillet 1988), constitue un évènement majeur, fondateur, pour la protection et la gestion de la Méditerranée. Désormais, il est interdit de la détruire, de la transporter (...), de l'utiliser, vivante ou morte, en totalité ou en partie. Tout d'abord, il convient de noter que, sur le plan de la communication, c'est un coup de maître, car l'espèce est 'visible', aisément reconnaissable, présente le long de toutes les

côtes méditerranéennes et facile à populariser auprès du grand public. Ensuite, c'est 'l'effet parapluie' car, en protégeant la posidonie, on protège les immenses zones marines où elle vit et les milliers d'espèces qui fréquentent les herbiers, espèces affublées de noms latins rébarbatifs, parfois reconnaissables par les seuls spécialistes et peu susceptibles d'émouvoir le grand public. Enfin, c'est 'l'effet boule de neige' : la posidonie a été reprise dans la 'Directive Habitats' de 1992 de l'Union Européenne (UE) et va ainsi constituer l'un des principaux éléments servant à déterminer les 'zones Natura 2000', dans tous les pays méditerranéens de l'UE. La posidonie a été également insérée dans les annexes des Conventions de Berne et de Barcelone (1996) et dans le Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM, UNEP).

Il serait tout à fait incorrect d'attribuer le mérite de la protection de *Posidonia oceanica* au seul GIS Posidonie. Quand un Ministre signe un arrêté de protection (s'agissant du milieu marin, il y en a en fait deux : celui de l'environnement et celui de la mer), il y a des membres de son cabinet (conseillers) qui ont glissé l'arrêté dans son parapheur, il y a de nombreux gestionnaires qui ont convaincu les conseillers de la nécessité de cet arrêté, il y a enfin toute la communauté scientifique qui, pendant des années, a démontré aux gestionnaires l'utilité de la protection, tout en en popularisant l'idée, c'est-à-dire en la rendant socialement acceptable. L'arrêté de protection est donc le sommet d'une immense pyramide. Le mérite n'en revient certes pas au seul GIS Posidonie, mais le GIS Posidonie a d'autant plus joué un rôle significatif qu'il réunissait deux niveaux, celui des scientifiques et celui des gestionnaires, tout en contribuant à rendre la protection non seulement socialement acceptable mais aussi revendiquée par la Société.

On peut penser que, avec ou sans le GIS Posidonie, avec ou sans les gestionnaires et la communauté scientifique des années 1980s, l'importance des herbiers de posidonie et des services écosystémiques qu'ils génèrent auraient tôt ou tard abouti à leur protection. Leur protection, certainement. Mais sous quelle forme ? Il existe de nombreuses formes de protection, au niveau juridique. Le fait de doter la posidonie d'un statut de protection très fort, le même que celui qui est affecté à une espèce en danger critique de disparition, comme le phoque moine *Monachus monachus*, ou à des espèces en danger de disparition, comme certaines espèces de mammifères marins, n'allait pas de soi. Les herbiers de posidonie étaient certes en régression, cette régression avait de graves conséquences, en particulier au vu des services écosystémiques qu'ils fournissent, mais la menace n'était pas de même nature que celle qui plane sur l'avenir du phoque moine. Le choix d'un statut de protection très fort n'allait donc pas de soi. Ce choix a été rendu possible grâce à une extraordinaire dynamique, à une sorte de lame de fond. Si la protection de la posidonie était intervenue plus tard (années 2000 par exemple), le statut de protection aurait été plus souple, plus flou et donc inefficace, comme tant d'autres statuts de protection. L'effet parapluie, puis l'effet boule de neige n'auraient pas existé.

L'histoire, l'évolution, sont-elles déterministes ou contingentes ? Cela fait l'objet de vastes débats. Le déterminisme signifie qu'un événement **doit** se produire, dans un contexte donné, tôt ou tard. La contingence signifie qu'il **peut** se produire ou ne pas se produire, qu'il y a une part de hasard. Dans le cas de la posidonie, on peut considérer que sa protection était **déterministe**, mais que le statut fort de protection dont elle a bénéficié, avec ses conséquences en cascade, était **contingent**. La protection des milieux naturels de Méditerranée, telle qu'elle est mise en œuvre en ce début de 21^{ème} siècle, est donc sous l'influence des choix qui ont été faits par des femmes et des hommes des années 1980s, en particulier au sein ou autour du GIS Posidonie.

Des séquences similaires à celle qui concerne la protection de *Posidonia oceanica* peuvent être retracées : protection d'autres espèces (voir Boudouresque et Bianchi, pages 85-91, ce volume), invasions biologiques, etc. Elles font l'objet d'un certain nombre d'articles du présent volume.

Conclusions

La posidonie *Posidonia oceanica* fait aujourd'hui l'objet de plusieurs centaines de publications par an. Des dizaines de laboratoires, plus d'une centaine de chercheurs, s'y consacrent. Malgré cet effort considérable, qui traduit bien l'importance qui lui est reconnue, la posidonie garde beaucoup de mystère. Il est probable que la plupart des jeunes chercheurs qui travaillent aujourd'hui sur la posidonie, en Méditerranée et en Europe du Nord, n'aient jamais entendu parler du GIS Posidonie. C'est compréhensible. Les travaux antérieurs à 'l'ère pdf' ont du mal à exister, surtout quand ils ne sont pas écrits en anglais. Du reste, comme indiqué plus haut, la vocation du GIS Posidonie n'est pas, et n'a jamais été, de constituer une structure de recherche. Il en va de même de toutes les thématiques abordées, pendant trois décennies, par le GIS Posidonie, soit au travers des chercheurs et des gestionnaires qui en sont membres, soit grâce à son équipe permanente.

Pour tous ceux qui ont participé à l'aventure du GIS Posidonie, pour quelques mois, quelques années ou plus d'une décennie, que ce soit en qualité de scientifiques, de gestionnaires ou de salariés, peu importe la reconnaissance officielle. Cette reconnaissance a d'ailleurs eu lieu, paradoxalement non pas en France, mais en Italie. Les acteurs 'historiques' sont aujourd'hui dispersés dans le monde, ils appartiennent à de multiples structures scientifiques et administratives, mais ils gardent le souvenir ému de cet engagement fort et efficace, d'une aventure humaine et scientifique.

Je me souviens en particulier de l'agitation frénétique, dans les semaines précédant les congrès scientifiques organisés par le GIS Posidonie (voir Olivier et Jeudy de Grissac, ce volume, pages 15-21). Je me souviens du désarroi de l'équipe permanente (les salariés) face à des attaques 'à la kalachnikov', dont l'origine est ici hors-sujet, lors des programmes sur *Caulerpa taxifolia* et les invasions biologiques. Je me souviens de la fierté de tous et j'entends encore le bruit caractéristique du bouchon de champagne, lorsque l'arrêté sur la protection d'une dizaine d'espèces méditerranéennes a été publié au journal officiel.

À côté des 'success stories', il y a eu également des échecs. Celui qui me marque le plus est en relation avec les invasions biologiques. Après deux programmes européens et de multiples programmes nationaux gérés par le GIS Posidonie, programmes qui démontraient le risque d'une part, la faiblesse dramatique de la législation française en matière d'espèces exotiques d'autre part, il est triste de constater que rien n'a évolué au cours des deux dernières décennies. La France était et reste l'un des pays les plus arriérés au monde en matière de prévention des introductions d'espèces. Sa législation n'est même pas au niveau de celle du Zimbabwe. Les ministres successifs en ont été conscients, mais le lobby des animaleries et des jardinerias a été le plus fort, alors même que leur poids économique n'est pas démontré. Comment expliquer cette surprenante complaisance ? Oui, je suis en colère.

Mais je préfère terminer sur les succès. Ils sont nombreux, même quand le GIS Posidonie, ses membres et ses salariés n'y ont été que des acteurs parmi d'autres. Ma conviction est que ce rôle a été plus important que ce qu'il paraît, au vu de la littérature scientifique et des documents officiels.

Au fond, le plus grand succès du GIS Posidonie n'est-il pas que ses partenaires se soient appropriés ses idées, ses méthodes et ses succès ?

Charles-F. Boudouresque





De la naissance aux premiers pas du GIS Posidonie : témoignage de ses fondateurs

JANNICK OLIVIER¹ ET ALAIN JEUDY DE GRISSAC²

¹ATTACHÉE SCIENTIFIQUE DU PARC NATIONAL DE PORT-CROS DE 1976 À 1998
jl.olivier@club-internet.fr

²UICN C/MARIE CURIE 22, PTA CAMPANILLAS, 29590 MALAGA
alain.jeudy@iucn.org



'Nous vous parlons d'un temps que les moins de vingt ans ne peuvent pas connaître' : les années 1980s. La France vivait alors de grands changements, changement politique avec l'arrivée du premier gouvernement de gauche de la V^{ème} République, changements technologiques avec le lancement du Train à Grande Vitesse (TGV), mais aussi scientifiques : découverte du virus du SIDA, naissance d'Amandine : 1^{er} bébé – éprouvette français.

Pendant ce temps, dans le Var, d'autres chercheurs, réunis autour des gestionnaires du Parc national de Port-Cros, s'interrogeaient sur le devenir du vaste herbier de posidonie qui ceinture l'île et occupe une grande partie des rades d'Hyères et de Giens. Prendre des mesures adaptées à la sauvegarde d'un écosystème quel qu'il soit, suppose de bien le connaître, mais aussi d'être capable d'évaluer les impacts des activités humaines sur son existence.

Depuis sa création en 1963, le Parc national avait amassé un certain nombre de données sur l'herbier, mais elles étaient insuffisantes pour comprendre la totalité de son fonctionnement. Quant aux effets de la pêche, du mouillage, de la plaisance, aucune étude ne leur avait été consacrés. Le Comité Scientifique de Port-Cros présidé alors par le Professeur Roger Molinier, attirait régulièrement l'attention de la Direction du Parc, sur les signes de régression de l'herbier que ses membres constataient au cours de leurs plongées. Certes, ces régressions, Molinier et Picard dans un travail fondamental sur les herbiers de posidonie, les avaient abordées dès 1952.

Molinier et Picard puis, quelques années plus tard Augier et Boudouresque, avaient décrit aussi, dans des secteurs où le faible dynamisme provoquait davantage de sédimentation, la constitution de 'récifs-barrières' de posidonie affleurant à la surface de l'eau. C'était le cas dans le fond de l'anse de Port-Cros. Dès 1975, Boudouresque et ses collaborateurs notaient

la régression du récif-barrière de Port-Cros. Quelle pouvait être la cause de ces régressions ? C'est la question que le Parc national posa à son Comité scientifique. Certains membres avancèrent une origine naturelle. Face à des conditions hydrologiques et climatologiques changeantes en Méditerranée occidentale, cette plante millénaire avait pu se désadapter. La rareté de sa floraison comme celle de sa fructification, l'épuisement de ses mattes attestaient sans aucun doute du vieillissement des individus. Pour la grande majorité des scientifiques du Comité, ces régressions étaient plutôt le résultat de perturbations humaines agissant en synergie. Cette hypothèse restait toutefois à vérifier. Mais comment s'y prendre, lorsqu'on ne dispose pas de suffisamment de données sur le fonctionnement naturel de l'herbier, sa dynamique, ses peuplements ? L'enjeu était pourtant de taille, d'autant plus qu'on commençait à entrevoir la forte valeur de cet écosystème marin, pôle probable de biodiversité.

Se lancer dans l'étude de l'herbier de posidonie allait requérir des moyens humains importants - de nombreux scientifiques de disciplines diverses capables de travailler ensemble et de croiser leurs données -, des moyens financiers adéquats et du temps, beaucoup de temps. Or, en tant que gestionnaire, le Parc national de Port-Cros avait besoin de réponses concrètes et rapides pour mener une politique de protection de l'herbier qui soit exemplaire. Il fallait donc apprendre à concilier recherche fondamentale et recherche appliquée et trouver les financements correspondants. Le budget alloué annuellement par le Parc national aux activités scientifiques, ne constituerait jamais qu'un apport limité, d'autant que son patrimoine naturel ne se limite pas au domaine marin. Pendant ce temps, à Paris, le Ministère de l'Environnement et la Mission Interministérielle de la Mer étaient régulièrement assaillis de demandes d'études sur la posidonie, émanant tant de laboratoires que de bureaux d'études ou d'associations écologistes.

Face à une pression constante, le Ministère de l'Environnement décida de n'avoir qu'un seul et même interlocuteur sur cette 'thématique herbier'. La Mission Interministérielle de la Mer en décida également. Ensemble, ils se tournèrent vers le Parc national de Port-Cros. Véritable laboratoire en grandeur nature, le Parc avait démarré quelques années plus tôt, une politique scientifique. Une Attachée scientifique avait été nommée pour sa mise en place et pour assurer les relations avec le Comité Scientifique. Les premiers tomes des 'Travaux Scientifiques du Parc national de Port-Cros' recensant les recherches effectuées sur l'île, étaient régulièrement publiés. Des contrats d'étude avaient été institués avec chaque chercheur ou laboratoire bénéficiant d'un financement du parc, obligation leur étant faite en retour, de publier leurs travaux en priorité dans la revue scientifique du Parc. Enfin, la Direction du Parc travaillait en parfaite osmose avec son Comité Scientifique lequel regroupait la majorité des laboratoires et organismes intervenant en milieu marin méditerranéen. Le Parc national présentant toutes les références nécessaires pour être la cheville ouvrière souhaitée, scientifiques, gestionnaires du Parc national, Ministère de l'Environnement et mission Interministérielle de la Mer décidèrent la création d'un « Groupement d'intérêt scientifique » (GIS) sur le thème de la posidonie. Ils confièrent alors cette mission, à une équipe de quatre personnes composée de :

- Roger Molinier, Président du Comité scientifique du Parc national de Port-Cros,
- Alain Jeudy de Grissac, sédimentologue marin et membre de ce Comité,
- Patrice Lardeau, Chargé des relations extérieures du CNEXO et membre de ce Comité,
- Jannick Olivier, Attachée Scientifique du Parc national de Port-Cros.



Fig. 1. Patrice Lardeau (à gauche) durant la mission COMETES en 1975.

L'équipe chercha dans un premier temps à définir la forme juridique de la future structure. L'acronyme GIS existait déjà en France, le CNRS l'avait initié pour regrouper ses laboratoires sur des thématiques communes afin de mutualiser les moyens et de faire avancer plus rapidement la recherche. Le GIS Posidonie devait-il être un 'GIS CNRS' ? C'est la question que se posa le groupe des quatre. Si l'exemple leur plut, en revanche son élaboration se révéla rapidement fort laborieuse. Considérant alors que la structure GIS n'était pas une 'marque déposée' par le CNRS, le groupe décida de s'en affranchir. Le futur GIS ne devait être ni un laboratoire de recherche ni un bureau d'étude, mais une interface entre le monde des chercheurs et le monde des utilisateurs. Pour concilier facilement recherche fondamentale et recherche appliquée, le modèle qui parut le plus

adapté par sa souplesse de fonctionnement et sa rapidité de mise en œuvre, fut celui d'une « Association Loi 1901 ». Ce modèle fut donc retenu.

Alain Jeudy de Grissac et Jannick Olivier furent chargés ensuite d'étudier de plus près les spécificités d'une telle structure. Ils se retrouvèrent donc entre Marseille et Hyères, d'où ils provenaient respectivement, pour entamer une rédaction du projet d'association. C'est ainsi, que sur une table d'un petit bistrot de Sanary, dans l'enthousiasme de leurs trente ans, un bloc-note dans une main et le 'Dallos' dans l'autre, ils élaborèrent, article par article, les statuts du futur GIS Posidonie. Cette écriture se déroula dans une atmosphère à la fois studieuse - il fallait terminer l'exercice avant la fin de l'après-midi - et détendue. Plus d'une fois, des éclats de rire vinrent ponctuer leurs réflexions. Après un sandwich avalé à la hâte, chacun repartit dans sa direction. De retour au siège du Parc, le document fut mis en forme puis faxé aux deux autres membres du groupe qui l'approuvèrent aussitôt. Il ne restait plus qu'à apposer, au bas du document, la signature de chacun des quatre membres fondateurs. De nouvelles allées et venues eurent lieu à cet effet entre les Bouches-du-Rhône et le Var. Une fois ces formalités accomplies, Jannick et Alain se retrouvèrent à nouveau, mais à Toulon cette fois, au siège de la Préfecture du Var pour faire enregistrer le document. C'était le 29 mars 1982. Quelle ne fut leur surprise - et aussi leur déception - de constater la célérité avec laquelle ce document fut enregistré au 'Bureau des Associations' : une poignée de secondes ! En échange, on leur remit un petit bordereau. Le GIS Posidonie était né ! Dans une sorte de mouvement d'humour, celui-ci parut au Journal Officiel le...1^{er} avril 1982 !

A ce 'GIS de papier', il fallait maintenant donner corps et vie. Le groupe des quatre convoqua alors une 'Assemblée Générale Constitutive'. Forte déjà de 25 adhérents, elle examina un à un les statuts existants et en proposa quelques améliorations pertinentes. Ainsi, par crainte que le nom de la structure 'GIS Posidonie' ne limitât son action qu'à l'espèce végétale, l'intitulé fut modifié en 'GIS sur la posidonie et les herbiers qu'elle constitue'. De même, les conditions d'adhésion furent remaniées : désormais pour être membre du GIS Posidonie, il fallait 'effectuer, avoir effectué, diriger ou avoir dirigé, financer ou avoir financé des études sur la posidonie et les herbiers qu'elle constitue'. Enfin l'article relatif à ses 'moyens d'action' fut élargi pour y inclure des cours, des conférences, des colloques°.

Puis, aux 2/3 des voix des présents - comme l'exige le règlement - 'l'Assemblée Générale Constitutive' se transforma en 'Assemblée Générale Extraordinaire'. Celle-ci lança un appel à candidatures pour constituer le 'Conseil d'Administration du GIS Posidonie'. Outre les quatre membres fondateurs qui étaient candidats à ce titre et de droit, le premier Conseil d'Administration du GIS se composa donc de : Charles-François Boudouresque, André Guerin (Mission Interministérielle pour la Protection et l'Aménagement de l'Espace naturel méditerranéen), Mireille Harmelin-Vivien, Philippe Tailliez, André Manche (Directeur du Parc national de Port-Cros) et Alexandre Meinesz.

Dans la foulée, le Conseil d'Administration du GIS Posidonie désigna un Bureau :

- le Président : Charles-François Boudouresque,
- la Secrétaire : Jannick Olivier,
- le Trésorier : Alain Jeudy de Grissac.

Ce Bureau se mit aussitôt à l'œuvre pour présenter, au Conseil d'Administration réuni deux mois après, un logo et une politique d'information. Le logo du GIS (sous forme d'une vague) fut adopté.



On passa ensuite aux propositions destinées à faire connaître le Groupement, à savoir des dépliants d'information rédigés par le Bureau ainsi qu'un 'Cahier sur l'herbier' en cours de rédaction par Charles-François Boudouresque et Alexandre Meinesz et financé par le Parc national de Port-Cros et le Parc naturel régional de Corse. Le Président lança aussi l'idée d'un « colloque sur la posidonie » qui rassemblerait 60 à 100 personnes. Les administrateurs virent

° Les statuts du GIS Posidonie ont été vus en 1985 pour déplacer le siège à Marseille, puis en 1993 pour mieux embrasser sa diversité thématique : 'GIS pour l'environnement marin, en particulier des posidonies' et mentionner son ancrage dans l'Université.

là un excellent moyen de faire connaître la nouvelle structure tant au niveau régional que national, à condition que l'événement soit bien relayé par les médias et les 'actes' du colloque publiés rapidement. Ces considérations furent actées et on arrêta les dates du 12 au 15 octobre 1983 pour cette manifestation. Il ne restait plus désormais qu'à trouver le lieu. Il devait être de qualité, situé sur les rivages de la Méditerranée française et.... peu onéreux.

Le Parc national de Port-Cros proposa que cette manifestation se tint, non pas sur l'île de Port-Cros où les capacités d'accueil sont limitées, mais sur l'île de Porquerolles. Le Parc y assurait déjà la gestion du domaine privé de L'Etat (soit la plus grande partie de l'île) et le siège du GIS Posidonie avait été fixé statutairement au 'Hameau agricole de Porquerolles' tout comme le Service Scientifique du Parc et sa filiale, le 'Conservatoire Botanique National méditerranéen de Porquerolles'. En outre, l'année 1983 correspondait au 20^{ème} anniversaire du Parc national de Port-Cros. Marquer cette étape par un colloque portant sur la caractéristique marine principale du parc, la posidonie, ne pouvait être qu'une excellente initiative. Le site de Porquerolles fut donc retenu pour le séminaire. Le Conseil d'Administration chargea alors le Bureau, de l'organisation de cette manifestation.

Sur l'île de Porquerolles, le 'Centre de Perfectionnement des Gendarmes Auxiliaires' (CPGA aujourd'hui IGESA), disposait d'une superficie intéressante pour accueillir un tel événement : un mess, une grande salle, plusieurs salles de travail et quelques possibilités d'hébergement. Jannick prit l'attache des Autorités militaires pour disposer du site aux dates convenues, puis elle se tourna vers les hôteliers et les loueurs privés pour s'assurer des capacités d'hébergement possibles en cette période de l'année, enfin elle se rapprocha des compagnies de navigation afin d'obtenir un forfait pour le transfert aller-retour de l'ensemble des participants. Face à l'ampleur d'une telle organisation, la fièvre gagna chaque membre du Bureau. Elle alla grandissant, au fur et à mesure que s'élevait le nombre de participants annoncés. Les prévisions de départ (60 à 100 personnes) furent rapidement dépassées. Deux mois après, on relevait déjà 160 inscrits (92 français et 76 étrangers). Le laboratoire de Charles-François Boudouresque était devenu une ruche où arrivaient quotidiennement des essaims de propositions de communications et de posters qu'il fallait photocopier, lire, examiner et discuter les unes après les autres.

Sur l'île de Porquerolles, le compte à rebours avait également commencé. C'était pour l'équipe du Parc, son tout premier séminaire. Aucun détail ne devait être laissé de côté, le moindre oubli sur une île prenant rapidement des allures catastrophiques. Les réunions internes se multipliaient pour répartir les tâches entre personnels du Parc et du Conservatoire de Botanique. Philippe Robert pour le Parc et Jean-Paul Roger pour le Conservatoire furent chargés de la couverture-photo de l'événement ainsi que des tirages immédiats pour les participants. Un labo-photo artisanal fut même installé à la hâte dans une pièce aveugle du Conservatoire, pour permettre les développements rapides. Cette initiative remportera un franc succès auprès des participants, chacun pouvant ainsi repartir chez lui avec sa photo-souvenir du séminaire. Les agents du Conservatoire intégrèrent dans leur planning de travail, la remise en état des abords du site de la manifestation ainsi que la végétalisation des salles et des extérieurs des bâtiments. Alain et Jannick continuaient à 'lister' le matériel indispensable au séminaire : banderoles, badges, photocopieuse, rétroprojecteurs, projecteurs de diapos, écrans, paper-board, micros... Parallèlement, le Bureau avait choisi le logo du séminaire, logo en forme de trident de Neptune

qui allait devenir l'emblème définitif du GIS. Décliné en autocollants, il permit le balisage du trajet de la manifestation, depuis la Tour-Fondue à Giens jusqu'au lieu-même du séminaire, à Porquerolles. C'est en effectuant ce balisage qu'on se rendit compte de la nécessité d'avoir un 'point d'accueil' à l'arrivée des bateaux sur l'île, pour enregistrer les participants, leur remettre badges et information et les orienter vers leur lieu d'hébergement. La chambre de Commerce de Porquerolles nous prêta gracieusement un local en bois désaffecté mais idéalement placé sur le port. Il avait été construit des années auparavant pour les besoins du film 'Pierrot le Fou'. Ce local, une fois nettoyé devint notre 'point d'accueil' ainsi que le lieu de stockage et de regroupement souhaité des bagages des participants avant leur acheminement par un véhicule du parc vers les lieux d'hébergement correspondants. En effet, le déplacement sur l'île se faisant essentiellement à pied, les participants se rendirent à la manifestation en marchant, pendant que leurs bagages étaient acheminés par un véhicule du parc jusqu'à leur hôtel.

Si, avec Alain, nous pensions avoir pensé tous les détails de l'organisation et planifié les différentes étapes, c'était sans compter sur la visite impromptue de Charles-François Boudouresque sur l'île. Ce matin-là, nous allâmes l'accueillir à l'arrivée du premier bateau : il était serein, le nombre de participants ne cessait d'augmenter, la presse était prête à couvrir l'événement, les communications allaient être de bon niveau. Le soleil brillait ce jour-là. La nuit précédente avait été particulièrement dure : un orage s'était abattu sur l'île et l'électricité avait été coupée par instants. De la boue, des sentiers détremés, des nids de poule sur les chemins d'accès, de l'herbe folle un peu partout, c'était le décor que Charles-François découvrait au fur et à mesure de son avancée vers le site de la manifestation : le Cadran Solaire. Son visage commençait à s'assombrir. Nous pénétrâmes enfin dans les différentes salles du bâtiment. Elles étaient toutes occupées. De jeunes gendarmes jouaient au ping-pong en déployant une force peu commune, d'autres écoutaient de la musique à décibels élevés, un petit nombre s'était réfugié un peu plus loin pour jouer aux cartes tout en ponctuant leur jeu de cris de victoire magistraux. Des verres, des bouteilles jonchaient le rebord des fenêtres. Ce lieu abritait en fait la salle de cinéma et les salles de détente des jeunes auxiliaires de la gendarmerie. L'entretien des locaux, leur aménagement, le nettoyage des abords, la végétalisation de l'ensemble, avaient été programmés pour la manifestation, mais n'étaient pas encore réalisés. Pour des raisons évidentes de fonctionnement, nous étions convenus avec la Gendarmerie de ne prendre possession du lieu que deux jours avant la manifestation.

Nous eûmes beau commenter cette contrainte à Charles-François et l'assurer que tout serait fait à temps, son visage se fermait de plus en plus. A un certain moment, il arrêta ses pas, se tut et se mit à triturer nerveusement sa barbe : mauvais signe pour ceux qui le connaissent ! Nous continuâmes néanmoins à commenter les aménagements prévus salle par salle. C'était peine perdue, il ne nous entendait plus. Soudain, d'un ton rageur il évoqua l'annulation pure et simple de la manifestation à Porquerolles ! Notre bel enthousiasme venait d'en prendre un coup. C'est alors qu'Alain eut une idée de génie : il proposa à Charles-François d'aller visiter le logement qui lui avait été réservé ainsi que ceux, identiques, prévus pour les autres présidents de séance. Nous partîmes dans un silence pesant vers le 'Pré des Palmiers'. Quand il découvrit ces constructions de style tunisien, toutes baignées de lumière, aux pièces agréablement meublées et aux balcons ouverts sur la mer, son visage s'éclaircit... sa voix aussi. Il laissa échapper : « enfin un endroit sympa où je vais pouvoir travailler avec d'autres scientifiques et partager sur les communications présentées ». Ouf, la situation se débloquait. Puis vint l'heure pour lui, de

quitter l'île. En montant à bord du bateau, il nous regarda fixement et d'un ton ferme, il nous adressa cette mise en garde qui, des années après, résonne toujours à nos oreilles : « Attention, ne vous plantez-pas ! ». Ces paroles nous motivèrent encore plus. Nous savions que nous n'avions pas le droit à l'erreur. A compter de ce jour-là, nos nuits furent courtes, nos journées longues. Finalement tout fut près à temps. Le site put accueillir 250 participants, on nota une présence très active des élus ainsi qu'une participation de toutes les Administrations intéressées à la sauvegarde du milieu marin. Le séminaire fut un succès.

Désormais le GIS Posidonie pouvait voguer, il était connu et reconnu, déjà en route pour de nouvelles aventures.

Alain Jeudy de Grissac
et Jannick Olivier





Un grec à Marseille ou l'histoire du logo du GIS Posidonie

PANAYOTIS PANAYOTIDIS

HELLENIC CENTRE FOR MARINE RESEARCH, SOUNIO AVE. P.O. BOX 712,
PC 19013 ANAVYSSOS ATTIKI GREECE
ppanag@ath.hcmr.gr



En arrivant à Luminy en 1977, j'ai été accueilli à Marseille par l'équipe de Charles François Boudouresque au Laboratoire de Biologie Végétale Marine.

Je me souviens du sixième étage du bâtiment TPR1 à Luminy animé avec plus de dix enseignants et leurs élèves. Le paradis sur terre pour un jeune diplômé en Sciences Naturelles ayant l'ambition de faire des études supérieures en biologie marine (Fig. 1).



Fig.1 : Panayotis Panayotidis étudiant à Marseille en 1977.

Le laboratoire travaillait entre-autres sur *Posidonia oceanica*. Je m'y suis mis aussi. Trois ans plus tard ma thèse était presque prête. Gérard Giraud venait de terminer sa thèse et Gérard Pergent commençait la sienne.

C'est vers les années 1980s que l'idée de créer un Groupement d'Intérêt Scientifique « Posidonie » a été lancée. Pourquoi pas ?

Le trident de Neptune (Poséidon en Grec), qui décorait la couverture de ma thèse, a servi de logo au GIS Posidonie. J'en étais fier.

En 2007, je me suis retrouvé à Marseille pour une réunion de travail avec les anciens amis et collègues. Le sixième étage du bâtiment TPR1 était encore comme je l'avais connu, 30 ans auparavant. J'ai demandé : « qui travaille ici maintenant ? » Et l'on m'a répondu : « mais le GIS Posidonie bien sûr ! »

Maintenant, il y a vraiment de quoi être fier !



Le Réseau de Surveillance Posidonie, toujours copié, jamais égalé

GÉRARD PERGENT¹ ET MARY-CHRISTINE BERTRANDY²

¹UNIVERSITÉ DE CORSE PASCAL PAOLI, BP 52, 20250 CORTE - pergent@univ-corse.fr

²DIRM PACA, 40 BD DE DUNKERQUE, CS 91226, 13471 MARSEILLE CEDEX 2
mary-christine.bertrand@developpement-durable.gouv.fr



Le GIS Posidonie – Un précurseur des Réseaux de Surveillance

Au début des années 1980s, les gestionnaires, les scientifiques et les politiques prennent conscience de la dégradation du milieu marin et plus particulièrement des écosystèmes littoraux. De nombreux projets destinés à améliorer cette situation (construction de stations d'épuration, création d'aires marines protégées, mise en place d'une législation plus contraignante, etc.), sont initiés. Mais comment évaluer l'impact de ces mesures coûteuses et vérifier leur efficacité ? Si quelques réseaux de surveillance existent, ils concernent essentiellement le suivi de la qualité physico-chimique ou bactériologique de l'eau de mer, mais en aucun cas le suivi des écosystèmes.

C'est également au cours de cette période que les connaissances scientifiques confirment le rôle majeur joué par l'herbier de posidonie dans les équilibres littoraux et mettent en exergue sa sensibilité aux pressions humaines et sa régression à proximité des grands centres urbains et industriels. Cet écosystème emblématique de la Méditerranée va devenir en quelques années l'objet de toutes les attentions et son suivi apparaît comme une priorité pour les acteurs du milieu marin.

Fruit d'une collaboration exemplaire entre les services de l'Etat (Cellules Qualité des Eaux Littorales), la Région Provence Alpes Côte d'Azur et les scientifiques, coordonné par le GIS Posidonie, le premier **Réseau de Surveillance Posidonies (RSP)** est initié en 1984 avec le double objectif , **(i)** de surveiller à long terme l'évolution de l'état des herbiers de posidonies, et **(ii)** d'utiliser ces herbiers comme indicateur biologique de la qualité globale des eaux littorales. Dans un premier temps ce sont 24 sites qui sont ainsi surveillés le long de ce littoral, en limite supérieure (près de la côte) et inférieure (extension bathymétrique maximale), puis 33 quelques

années plus tard. C'est ensuite en Corse, en 2004, que le GIS Posidonie est chargé de mettre en place un réseau similaire dans 30 sites dans le cadre d'une collaboration avec l'Office de l'Environnement de la Corse ; ce réseau est renforcé en 2012 par la mise en place de 8 nouveaux sites dans la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio.

Le succès du RSP déborde les frontières puisqu'il est étendu dès la fin des années 1980s en région Euro-Méditerranée (Espagne, Italie et Grèce) à travers le programme COST 647, puis, dès 1995, dans l'ensemble du bassin méditerranéen grâce aux initiatives du Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR-ASP) et plus particulièrement depuis l'adoption du Plan d'Action pour la Conservation de la Végétation Marine en Mer Méditerranée du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (Plan d'Action pour la Méditerranée) et la mise en place d'un programme spécifique MEDPOSIDONIA (Algérie, Tunisie, Libye et Turquie). Le RSP est aujourd'hui utilisé, avec une certaine variabilité d'un pays à l'autre, dans douze pays méditerranéens et plus de 360 sites et bénéficie d'une approche actualisée et standardisée (Fig. 1). Suivant l'exemple de la Méditerranée, un nouveau réseau de suivi des herbiers de magnoliophytes marines au niveau mondial, le SeagrassNet (Global Seagrass Monitoring Network), voit le jour dans les années 2000s, il concerne 126 sites dans 33 pays, dont deux en Méditerranée.

Au-delà du RSP au sens strict, les méthodes développées et validées par les scientifiques sont aujourd'hui classiquement utilisées pour évaluer la vitalité de l'herbier de posidonie et l'utiliser comme un bio-indicateur particulièrement performant (e.g. Directive Cadre sur l'Eau, Directive Habitat Faune Flore, suivi de l'impact des aménagements littoraux, évaluation de la qualité écologique d'un site, etc.).



Fig. 1 : Principaux Réseaux de Surveillance Posidonies mis en place en Méditerranée.

Une méthode éprouvée et régulièrement optimisée

Deux zones de l'herbier sont particulièrement prises en compte : la **limite supérieure** – qui correspond à la portion d'herbier la plus proche de la côte – et la **limite inférieure** – qui correspond à l'extension bathymétrique maximale – car elles constituent en effet des secteurs particulièrement sensibles à toutes modifications du milieu. La surveillance de ces limites est réalisée de manière à disposer d'un repérage précis de leur position dans l'espace et dans le temps, et sont complétées par l'analyse de descripteurs de la vitalité de la plante. Au début des années 2000s une troisième zone située à 15 m de profondeur est ajoutée afin de disposer d'une profondeur intermédiaire homogène sur tous les sites.

Le suivi des limites supérieures a bénéficié au cours de ces trente dernières années de progrès technologiques permettant de passer d'une interprétation manuelle à partir d'orthophotoplans en niveaux de gris à un traitement d'images couleur géoréférencées et leur intégration dans un système d'informations géographiques très précis.

Dans le même temps, les balisages mis en place en limite inférieure sont localisés de façon beaucoup plus précise (le GPS remplace les alignements remarquables) et la qualité des prises de vues sous-marines (caméras haute résolution) permet de disposer d'une image, verticale et horizontale, très précise et reproductible de l'ensemble de la limite (Fig. 2).

Enfin, la stratégie retenue dans la définition, la validation et l'interprétation des descripteurs de vitalité de l'herbier permet de disposer d'échelles d'évaluation de plus en plus précises et d'indices synthétiques permettant également d'évaluer la qualité de la masse d'eau dans laquelle les herbiers se développent. Certains indices ne nécessitent plus le recours à des prélèvements et l'évaluation de la vitalité peut être réalisée *in situ*, sans aucun dommage pour la plante (espèce protégée).

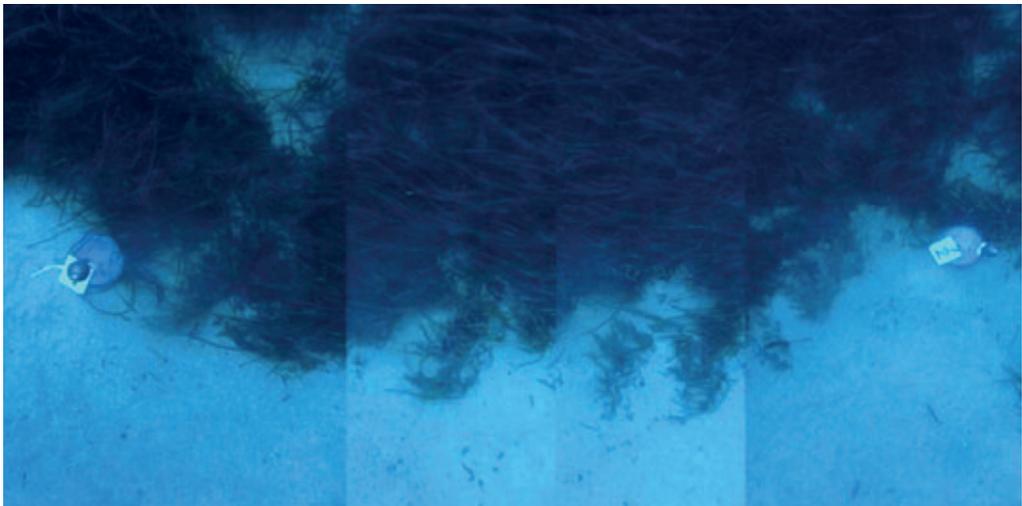


Fig. 2 : Assemblage de photographies verticales pour préciser la structure de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Balisés 1 à 2, îles Lavezzi - Corse).

Si la précision des données acquises lors de la mise en place du RSP 'Corse' est plus importante que celle du RSP 'PACA', la stratégie reste la même et les résultats peuvent être facilement comparés. En outre, ces évolutions s'accompagnent également par la mise au point de protocoles standardisés simplifiés (au niveau technique et financier) pouvant être mis en œuvre dans l'ensemble des pays méditerranéens et permettant de disposer ainsi d'une base de données à l'échelle du bassin. Ainsi, à l'initiative du CAR/ASP quatre pays du Sud et de l'Est du bassin ont pu initier un RSP dans le cadre du programme MEDPOSIDONIA (2006-2009). A l'heure où de nouvelles techniques, souvent très onéreuses et moins précises, sont proposées aux gestionnaires, la méthode du RSP reste une valeur sûre, validée par les parties contractantes à la Convention de Barcelone pour suivre les herbiers de Méditerranée.

Les premiers enseignements du RSP

Les résultats enregistrés globalement à l'échelle de la Région PACA, sur une vingtaine d'années, sont contrastés. En effet, si de manière générale le nombre de sites en régression en limite supérieure diminue de façon drastique (de 42% entre 1988-1990 à 8% entre 2000-2002), il augmente légèrement en limite inférieure (de 50% à 67% au cours du même intervalle de temps) ; il est toutefois intéressant de noter que le pourcentage de limites inférieures qui progressent reste stable pour l'ensemble de la période (33%). Une analyse plus détaillée des données met en évidence des différences notables entre secteurs, notamment en réponse aux modifications des conditions de milieu. Ainsi, dans la région de Marseille, suite au détournement de l'Huveaune et à la mise en service d'une station d'épuration, les limites inférieures progressent significativement (Marseille-Prado, Marseille-Cortiou), alors qu'à Golfe-Juan la construction d'un nouveau port, en 1988, semble être à l'origine d'une régression régulière de cette limite. D'autre part, il est intéressant de noter que ce sont les limites inférieures les plus profondes qui sont concernées par ces régressions.

Les autres réseaux de surveillance mis en place plus récemment par le GIS Posidonie ou en collaboration avec lui, permettent de disposer d'un état de référence précis (Figure 3). Leur suivi est d'ores et déjà programmé (2012-2013 pour le RSP Corse) ou en cours d'instruction (MEDPOSIDONIA, CAR/ASP). En effet, il faut garder à l'esprit que la mise en place d'un réseau de surveillance constitue la première étape et que seule la disponibilité de séries chronologiques longues constitue un outil irremplaçable pour suivre et comprendre l'évolution de l'herbier de posidonies et le milieu dans lequel il se développe. Aussi, la pérennisation des RSP doit apparaître comme une priorité dans les futures actions à envisager d'autant plus qu'en termes de moyens, ce suivi est généralement moins lourd que la phase de mise en place. Loin de constituer une 'économie', l'interruption du suivi de ces réseaux de surveillance constituerait un gaspillage considérable à l'heure où les gestionnaires et les politiques ont besoin d'informations de plus en plus précises sur l'état du milieu littoral (Directive Habitat Faune Flore, Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin de l'Union Européenne).

Enfin, depuis quelques années, plusieurs auteurs s'opposent à propos de la régression des herbiers de posidonie et sur les conséquences qui en découleraient au niveau du bassin Méditerranéen (perte des fonctionnalités des herbiers, impact sur le climat – puits de carbone). Toutefois, l'ampleur et éventuellement la réalité même de ces régressions méritent une analyse

critique car les valeurs annoncées doivent être considérées avec prudence au regard des connaissances actuelles, encore très fragmentaires, sur la répartition (présente et surtout passée) de l'herbier de posidonie en Méditerranée. Dans cette optique, il apparaît indispensable de disposer d'états de références précis à l'échelle de l'ensemble du bassin et de leur suivi au cours du temps. Les RSP demeurent un outil particulièrement pertinent pour répondre à cette question.



Fig. 3 : Balise mise en place le long de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* des îles Kerkennah (Tunisie).



De Port-Cros à Port-Cros, en passant par Bruxelles :

l'histoire d'un écosystème-miracle, l'herbier à *Posidonia oceanica*

CHARLES F. BOUDOURESQUE

MEDITERRANEAN INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY (MIO), AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ET UNIVERSITÉ DU SUD TOULON-VAR, CNRS/INSU, IRD, UM 110,
CAMPUS UNIVERSITAIRE DE LUMINY, 13288 MARSEILLE CEDEX 9, FRANCE
charles.boudouresque@univ-amu.fr



Un peu d'histoire

L'histoire de la posidonie *Posidonia oceanica* commence longtemps avant la création du Parc national de Port-Cros, puis du GIS Posidonie, ce qui n'étonnera personne.

Son nom, tout d'abord. C'est le naturaliste suédois Linnaeus, le 'père' de la nomenclature binomiale moderne, qui la baptise (sous le nom initial de *Zostera oceanica*), au milieu du 18^{ème} siècle. Pourquoi 'oceanica' ? Chacun sait aujourd'hui que la posidonie est une endémique méditerranéenne, et donc qu'elle est totalement absente de 'l'océan'. En fait, on se déplaçait peu à l'époque de Linnaeus ; le grand naturaliste travaillait surtout sur des spécimens qui lui étaient envoyés par ses correspondants d'outre-Suède. Sans doute a-t-il mélangé deux envois, et cru que la planche d'herbier venait de 'l'océan' (peut-être Biarritz ou le golfe de Gascogne), nom qui désignait alors l'océan Atlantique. Quoi qu'il en soit, l'une des règles de base qui régissent la nomenclature est celle de l'antériorité : le nom légitime d'une espèce est le plus ancien nom qui lui a été attribué (sauf homonymies). Un nom mal choisi ne peut pas être invalidé sous le prétexte qu'il est mal choisi. Après tout, il en va de même des noms de famille que nous portons. Nous connaissons des Lepetit qui ne sont pas petits et des Legrand qui sont petits. Et c'est ainsi que *Posidonia oceanica* porte le nom d'un océan dont elle est absente.

L'histoire moderne de la posidonie commence avec Roger Molinier et Jacques Picard. Le premier vient d'être nommé assistant à la Faculté des Sciences de Marseille. Le second également, mais il est affecté à la Station marine d'Endoume, dirigée par le professeur Jean-Marie Pérès. Ensemble, à la nage et en plongée, ils parcourent les côtes françaises et ne s'intéressent pas seulement à la posidonie, mais aux herbiers qu'elle édifie. Ensemble, ils

publient en 1952 l'un des ouvrages fondateurs de l'océanographie méditerranéenne (Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français) (Fig. 1 et 2). Roger Molinier et Jacques Picard comprennent le rôle fondamental que jouent les herbiers de posidonies en Méditerranée, bien que ce soient parfois de simples intuitions ; en particulier l'édification de la matre (et donc le piégeage de carbone) et l'édification des récifs-barrières (dont celui de la baie de Port-Cros).



Fig. 1. Jacques Picard (à gauche) et Roger Molinier (à droite).

Au secours ! L'herbier recule !

Les recherches concernant les herbiers de posidonie, l'un des habitats dominants des rivages méditerranéens, n'ont jamais cessé, en particulier en France. On peut citer par exemple les thèses de Michel Ledoyer et de Jean-Georges Harmelin. Le déclic vient du rapprochement de deux constats : **(i)** L'herbier joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des systèmes littoraux (même si ce rôle n'est pas démontré à l'époque) ; et **(ii)** l'herbier régresse de façon dramatique. Cette régression est perçue d'autant plus fortement qu'elle concerne les alentours des grandes villes méditerranéennes, où sont localisés les principaux laboratoires de biologie marine : Alger (Algérie), Barcelone (Catalogne), Gênes et Naples (Italie) et Marseille (France).

Mais pourquoi l'herbier de posidonie régresse-t-il ? Dans les années 1970s, le grand public découvre le concept de pollution, et la pollution constitue une explication logique et probablement réaliste. Mais en fait, on sait peu de choses sur l'herbier à *Posidonia oceanica*, et donc sur les mécanismes de sa régression. Roger Molinier, devenu professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, lance ses assistants sur la piste : Henry Augier, Alain Crouzet, Liliane et Max Pellegrini, Claude Zevaco et moi-même.

Il faut sauver le soldat *Posidonia*

Les événements s'accélèrent. Il est difficile de préciser une chronologie et de déterminer les relations de cause à effet. Dans un contexte de connaissances donné, des idées émergent naturellement, et il est difficile de déterminer celui ou ceux qui ont été les premiers à les exprimer. A la fin des années 1970s, le CNEXO (ancêtre de l'IFREMER) commande une synthèse bibliographique sur *Posidonia oceanica*. Le Ministère de l'Environnement sollicite le Parc national de Port-Cros, la Station marine d'Endoume (aujourd'hui MIO et IMBE) et le CNEXO pour qu'ils proposent des programmes de recherche susceptibles de répondre aux questions qui se posent. Le Parc national de Port-Cros constitue le principal site atelier des programmes proposés.

La trilogie **(i)** science, **(ii)** décideurs et gestionnaires, **(iii)** grand public, qui nous est aujourd'hui familière, se met en place de façon informelle. Concernant la posidonie, il faut sensibiliser le grand public. Le Parc national de Port-Cros (sous l'impulsion de son directeur, André Manche) et le Parc naturel régional de Corse (directeur : Michel Leenhardt) publient un ouvrage de vulgarisation intitulé 'Découverte de l'herbier de posidonie' (Boudouresque C.F et Meinesz A., 1982). Cet ouvrage aura un très grand retentissement. Concernant le milieu scientifique, l'idée d'un séminaire international se fait jour (voir plus bas). Concernant la gestion des programmes scientifiques, c'est plus compliqué.

Afin de contourner la compétition entre les laboratoires, d'optimiser les financements venant de diverses origines (Europe, Ministères, régions, etc.), d'éviter les redondances et d'être certain que tous les points nécessaires à la cohérence d'ensemble soient traités, le Ministère de l'environnement propose la création d'un GIS (Groupement d'intérêt Scientifique). C'est l'origine du GIS Posidonie, porté sur les fonts baptismaux par le Parc national de Port-Cros et par le CNEXO (Olivier et Jeudy de Grissac, ce volume, pp : 15-21). La coédition (avec le Parc national de Port-Cros et le Parc naturel régional de Corse), en 1982, de l'ouvrage 'Découverte de l'herbier de posidonie' constitue la première apparition publique du GIS Posidonie.

1983 : le séminaire fondateur

La première tâche du tout nouveau GIS Posidonie est d'organiser un séminaire international sur les herbiers à *Posidonia oceanica*, dont les actes seront publiés en 1984 (Fig. 2). Ce séminaire se tient du 12 au 15 Octobre 1983 à Porquerolles, île dont la gestion a été confiée au Parc national de Port-Cros. Ce colloque est un grand succès. Il réunit plusieurs centaines de participants, venus de tous les pays riverains de la Méditerranée (Espagne, France, Italie, Grèce, Turquie, Liban, Tunisie, Algérie, etc.) et au-delà (e.g. Autriche et Belgique). Plus de 50 communications scientifiques y sont présentées, qui constituent un premier bilan des connaissances sur les herbiers à

Posidonia oceanica, depuis la géologie jusqu'à la gestion, en passant par l'écologie, la physiologie, la flore et la faune accompagnatrices.

Un point important est la participation active au séminaire de Porquerolles de représentants des administrations en charge de l'environnement (France, Espagne, Italie), de représentants des régions et des villes, et enfin de nombreux journalistes. Cela assure à l'évènement une couverture médiatique impressionnante.

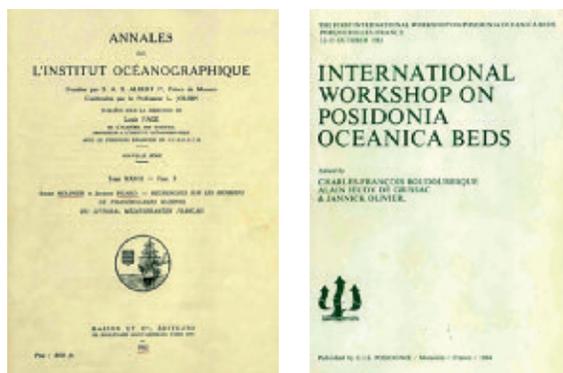


Fig. 2. A gauche. La publication fondatrice de Roger Molinier et Jacques Picard (Molinier R., Picard J., 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. Ann. Inst. océanogr., 27 (3) : 157-234).

A droite. International workshop on *Posidonia oceanica* beds. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. (édit.), GIS Posidonie publ. : i-xxiii +1-454.

La protection de l'environnement peut être imposée d'en haut (top-down). C'est ce qui a eu cours de la fin du 19^{ème} siècle jusqu'aux années 1960s.

Mais ce n'est déjà plus le cas dans les années 1980s. L'adhésion du public est devenue indispensable.

C'est de l'édition de 'Découverte de l'herbier de posidonie' par le Parc national de Port-Cros, en 1982, puis du séminaire de Porquerolles, en 1983, que date l'intérêt du grand public pour la posidonie. Des dizaines de brochures, dans toutes les langues du bassin méditerranéen, parlent de la posidonie. Les professeurs en parlent dans les écoles primaires et secondaires. La presse régionale et nationale consacre des articles à la posidonie et aux herbiers. La télévision en parle ! La posidonie devient un thème populaire, comme en témoignent les 'micro-trottoir' de l'époque, que ce soit à Barcelone, à Marseille ou à Gènes : la majorité des passants, surtout les jeunes, ont entendu parler de la posidonie, parfois même savent pourquoi elle est importante.

Mais pourquoi les herbiers de posidonie sont-ils si importants ? (Fig. 3) **1.** Leur énorme production primaire en fait une source de nourriture majeure pour le réseau trophique. **2.** L'herbier est une frayère (lieu de ponte) et une nurserie pour de nombreuses espèces, en particulier pour des espèces d'intérêt économique. **3.** L'herbier exporte des feuilles mortes vers d'autres écosystèmes, dans le médiolittoral, l'infralittoral, le circalittoral et le bathyal, où elles seront à la base du réseau trophique. **4.** L'herbier atténue la force des vagues et des houles, et contribue ainsi à protéger les plages de l'érosion. **5.** Les feuilles mortes, sur les plages, les protègent contre l'érosion due à l'hydrodynamisme. **6.** La production d'oxygène par la

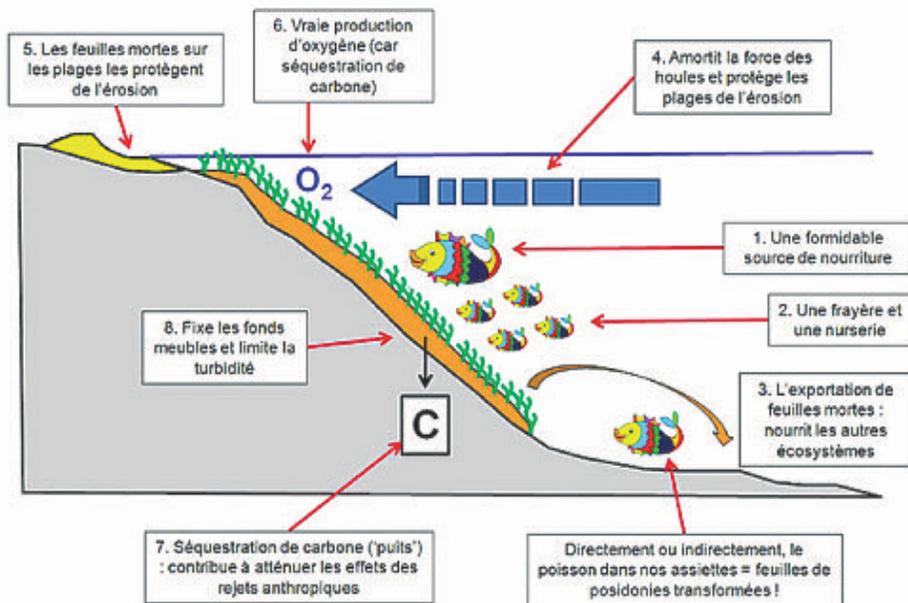


Fig. 3. Rôle de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le fonctionnement des systèmes littoraux en Méditerranée. Figure originale (Charles F. Boudouresque).

posidonie, dans le cadre de la photosynthèse, contribue réellement à l'oxygénation du milieu, dans la mesure où du carbone est séquestré définitivement dans la matte. Quand ce n'est pas le cas, cette production d'oxygène est en effet provisoire : la minéralisation de la matière organique morte consomme la même quantité d'oxygène que celle produite par la photosynthèse. **7.** La séquestration du carbone dans la matte contribue à atténuer les effets des rejets de dioxyde de carbone par l'Homme. **8.** La posidonie fixe (dans la matte) les sédiments meubles et contribue à réduire la turbidité de l'eau, en empêchant leur re-suspension lors des tempêtes. Les herbiers de posidonie peuvent donc être qualifiés d'écosystème miracle.

La posidonie superstar

Le GIS Posidonie et la Stazione Zoologica di Napoli (Italie) ont organisé à Ischia (près de Naples), du 7 au 11 octobre 1985, le second séminaire international sur les herbiers de posidonies. Les actes ont été publiés en 1989 par le GIS Posidonie. Par la suite, l'intérêt pour les écosystèmes à magnoliophytes marines, dont font partie les herbiers de posidonies, est devenu tel que d'autres structures ont pris le relais. C'est le cas du RAC/SPA (Regional Activity Center on Specially Protected Areas, Tunis) pour ce qui concerne la Méditerranée.

L'herbier à *Posidonia oceanica* est devenu le thème principal de recherche d'un grand nombre de laboratoires, autour de la Méditerranée. Ce sont des centaines de publications qui lui ont été consacrées depuis les années 1980s. Le rythme a tendance à s'accélérer. Dans les années 2000s, la moyenne est de presque une publication par semaine ! Cela traduit à la fois l'importance, largement reconnue, des herbiers et la complexité extraordinaire de l'écosystème. La posidonie est devenue une espèce protégée en France (1988). La communauté européenne a inscrit les herbiers à *Posidonia oceanica* dans l'annexe I de la Directive habitats de 1992. La posidonie a ensuite rejoint la liste des espèces protégées au niveau de l'Europe (Convention de Berne) et de la Méditerranée (Convention de Barcelone), en 1996. Dans le cadre de la Directive habitats, la posidonie constitue un élément majeur pour la désignation des zones 'Natura 2000' en mer. C'est le cas de la zone Natura 2000 du golfe d'Hyères, dont la gestion a été confiée au Parc national de Port-Cros.

En simplifiant, on peut dire que l'aventure moderne de la posidonie est partie du Parc national de Port-Cros, puis est passée par le Ministère de l'environnement (Arrêté de protection) et par Bruxelles (Directive Habitats). De là, inscrite dans l'annexe I, elle a servi de base à la désignation des zones Natura 2000 en Méditerranée, dont celle de Hyères dont le Parc national de Port-Cros est gestionnaire.

C'est donc l'histoire d'un aller-retour : de Port-Cros à Port-Cros, en passant par Bruxelles. La gestion des herbiers de posidonie est devenue un enjeu d'une telle importance que l'accord RAMOGE (Italie, Monaco et France) a perçu la nécessité d'un ouvrage consacré à sa gestion. Il est l'œuvre d'une quinzaine de spécialistes et a été publié en français (2006), en italien (2008) et en anglais (Boudouresque *et al.*, 2012. Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadows. Ramoge, RAC/SPA, GIS Posidonie publ. : 1-202).



La cartographie sous-marine : des arpenteurs des mers à la révolution technologique

GÉRARD PERGENT¹ ET DENIS BONHOMME²

¹ UNIVERSITÉ DE CORSE PASCAL PAOLI, BP 52, 20250 CORTE
gerard.pergent@univ-corse.fr

² GIS POSIDONIE, INSTITUT PYTHÉAS, AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ, CAMPUS DE LUMINY,
13288 MARSEILLE CEDEX 9 – denis.bonhomme@univ-amu.fr



Un héritage scientifique assumé et développé

S'il est un domaine dans lequel le GIS Posidonie a joué un rôle majeur et s'est imposé comme un interlocuteur incontournable pendant ces trente dernières années, c'est bien la cartographie sous-marine. Suivant l'exemple des pionniers et notamment les Professeurs Roger Molinier, Charles-François Boudouresque et Alexandre Meinesz, le GIS Posidonie a réalisé plus d'une centaine de cartes biocénotiques, avec une attention toute particulière pour les herbiers de posidonies, dans toute la Méditerranée ; il a ainsi constitué une base de données spatio-temporelles unique (Fig. 1).

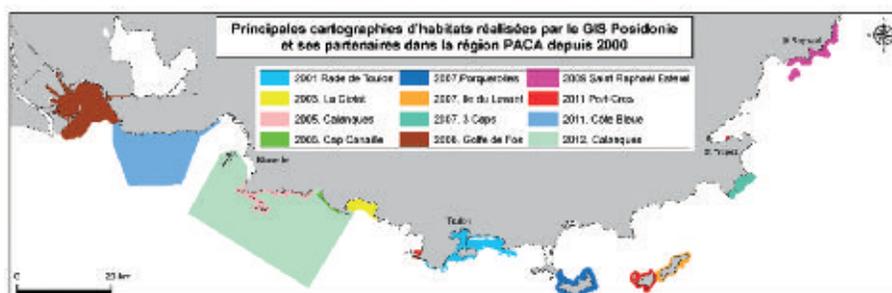


Fig. 1. Principales cartographies réalisées par le GIS Posidonie le long du littoral de la région PACA

Toujours à la pointe des nouvelles technologies, les outils mis en œuvre se sont perfectionnés au cours du temps en passant des transects déroulés sur le fond par des plongeurs aux sondeurs acoustiques, et de l'interprétation manuelle d'orthophotoplans en noir et blanc au traitement d'images satellitaires intégrées dans des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Quelle

que soit la méthode utilisée, une attention particulière a été apportée à la prise en compte de données de terrain et à l'évaluation de la fiabilité des cartes réalisées.

Une optimisation des méthodes mises en œuvre

Au cours de ces trente années le GIS Posidonie a toujours cherché à améliorer les techniques existantes ou à adapter des méthodes utilisées dans d'autres domaines aux écosystèmes littoraux (écosystèmes terrestres, télédétection). Il a en outre bénéficié de l'optimisation des capteurs acoustiques pour la tranche profonde (au-delà de 10 m de profondeur), de l'avènement des logiciels de traitement d'images (satellites ou aériennes) pour la tranche superficielle, de l'essor des Systèmes d'Informations Géographiques et des progrès du positionnement en mer (Global Positioning System).

Cette 'révolution technologique' a permis la levée de cartes très précises, souvent en trois dimensions (intégration de la bathymétrie), mais surtout d'envisager la cartographie de zones beaucoup plus étendues (Fig. 2). Toutefois, elle ne dispense pas d'un travail de terrain conséquent, souvent réalisé en plongée, seul garant de la précision et de la fiabilité des cartes fournies. Il est par ailleurs intéressant de voir que les cartes levées laborieusement dans les années 1980s, avec des méthodes plus 'rudimentaires', sont validées par les travaux plus récents (traitement de photographies aériennes anciennes) et peuvent constituer de véritables états de référence (Fig. 3).

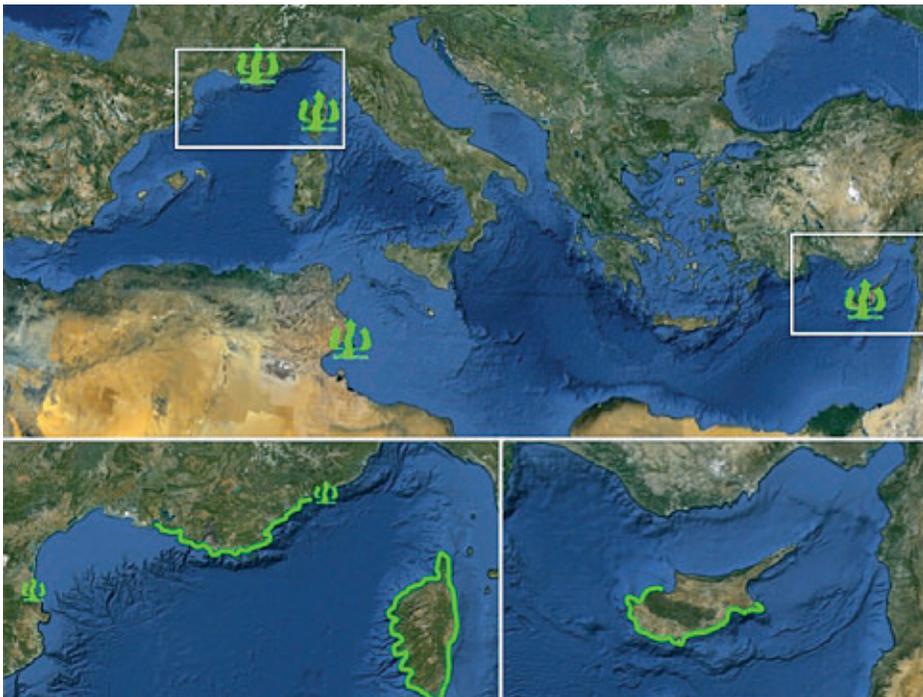


Fig. 2 : Principales cartographies réalisées par le GIS Posidonie en Méditerranée (le logo du GIS Posidonie correspond à des cartographies ponctuelles, le liseré vert à des cartographies exhaustives).

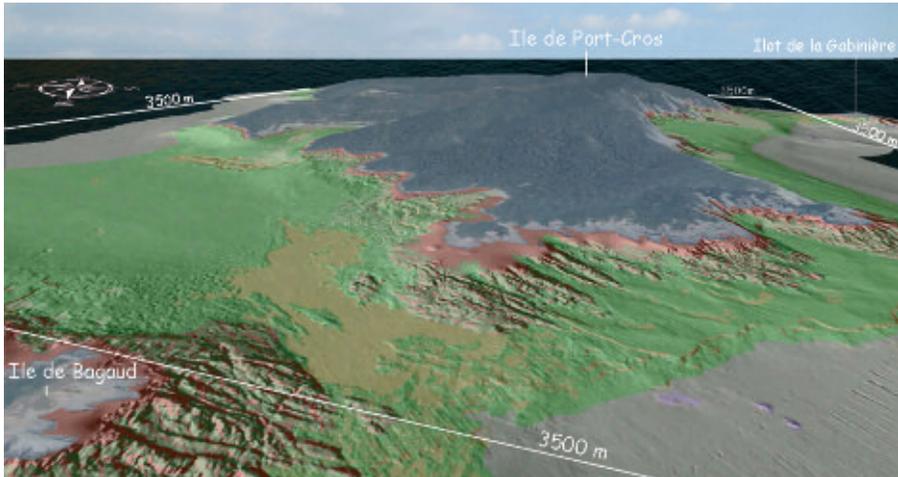


Fig. 3 : Représentation 'artistique' en 3 dimensions des habitats marins de l'île de Port-Cros vus depuis la passe de Bagaud ; vert : herbier à *Posidonia oceanica*; rouge : Biocénose de la roche infralittorale à algues photophiles ; jaune : Biocénose des sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fond; jaune clair : Biocénose des sables fins bien calibrés; violet : biocénose coralligène ; beige : biocénose du détritique côtier. Afin d'apprécier les dimensions de la représentation, la ligne blanche représente un carré fictif de 3 500 m de côté posé à la surface de la mer.

Même si la réalisation d'une carte doit d'abord répondre aux objectifs fixés (précision, tranche bathymétrique, surface concernée, etc.) et s'adapter aux contraintes techniques ou réglementaires et aux moyens disponibles, les méthodes utilisées par le GIS Posidonie sont relativement similaires :

- pour la tranche d'eau superficielle (0 à -15 m), le travail est réalisé par traitement informatique d'images aériennes ou satellitaires validées par des données de terrain, puis intégrées dans un SIG ;
- pour la tranche bathymétrique profonde (au-delà de -10 m), le travail est réalisé à partir de capteurs acoustiques (sonar à balayage latéral pour la nature des fonds et sondeur multifaisceaux pour la bathymétrie) calibrés et validés en plongée en scaphandre autonome ou à l'aide d'un 'Remotely Operated Vehicle' (ROV) en fonction de la profondeur.

L'approche 'multicapteurs' et les SIG permettent de lever une carte intégrant plusieurs couches d'informations (bathymétrie, nature des fonds, biocénoses, vitalité, données de terrain, etc.) et de disposer de véritables 'états de référence' pour suivre au cours du temps l'évolution du milieu.

Une réponse scientifique à des enjeux de gestion

Si les techniques de cartographies ont évolué au cours de ces années, elles répondent souvent à une demande des gestionnaires de l'espace littoral. En effet, compte tenu du peu de données disponibles, la constitution d'un état de référence des écosystèmes littoraux apparaît comme une démarche préliminaire indispensable, permettant d'apporter la connaissance minimale nécessaire pour la prise de décision en matière d'aménagement de l'espace et de protection du milieu.

D'abord développées principalement dans les Aires Marines Protégées (Parc national de Port-Cros, Réserve naturelle des Bouches de Bonifacio, Réserve naturelle de Scandola) ou des

secteurs caractérisés par de fortes pressions humaines (baie du Prado, émissaire de Cortiou ou de Giens), les cartographies sous-marines s'imposent rapidement comme des outils indispensables dans une stratégie de gestion intégrée de la zone côtière.

Aussi, dès 1988, des synthèses régionales sont réalisées (région PACA) à travers la mise à jour des cartes d'Inventaire Permanent du Littoral (IPLI) à la demande de la Direction Régionale de l'ENvironnement (DIREN). Toutefois, uniquement réalisées à partir de documents existants, souvent anciens, incomplets et de précision inégale, ces cartes qui laissent une large part à l'interpolation, ne peuvent pas constituer une base suffisamment précise pour les gestionnaires. Il faut attendre 1997 pour disposer des premières cartographies levées à une échelle régionale (littoral de la Corse entre 0 et 50 m de profondeur) avec des méthodes homogènes et 'modernes'. En 2003, le GIS Posidonie et l'IFREMER éditent un guide méthodologique sur la cartographie des biocénoses marines. Dès 2003 le programme POSICART et en 2005 le programme POSIDONIA (INTERREG 3B de la Commission Européenne), en Région PACA, permettent de disposer d'une carte générale de répartition des principaux peuplements et types de fonds (Côte Bleue et St Cyr) et d'acquérir de façon homogène des données acoustiques (sonar latéral) le long du littoral du Var et des Bouches-du-Rhône.

Enfin, en 2008, le GIS Posidonie réalise la première synthèse cartographique des herbiers de posidonies à l'échelle de la Méditerranée à la demande du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées) dans le cadre du Plan d'Action sur la Conservation de la Végétation Marine en Méditerranée. Il apparaît clairement que, si les pays du bassin nord-occidental bénéficient de nombreuses cartographies, ce n'est pas le cas du bassin oriental et les membres du GIS Posidonie s'impliquent alors dans de nombreux programmes de coopération dans ce domaine (formation et transfert de technologies, participation conjointe à des programmes de cartographie sur des sites ateliers, etc.). Parallèlement, la création d'un réseau complet, représentatif et cohérent d'aires marines protégées pour 2012 est un engagement politique fort de la France. Le Plan d'Action pour la Méditerranée, décidé en 2005, s'appuie notamment sur la mise en place du Réseau Natura 2000 en mer et la création de parcs naturels marins. Le GIS Posidonie réalise ainsi de nombreuses études de cartographies d'habitats et d'inventaires, afin de fournir aux futurs opérateurs des sites Natura 2000 ou gestionnaires de parcs une cartographie précise des habitats (Tabl. 1)

		Surface (ha)	Linéaire côtier (km)
2005	Calanques de Marseille à Cassis	2 327 ha	43 km
2006	Cap Canaille et massif du Grand Caunet	277 ha	6,5 km
2007	Zone Natura 2000 - île du Levant	1 104 ha	22 km
2007	Zone Natura 2000 - île de Porquerolles	1 970 ha	25 km
2007	Zone Natura 2000 - 3 Caps : Lardier, Taillat, Camarat	1 400 ha	12 km
2008	Biocénose golfe de Fos	10 779 ha	90 km
2009	Abords de Saint-Raphaël et de l'Estérel	1 290 ha	20 km
2011	Port-Cros	1 297 ha	20 km
2011	Côte Bleue - Marseille	19 000 ha	30 km
2012	Calanques de Marseille à Cassis	40 000 ha	58 km

Tabl. 1 : Surfaces et linéaires côtiers des sites Natura 2000 étudiés par le GIS Posidonie.

Une compétence qui s'exporte

L'expérience acquise par les chercheurs du GIS Posidonie au cours de ces 30 années a permis de rédiger des 'lignes directrices pour la standardisation des méthodes de cartographie des magnoliophytes marines en Méditerranée' qui ont été adoptées par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone en 2011.

Cette 'compétence méditerranéenne' a permis au GIS Posidonie d'assurer la responsabilité scientifique et de participer à la cartographie des habitats génériques de la 'Directive Habitats', du littoral de la République de Chypre (460 km de linéaire côtier).

Enfin, cette compétence est en cours d'application à d'autres habitats avec la cartographie des principaux peuplements et types de fonds du Cap Corse jusqu'à une profondeur de 200 m (campagnes CAPCORAL et CORALCORSE).

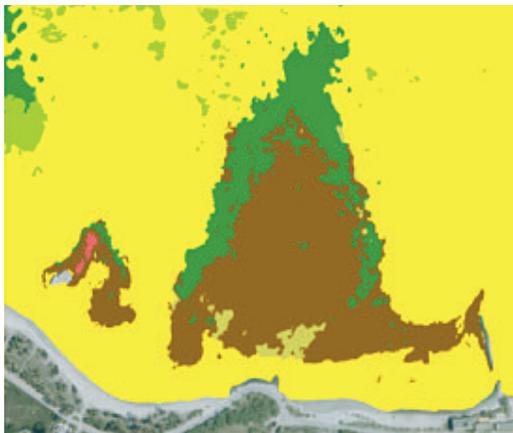
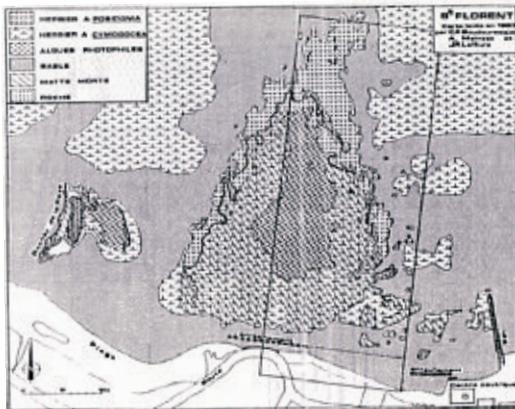
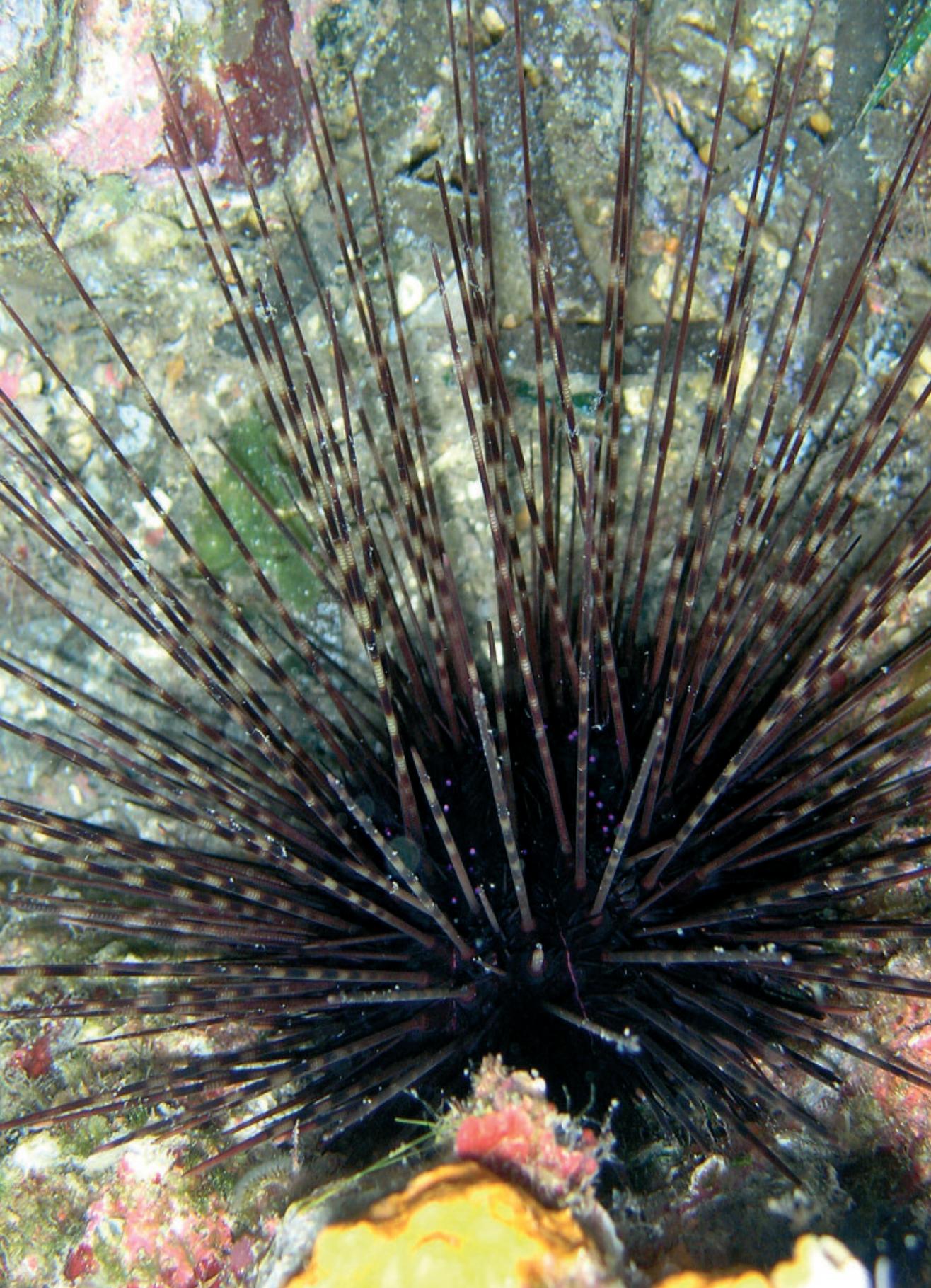


Fig. 4 : Evolution de l'herbier et de la qualité des restitutions faites par le GIS Posidonie : carte ancienne réalisée à la main avec des Lettraset, en haut (Boudouresque et collaborateurs en 1985) et carte moderne en 3 dimensions, d'un même site, en bas (Bonacorsi et collaborateurs en 2012), le récif barrière de Saint-Florent (Corse).



Du fonctionnement des écosystèmes benthiques à l'aquaculture :

les oursins, une histoire pleine de piquants

CATHERINE FERNANDEZ

AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ, INSTITUT MÉDITERRANÉEN DE BIODIVERSITÉ
ET D'ÉCOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE (UMR CNRS IRD) 7263,
CAMPUS ST CHARLES CASE 4, 3 PLACE VICTOR HUGO 13331 MARSEILLE CEDEX 3
Catherine.fernandez@imbe.fr



Les oursins sont présents dans toutes les mers du globe, de l'Arctique aux eaux australes en passant par les récifs coralliens et la Méditerranée. Ils ont colonisé les fonds des zones littorales jusqu'aux zones abyssales. Leur relation avec les hommes est très ancienne puisque depuis la préhistoire les hommes consomment des oursins que ce soit en Asie, particulièrement au Japon, en Europe, surtout en France, ou en Amérique où leurs restes s'observent dans les sites précolombiens. Plus que pour leur intérêt écologique ou comme modèle physiologique, les oursins sont donc souvent connus pour leur qualité gustative et leur place dans les recettes culinaires (on se rappellera qu'Apicius raffolait du corail d'oursin, dont il farcissait les tétines de truie).

Un mets très recherché

Pour répondre à une demande mondiale grandissante, la pêche, au départ traditionnelle dans les zones de consommations coutumières, s'est transformée au cours du XX^{ème} siècle en une pêche organisée voire industrielle atteignant plus de 140 000 tonnes par an au cœur des années 1990s. La cause principale de cette demande croissante est la mode des sushis qui inonde les pays industrialisés (sushi Uni), ou l'engouement en Europe pour ce qui est considéré comme la truffe de la mer (se vendant à Paris jusqu'à 6€ pièce dans les meilleures brasseries de la capitale). Cette mode est relayée par de grands chefs mettant à l'honneur ce mets délicat. Les différents genres d'oursins comestibles répartis dans les eaux de toutes les mers du monde (*Strongylocentrotus*, *Loxechinus*, *Lytechinus*, *Tripneustes*, *Paracentrotus*) sont donc l'objet de toutes les pressions de pêche qu'elle soit professionnelle ou en amateur. Le succès entraîne souvent des conséquences négatives et les stocks diminuent alors régulièrement et drastiquement dans de nombreux sites, engendrant des baisses de production.

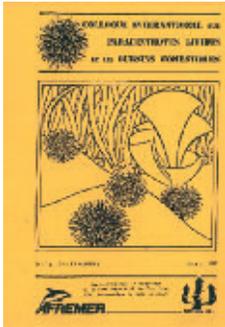


Fig. 1 : Actes du colloque de Carry-le-Rouet, 1987

Une ressource en danger

En France, *Paracentrotus lividus* est l'espèce phare exploitée, que ce soit en Bretagne ou sur les côtes méditerranéennes. La diminution, voire l'effondrement, des populations, qu'elle soit due à la pêche ou à des mortalités massives, inquiète les pêcheurs professionnels, qui en vivent depuis le milieu des années 1980s. Les scientifiques sont mis alors à contribution pour essayer de répondre aux interrogations des usagers et pour proposer des solutions. Ces scientifiques, venant de toute la France sous la bannière des chercheurs marseillais déjà fédérés dans le GIS Posidonie, présentent les résultats de leur recherche et échangent avec les professionnels et les institutionnels grâce à l'organisation d'un colloque à Carry le Rouet en 1987 (Fig.2). L'enjeu est d'estimer les stocks, de comprendre les causes des mortalités, et d'analyser le rôle de ces échinodermes dans le fonctionnement des écosystèmes en étudiant les relations trophiques.

Des solutions proposées

Des solutions classiques sont bien sûr mises en œuvre, en France mais également dans d'autres pays, avec une réglementation plus ou moins stricte de la pêche afin de préserver les stocks. La réglementation porte généralement sur les périodes de collecte, les quotas de pêche autorisés et la taille minimale à respecter, que ce soit pour les professionnels ou la pêche de loisir. Mais, d'autres solutions plus novatrices font l'objet d'études approfondies durant plus de 25 ans. On citera tout d'abord, la plus simple, à savoir la transplantation d'individus de zones riches en oursins mais souvent insalubres et donc non exploitées, vers des zones propices à la croissance et 'propres'. Dans ces essais, réalisés en particulier à Marseille, il est important d'analyser les capacités des zones d'accueil pour ne pas engendrer de surpopulation de ces herbivores, ayant des conséquences néfastes sur les macrophytes. L'objectif est aussi de déterminer le parcage nécessaire pour aboutir à une décontamination des oursins avant commercialisation.

Plus complexe, le repeuplement, inspiré du sea-ranching japonais qui associe intimement aquaculteurs et pêcheurs. Les premiers assurent la ponte, la fécondation et l'élevage larvaire des oursins jusqu'à leur métamorphose, les seconds sèment, dans des zones bien précises, des milliers voire des millions de jeunes oursins issus de l'élevage pour les laisser se développer et grossir jusqu'à la pêche quelques années après. Pour que le sea-ranching soit plus efficace, l'introduction des jeunes oursins est parfois accompagnée d'un aménagement de la zone afin de la rendre propice au grossissement grâce à des plantations d'algues ou des constructions de récifs artificiels. Cette méthode est utilisée maintenant à plus ou moins grande échelle dans plusieurs pays comme le Japon, la Chine, les USA ou le Chili et est toujours à l'étude pour certaines zones de Méditerranée française.

Mais c'est l'aquaculture qui mobilise le plus les chercheurs. Ces recherches sont menées simultanément dans le monde entier sur plusieurs espèces d'oursins comestibles avec les mêmes contraintes et les mêmes questionnements. En France, c'est en Atlantique que les premiers essais ont lieu. Des toboggans en circuit fermé et un apport en algues fraîches permettent d'obtenir une croissance assez rapide des oursins. Mais, étant donné que l'approvisionnement en algues fraîches n'est pas aisé dans toutes les zones, les chercheurs menant les essais en Méditerranée, comme dans de nombreux autres pays, optent pour la mise au point d'aliment artificiel. Le défi est de trouver une composition permettant d'obtenir un aliment capable de se maintenir dans l'eau plusieurs heures voire plusieurs jours sans délitement, et engendrant une bonne croissance



Fig. 2 : A gauche : oursin *P. lividus* sur fond d'algues photophiles à 10 m de profondeur, caractéristique de la côte méditerranéenne française.

A droite : les oursins *P. lividus* ont consommé les algues fixées à la roche découvrant un faciès dit de 'surpâturage'.

somatique mais aussi une croissance gonadique importante. Les résultats obtenus dans les années 1990s montrent que, techniquement, l'élevage est possible, mais avec une croissance somatique lente qui rend l'élevage difficile. Et si les aliments artificiels ont l'avantage d'engendrer des gonades très développées tout au long de l'année, les qualités organoleptiques de ces oursins d'élevage (fermeté, couleur, goût) ne sont pas toujours équivalentes à celles des oursins issus du milieu naturel. Beaucoup investissent donc pour trouver une solution permettant de pallier ces défauts. Parallèlement à ces expérimentations à terre, des essais en cages en mer ont aussi eu lieu. En particulier des élevages mixtes oursins/saumons en Ecosse. Malgré cela, l'élevage massif d'oursins n'est pas encore opérationnel à ce jour. On notera tout de même la production d'un aliment spécifique aux oursins aux USA, un brevet d'élevage en mer en caquettes en Irlande ou un petit élevage à terre opérationnel à l'île de Ré. Compte tenu de l'enjeu, les recherches sont toujours en cours aux 4 coins de la planète, et permettront d'aboutir dans un futur peut-être proche.

Un équilibre complexe et fragile

Pour pouvoir gérer correctement les ressources, il est nécessaire d'acquérir les connaissances fondamentales sur les différentes espèces. Parallèlement au travail sur la pêche et l'aquaculture, les chercheurs s'investissent pour comprendre le rôle des oursins dans le fonctionnement des écosystèmes en se basant sur des études de populations d'oursins *in situ*. Les premiers travaux, menés en partie par des chercheurs du GIS Posidonie, portent sur les relations trophiques macrophytes/oursins. Il est montré que les oursins sont des herbivores ayant des préférences alimentaires strictes qui consomment prioritairement des espèces dites 'préférées' (souvent des algues brunes) et délaissent des espèces 'évitées'.

Par leur broutage ils sont donc déterminants dans la dynamique des macrophytes et dans le façonnage des paysages sous-marins. Lorsque les oursins sont très abondants, ils peuvent totalement éliminer les algues dressées et induire des zones dénudées dominées par les algues encroûtantes, réduisant ainsi la biodiversité et les fonctions écosystémiques (Fig. 3). L'abondance des oursins peut donc déterminer la composition, la structure et la persistance des communautés benthiques, qui seront dominées par de grandes macroalgues ou des communautés surpâturées. Le contrôle des populations d'oursins, comme *Paracentrotus lividus*, est donc fondamental pour comprendre la structuration des communautés benthiques. Le contrôle top-down (de haut en bas) par les poissons prédateurs est mis en évidence grâce à des observations entre aires marines protégées et non protégées. Mais il semble que d'autres facteurs à basse fréquence comme les maladies ou les événements extrêmes (e.g. tempêtes, inondations) aient des répercussions très importantes sur les populations de cette espèce clé. Suivre les populations d'oursins à long terme avec des fréquences régulières est donc un élément essentiel, qui doit s'appuyer sur les aires marines protégées comme celles de Carry le Rouet ou de Port-Cros pour mieux connaître le fonctionnement des écosystèmes.



Fig. 3 : L'oursin *Sphaerechinus granularis*



Impact des émissaires en mer : la fin du pouvoir 'auto-épurateur' de l'eau de mer

CHRISTINE PERGENT-MARTINI

UNIVERSITÉ DE CORSE PASCAL PAOLI, BP 52, 20250 CORTE - pmartini@univ-corse.fr



Circulez ! Il n'y a rien à voir !

La perception de l'impact des rejets d'eaux usées en milieu marin a longtemps été minimisée, voire ignorée, du fait des taux de dilution importants, subis par ces rejets lors de leur arrivée en mer. De plus, la théorie d'"auto-épuration" de l'eau de mer, en expliquant une mortalité naturelle et rapide des micro-organismes des eaux résiduaires lors de leur rejet en mer, permettait d'envisager des rejets sans effet puisqu'ils ne pouvaient, selon Aubert (1970), affecter durablement la stabilité du milieu marin.

En outre, la quasi-absence d'impact direct ou des impacts limités, circonscrits au voisinage proche des points de rejet de stations d'épuration, se sont traduits par un certain désintérêt vis à vis de ce type d'aménagement. En effet, bien que les rejets issus de stations d'épuration entraînent **(i)** des modifications du régime rhéologique des masses d'eau au niveau du point de rejet, **(ii)** le déversement de substances diverses (i.e. nutriments, détergents, pesticides...), et **(iii)** un enrichissement en matière organique, qui peuvent constituer une menace réelle pour le milieu marin, la relation de causalité reste souvent difficile à démontrer, et ce, d'autant que la zone géographique affectée peut être étendue, et que chacun des facteurs, pris isolément, n'engendre pas d'impact visible. Ce n'est souvent que la conjonction de ces différents éléments qui, en augmentant la vulnérabilité des organismes, peut entraîner une perte de fonctionnalité des écosystèmes littoraux.

Ainsi, même si un rejet d'eau douce (par exemple un émissaire urbain) modifie, tout au moins à proximité du point de rejet, la salinité du milieu, cette diminution de salinité ne semble affecter significativement ni le milieu, ni les herbiers à *Posidonia oceanica*. L'espèce peut pourtant être considérée comme sténohaline et l'on observe un recul naturel des herbiers au niveau de l'embouchure des fleuves côtiers du littoral oriental de la Corse, par exemple (Pasqualini *et al.*, 1999). De même, l'augmentation de la turbidité des eaux, qui en affectant la photosynthèse, peut provoquer une remontée de la position de la limite inférieure des herbiers de magnoliophytes



Fig. 1 : Débouché de l'émissaire de l'Arinella (Haute-Corse) en 1995 à 25 m de profondeur.

(voir synthèse in Pérès & Picard, 1975; Pérès, 1984) n'apparaît souvent que comme un facteur aggravant, qui vient s'ajouter à d'autres perturbations, telles qu'un apport excessif en nutriments ou en substances toxiques. Si ces apports en excès, ne sont pas sans conséquence dans un milieu généralement considéré comme oligotrophe, les mortalités engendrées restent souvent limitées à une espèce cible et illustrent plus un cas particulier qu'une généralité (voir synthèse in Pergent-Martini & Pergent, 2000).

Les études d'impact pour une meilleure évaluation de l'incidence des aménagements

Il faut attendre le milieu des années 1970s et la mise en évidence d'une dégradation globale de la qualité de l'environnement marin pour que se mette en place des études ciblées sur la toxicité des détergents anioniques (Libes, 1986), des peintures antifouling (Augier *et al.*, 1987) ou, plus tard, des embruns marins pollués (Garabetian *et al.*, 1989).

Plus largement, c'est à cette époque que la notion d'étude d'impact, apparue en 1970, aux Etats-Unis, dans la loi de protection de l'environnement (NEPA), va se propager au niveau international (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2007). Cette notion apparaît, dès 1976, avec la loi relative à la protection de la nature (J.O. du 13 juillet), faisant de la France, le premier pays méditerranéen à adapter le concept nord-américain. Une étude d'impact est une démarche réglementaire qui vise à obtenir des informations sur l'environnement et à évaluer l'impact d'un

aménagement avant sa réalisation, de manière à déterminer, en toute connaissance, si le projet doit effectivement être mené à son terme (UNEP, 1996). Les informations consistent en **(i)** une prédiction des changements éventuels de l'environnement suite à la réalisation de l'aménagement, et **(ii)** des avis sur la manière dont l'aménagement doit être réalisé, de façon à ce que les perturbations induites soient aussi réduites que possible (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2007). C'est le décret du 12 octobre 1977 (Décret N°77-1141) qui définit les termes généraux de l'étude d'impact au niveau national et en précise le contenu au regard de l'importance des travaux envisagés et de leurs incidences prévisibles sur l'environnement. Au cours des années 1980s, cette procédure devient la règle et dès lors, le GIS Posidonie va se voir confier plusieurs études relatives aux rejets d'effluents urbains tant sur le littoral continental que sur le littoral Corse.

La station d'épuration de Marseille-Cortiou : un cas d'école

C'est en 1987, avec la mise en service de la station d'épuration de la ville de Marseille et le rejet des eaux traitées au niveau de la calanque de Cortiou qu'un pas significatif est franchi dans le suivi de ce type d'aménagement. En effet, l'étude du suivi du rejet de Marseille-Cortiou va constituer un cas d'école et ce pour plusieurs raisons.

Le site d'abord, car il bénéficie depuis déjà plusieurs décennies de l'attention des chercheurs du Centre d'Océanologie de Marseille et du GIS Posidonie et que l'évolution des apports urbains comme de leur impact sur le milieu récepteur sont suivis et documentés depuis la fin du 19^{ème} siècle. Ainsi, des reconstitutions sur la distribution des herbiers à *Posidonia oceanica* dans le secteur montrent qu'ils auraient régressés de 46 % entre le début du 20^{ème} siècle et les années 1990s (de 471 ha à 263 ha en 1994 ; Arfi *et al.*, 2000). En outre, au niveau de ce secteur, il semble qu'aucune autre cause de régression des herbiers ne puisse être avancée en dehors des rejets urbains (Boudouresque *et al.*, 2006).

La station d'épuration elle-même, puisque lors de sa mise en service en novembre 1987, il s'agit de la plus importante station d'épuration de type physico-chimique jamais construite en France (elle collecte les eaux usées de près de 1 250 000 habitants et traite 360 000 m³.j⁻¹) et sa conception (un aménagement totalement souterrain, enterré sous des infrastructures sportives) est particulièrement novatrice pour l'époque.

Outre la réalisation d'un vaste état de référence, qui englobe l'ensemble des compartiments du milieu récepteur (colonne d'eau, substrats durs, substrats meubles, principaux peuplements benthiques), lors de la mise en service de la station d'épuration, un suivi pluriannuel de l'aménagement est prévu lors des dix premières années de son exploitation. Cet état de référence va permettre de suivre, pour la première fois en temps réel, la réponse du milieu marin suite à une amélioration des conditions du milieu et va offrir l'opportunité de répondre à des questions majeures en termes de conservation, telles que : un milieu fortement dégradé et impacté depuis des décennies, peut-il récupérer suite à une diminution à la source des apports contaminants, et une limitation à 18 t.j⁻¹ des rejets de matières en suspension (Bertrand, 1990) et si oui, en combien de temps ?

L'expérience montre que la récupération est possible même si elle s'inscrit dans des pas de temps différents en fonction des compartiments étudiés. Ainsi, dès 1993, on note une restauration progressive des peuplements, qui sont plus diversifiés et surtout une récupération des fonds de - 40 m avec la réinstallation d'espèces, comme *Pecten jacobaeus*, qui avaient disparu depuis 20 ans. En 1996, on observe des phénomènes de recolonisation localisée de

l'herbier à *Posidonia oceanica* au niveau du Plateau des Chèvres et, en 1997, la zone polluée, qui occupait une superficie de 2 km² en 1987, s'est réduite et ne représente plus qu'une surface de 0.1 km², à partir du débouché de l'émissaire. En 2000, une diminution de la turbidité est notée ainsi qu'une baisse de la sédimentation et de l'envasement des peuplements sur l'ensemble du secteur, témoignant de la récupération de la zone, même si l'équilibre du secteur reste précaire et qu'il n'a pas encore retrouvé un état comparable à celui qu'il avait avant le début des rejets (Arfi *et al.*, 2000).

Des acquis qui restent à consolider

Ces signes encourageants d'arrêt de dégradation du milieu marin, suite à la mise en place de systèmes d'épuration performants des eaux usées, ont également été observés depuis, dans d'autres sites comme la rade de Giens (Charbonnel *et al.*, 1997). Ces résultats se sont traduits par une amélioration des systèmes de collecte et de traitement des eaux usées. Ainsi ce sont plus de 2 500 stations d'épuration qui ont été mises en place au niveau des régions de la façade méditerranéenne française (Eider, 2004) et aujourd'hui plus de la moitié du réseau d'égouts national bénéficie d'un système séparatif (eaux pluviales/eaux usées) permettant une meilleure optimisation des stations d'épurations existantes (PNUE-PAM- Plan Bleu, 2009).

En outre, ces études ont également permis de mieux cerner l'impact des rejets urbains sur le milieu marin en général, et sur les herbiers à *Posidonia oceanica* en particulier, et de proposer des mesures pour en minimiser les effets négatifs. Ainsi, au regard des pressions exercées sur ces formations majeures, plus aucun émissaire ne devrait déboucher dans un herbier à *Posidonia oceanica* et une distance minimale devrait être prévue entre le point de rejet et les herbiers les plus proches lors de la construction de nouvelles installations (Boudouresque *et al.*, 2006). Enfin les procédures d'études d'impact se sont renforcées et multipliées, puisqu'elles concernent la quasi-totalité des états du bassin méditerranéen (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2007), mais la situation en ce qui concerne le niveau de traitement des effluents urbains reste très inégale, avec un taux d'eaux usées collectées et traitées par un système d'assainissement public variant de 7 % à 90 % à l'échelon méditerranéen (PNUE-PAM- Plan Bleu, 2009), situation qui peut et doit, donc, être améliorée.

Références

- Arfi R., Arnoux A., Bellan-Santini D., Bellan G., Bourcier M., Laubier L., Pergent-Martini C., Dukan S., Durbec J.P., Marinopoulos J., Millot C., Moutin T., Patrity G., Petrenko A., 2000. *Cortiou, évolution d'un site marin soumis à un rejet urbain. Synthèse bibliographique 1960-2000*. Rapp. COM & Ville de Marseille, COM publ.: 1-38.
- Aubert M., 1970. Théorie générale de l'autoépuration de la mer. Premier article. *Scientia* 105 (1/2): 7-25.
- Augier H., Giglio Y., Ramonda G., 1987. *Peintures anti-fouling et herbiers à Posidonia oceanica*. Ministère de l'Environnement : 94 p.
- Bertrand M.C., 1990. *Normes de rejet - Cartes de vocation des zones. Suivi de la qualité des rejets*. Symposium international Protection du milieu marin contre la pollution urbaine, Atelier 2Bis, 20-22 juin 1990 Marseille, 2 : 1-8.

- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. 2006. *Préservation et conservation des herbiers à Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. : 202 p.
- Charbonnel E., Bernard G., Gravez V., Bonhomme P., Francour P., Boudouresque C.F., 1997. *Surveillance de l'herbier à Posidonia oceanica du golfe de Giens (var-France). Rapport du troisième suivi*. Contrat Syndicat intercommunal Hyères-Carqueiranne pour l'assainissement de la baie de Giens & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ.,: 1-98.
- Eider, 2004. Les stations d'épurations publiques en 2004, France et régions. Site du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
<http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/Eider/tables.do>.
- Garabetian F., Paul R., Romano J.C., 1989. *Embruns pollués, rôle et composition de la micro couche de surface à l'interface air-mer*. Contribution du Centre d'Océanologie de Marseille. Ministère de l'Environnement. GIS Posidonie : 38 p. (tome 1) & 22 p. (tome 2).
- Libes M., 1986. *Etude de la toxicité à court terme d'un détergent anionique sur l'assimilation photosynthétique de Posidonia oceanica et de ses épiphytes*. Parc national de Port-Cros : 49 p.
- Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., 1999. Environmental impacts identification along corsican coasts (Mediterranean Sea) using image processing. *Aquatic Botany*, 65: 311-320.
- Pérès J.M., 1984. La régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. In : Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., 1: 445-454.
- Pérès J.M., Picard J., 1975. Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Aquatic Botany*, 1(2): 133-139.
- Pergent-Martini C., Pergent G., 2000. Are marine phanerogams a valuable tool in the evaluation of marine trace-metal contamination: example of the Mediterranean Sea ? *International Journal of environmental Pollution*, 13(1-6) : 126-147.
- PNUE-PAM-CAR/ASP, 2007. Lignes directrices pour les études d'impact pour les herbiers marins. *Document d'information préparé pour la huitième réunion des Points Focaux nationaux pour les Aires Spécialement Protégées du CAR/ASP*, par C. Pergent-Martini & C. Le Ravallec. Palerme, Italie, 6-9 juin 2007, WG 308/Inf.6 : 45 p + ann.
- PNUE-PAM-Plan Bleu, 2009. Etat de l'environnement et du développement en Méditerranée 2009. PNUE/PAM-Plan Bleu, Athènes: 212 p.
- UNEP, 1996. *Environmental Impact assessment : issues, trends and practice*. Scott Wilson Resource Consultants & UNEP International Working group on EIA, UNEP publ.: 96 p.



Les récifs artificiels et le GIS Posidonie :

de l'observation des poissons à la conception du plus grand récif de Méditerranée

ERIC CHARBONNEL

PARC MARIN DE LA CÔTE BLEUE, OBSERVATOIRE - 31, AV JEAN BART, PLAGE DU ROUET
B.P. 42 13620 CARRY-LE-ROUET - charbonnel.eric@parcmarincotebleue.fr



Les récifs artificiels font beaucoup parler, il y a sans doute ce fantasme de vouloir 'recréer' la nature, de jouer avec des Lego® géants pour imaginer et construire des maisons à poissons. C'est pourtant une vieille idée, puisque dès 1897 Antoine-Fortuné Marion, le fondateur de la célèbre Station Marine d'Endoume à Marseille, proposait d'immerger des enrochements « *pour y jouer le rôle de collecteurs, augmentant la faune et la flore par des surfaces nouvelles de fixation, pour y servir d'abri à des espèces comestibles...* ». Un visionnaire pour l'époque, car il aura fallu attendre 110 ans pour que, le 25 octobre 2007, les premières pierres de l'édifice soient enfin posées dans la baie du Prado, pour le chantier du plus grand récif de Méditerranée.

Des récifs artificiels, pour quoi faire ?

Face aux pressions constantes exercées par les activités humaines sur le littoral et aux dégradations de l'environnement marin et de ses ressources, les récifs artificiels représentent un des outils de gestion de la bande côtière et des ressources littorales les plus performants, après la mise en place d'aires marines protégées.

Un récif artificiel peut se définir comme une structure immergée volontairement dans le but de créer, protéger ou restaurer un écosystème. Les récifs, qui imitent les caractéristiques des zones rocheuses naturelles, peuvent induire chez les animaux des réponses d'attraction, de concentration, de protection et de production, avec une augmentation de la biomasse, du nombre d'espèces et de la reproduction de certaines espèces. Ils fonctionnent à la manière de mini-réserves, avec un '**effet refuge**' observé, mais souvent amplifié car les récifs peuvent être plus performants que les habitats naturels, quand ils offrent une grande diversité d'habitats anfractueux. Les aménagements en récifs artificiels répondent autant à un objectif environnemental que

socio-économique, avec un soutien attendu à la pêche artisanale. Bien souvent, ce sont d'ailleurs les pêcheurs professionnels, qui sont à l'initiative des projets. On distingue généralement trois grandes catégories de récifs artificiels :

(i) les récifs de 'production', véritables 'maisons à poissons', créateurs de biodiversité et de biomasse. Ces récifs visent un accroissement des ressources en vue d'une exploitation par la pêche ;

(ii) les récifs de 'protection'. Différents types de structures ont été imaginés pour réduire les nuisances liées au chalutage illégal dans la bande côtière des 3 milles nautiques (5 556 m). Le principe de base est de constituer des obstacles physiques aux chaluts, par une action mécanique d'accroche, en disposant les modules un à un en ligne, afin d'occuper le maximum d'espace et de former une véritable barrière contre les chalutiers ;

(iii) les récifs 'paysagers', ayant un objectif plus récréatif et ludique pour la plongée sous-marine, tels que les 'jardins d'épaves'. Ce type de récifs, encore en gestation, est certainement amené à se développer dans les années à venir sur le littoral, compte tenu de leur vocation touristique.

Les récifs et le GIS Posidonie, une histoire de pionniers

Les aménagements en récifs artificiels concernent une quarantaine de pays, dont les leaders sont le Japon et les USA. En France, les premières immersions débutent dès 1968, mais ne sont que des tentatives organisées à l'échelon local, sans concertation préalable et réalisées avec des matériaux de rebuts, souvent mal adaptés (par exemple, 400 m³ de carcasses de voitures à Palavas, 20 000 pneumatiques à Golfe-Juan). Le premier récif expérimental est conçu et immergé par Alexandre Meinesz en 1972 à Beaulieu-sur-mer. Patiemment, il assemble sous l'eau des dalles de jardin en calcaire pour créer une rague à sars de 10 m de long contre un tombant de matée à 8 m de profondeur. 'Sir Alex' récidivera plus tard avec son récif 'Thalamé'. Au début des années 1980s, des récifs alvéolaires faits de briques et parpaings sont immergés dans les réserves de pêche du Parc Marin de la Côte Bleue et des Alpes-Maritimes. Hormis ces réalisations pionnières, il faut attendre 1985 pour que les pouvoirs publics français décident d'organiser une véritable action nationale concertée, avec 35 000 m³ de récifs s'intégrant dans un programme de gestion de l'espace littoral et dans une stratégie de développement de la bande côtière.

A cette époque, la Station Marine d'Endoume, précurseur en la matière, impulse les premières recherches avec la thèse de Capucine Duval sur la colonisation de petites structures complexes par le benthos (1983), puis celle de Denis Ody (1987) sur les poissons des récifs artificiels de la Côte Bleue, thèses encadrées par Jean-Georges Harmelin (Fig.2) et Denise Bellan-Santini. Le GIS Posidonie participe aux suivis scientifiques des récifs artificiels dès 1985 et les contrats d'études conduisent les palmipèdes compteurs de poissons depuis l'Italie (Spotorno, Vintimille, 1990) et les Alpes-Maritimes (18 récifs sur 3 sites suivis entre 1987 et 1989, puis entre 1998 et 2000) aux rivages de la Camargue (Beauduc, 1991), de la Côte Bleue (suivi de 9 récifs en 1993 et de 18 récifs sur 5 sites en 2000) et du Languedoc (Agde et Marseillan, 12 récifs suivis en 1996-1997). Mais compter les poissons n'est pas une fin en soi et les membres de l'équipe permanente du GIS Posidonie (Patrice Francour et Eric Charbonnel, Fig.2) représentent également la France dans le réseau européen de recherche sur les récifs (EARRN) entre 1996 et 1998 et participent également à la conception de plusieurs types de récifs.



Fig. 1 : De gauche à droite : Patrice Francour, Eric Charbonnel et Jean-Georges Harmelin, dont les travaux ont largement contribué à la connaissance du fonctionnement des récifs artificiels en Méditerranée.

A Port-Cros, le GIS Posidonie, aidé par Denis Ody, étudie les effets de la **complexification** de l'architecture des 2 récifs de La Palud durant 2 phases en ajoutant d'abord des dalles et des parpaings en 1988, puis, en 1997, des matériaux de petites mailles sur le récif à 15 m de profondeur. La structure tridimensionnelle de l'autre récif plus profond (-35 m) est aussi modifiée en y installant un réseau de filières et de cordages sur une hauteur de 16 m (Fig. 3). Dans un ballet aquatique étrange, Jo Harmelin, Denis Ody, Laurence Le Diréach et Eric Charbonnel façonnent un récif plus attractif que les cubes d'origine. La

modification du design entraîne une augmentation des ressources trophiques disponibles et des abris disponibles et ainsi, une **diversification** des peuplements de poissons. Les filières permettent également au récif de travailler sur toute la colonne d'eau, des espèces de pleine eau, planctonophages, servant de poisson fourrage, aux carnivores erratiques.

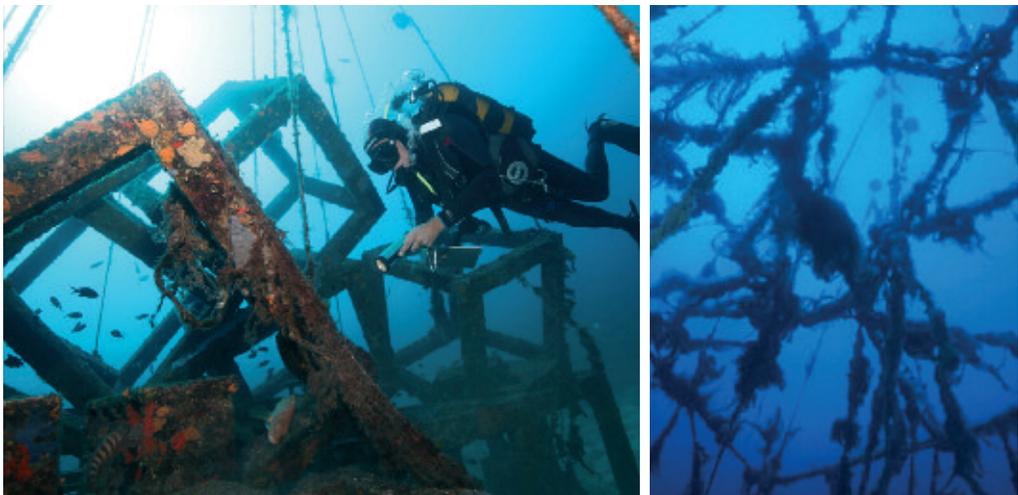


Fig. 2 : Récif expérimental de la baie de la palud à Port-Cros à 15 m caractérisé par des filières (gros plan à droite) soutenues par des bouées au-dessus du récif artificiel.

Comment concevoir un récif efficace ?

Le point d'orgue de l'aventure récifs arrive avec la conception et le suivi des récifs de la baie du Prado à Marseille, le plus vaste programme jamais réalisé en Méditerranée, avec 27 300 m³ de matériaux déployés sur 210 ha pour un budget global de 6 millions d'euros (Fig. 4). L'idée de départ est que pour être efficace, un récif doit copier au mieux les habitats naturels les plus productifs. Comme la nature aime le désordre, un agencement complexe et hétérogène doit favoriser une multiplicité de cavités, d'habitats et d'abris de tailles variées, donc l'installation d'un peuplement de poissons le plus diversifié possible. Cette démarche d'imitation de la nature est logique, les récifs devant copier le plus possible les habitats naturels performants.

L'élément clef de la réussite biologique d'un récif artificiel, c'est à la fois la complexité de son architecture et son urbanisme : la façon dont sont agencés entre eux les modules. Les matériaux, les formes, les dimensions, l'architecture et la disposition des récifs sur le fond jouent un rôle prépondérant sur l'efficacité écologique et la pérennité de l'aménagement. La notion de discontinuité horizontale et verticale est importante dans l'agencement des récifs : discontinuité dans les hauteurs, dans les tailles, dans les volumes, dans la variété des types de récifs et leur forme, dans l'agencement et l'espacement horizontal entre récifs.

Suite à une étude de faisabilité du GIS Posidonie réalisée en 1999, la ville de Marseille délègue la maîtrise d'œuvre au bureau d'étude BRL Ingénierie, qui s'associe au GIS Posidonie en 2003 pour une aventure de plus de 3 ans, afin de concevoir les différents récifs, de proposer leur agencement, dans la baie et entre eux, et de réaliser les divers dossiers techniques et administratifs. Formidable expérience que de concevoir de nouveaux types de récifs, en essayant de se mettre dans la peau d'un poisson ! Une des originalités du projet consiste à agencer les différents récifs en les regroupant en 'hameaux' puis en 'villages' (concept d'**urbanisation diffuse**). Ces six 'villages', de forme triangulaire sont reliés entre eux par des 'liaisons fonctionnelles', véritables **corridors biologiques** permettant aux poissons de passer d'un récif à l'autre. Six types de modules de forme, taille, volume et matériaux différents sont spécialement conçus pour l'opération. Plusieurs types de matériaux de garnissage y sont ajoutés (pochons d'huîtres, éléments fins tels que parpaings et pots à poulpes, filières flottantes immergées), afin d'optimiser les récifs en les complexifiant pour créer du 'chaos organisé'. Des amas d'enrochements (blocs de carrière de tailles variables) et des filières hautes complètent le dispositif (Fig. 5).

Au final, les récifs Prado ne sont sans doute pas le récif idéal sur le plan écologique, car de nombreux compromis et ajustements sont nécessaires, en raison des contraintes économiques, législatives, environnementales et sociales. Mais c'est une réelle réussite, grâce à une vaste concertation associant des acteurs et des compétences très variés. Les récifs artificiels agissent d'ailleurs en catalyseur d'idées, car ils font rêver et permettent de rassembler autour d'un projet fédérateur des acteurs venus d'horizons très différents (institutionnels, élus, pêcheurs, usagers de la mer, ingénieurs du BTP, bureaux d'études, scientifiques, etc.) pour la co-construction d'un récif adapté. Les récifs conjuguent aussi l'art et la science, celle basée sur l'observation des



Fig. 3 : Modules des récifs de la baie du Prado avant immersion.

espèces pour leur offrir le gîte et le couvert et des niches adaptées.

L'histoire du GIS Posidonie et des récifs artificiels se poursuit encore aujourd'hui dans la baie du Prado, avec l'obtention du marché de suivi pendant 5 ans. Depuis 2009, les plongeurs/compteurs/photographes arpentent les fonds aménagés et mesurent l'effet de ces cités sous-marines sur la reconquête de la biodiversité.

Les récifs artificiels : un outil d'avenir ?

Les récifs artificiels, tout comme les aires marines protégées (AMP), constituent des outils de gestion performants pouvant concerner à la fois :

- (i)** les usages (partage de l'espace et de la ressource entre les métiers de la pêche (récifs anti-chalutage), récifs à vocation récréative, plongée (épaves et récifs paysagers) ;
- (ii)** l'aspect halieutique (augmentation attendue des ressources exploitables et soutien à la pêche professionnelle artisanale locale aux petits métiers) ;
- (iii)** l'aspect écologique (protection d'habitats et d'espèces vulnérables, outils d'aide aux AMP, restauration de milieux dégradés, diversification de substrats naturellement pauvres).

Au total, les récifs artificiels peuvent constituer une réponse possible aux nombreux problèmes concernant les ressources vivantes côtières, comme certaines surpêches et dégradations des écosystèmes et des habitats. Les récifs représentent un bon outil pour la gestion des ressources et peuvent contribuer au maintien des pêcheries et des pêcheurs, comme dans le Parc Marin de la Côte Bleue. Néanmoins, les récifs ne sont pas des 'fontaines à poissons', ni un remède miracle. Ils ne constituent qu'une facette d'une gestion globale et durable, qui doit prendre en compte toutes les phases de vie des espèces exploitées, en particulier les zones de frayères et de nurseries.

Au même titre que les AMP, les récifs artificiels sont des outils adaptés dans le contexte actuel de changement de la politique commune des pêches (PCP) en Europe, qui vise un développement durable de l'activité en respectant la ressource et les écosystèmes, en particulier l'intégrité des habitats, condition *sine qua non* au maintien des ressources.

'Aménager la mer tout en la ménageant' pourrait constituer le challenge des prochaines années.

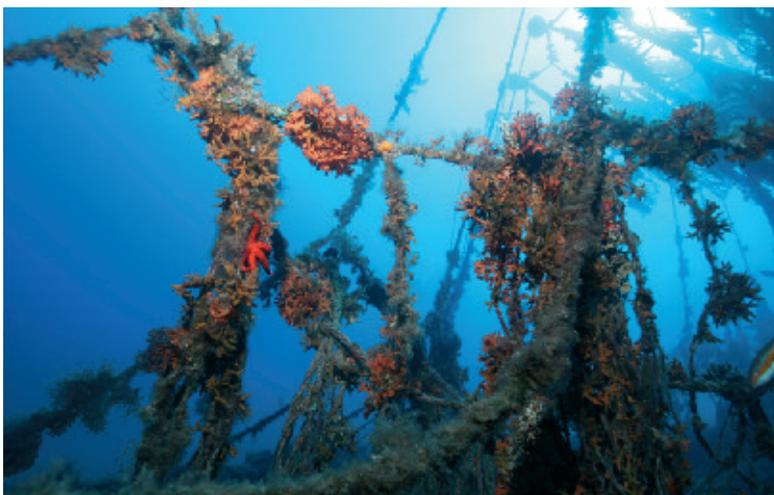


Fig. 4 . Récif filière dans la baie du Prado à Marseille



Du conte de "la petite sirène" à la transplantation des posidonies : une aventure parsemée de rencontres

HEIKE MOLENAAR

UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS, FACULTÉ DES SCIENCES, PARC VALROSE,
06108 NICE CEDEX 2 - heike_molenaar@hotmail.com



De la lecture à la plongée : un petit pas 'géant'

« *Bien loin dans la mer, l'eau est bleue..., pure comme le verre le plus transparent, mais si profonde..., il y croît des plantes et des arbres bizarres, et si souples que le moindre mouvement de l'eau les fait s'agiter comme s'ils étaient vivants...* », ce monde mystérieux, fascinant, m'impressionnait, j'essayais de m'en imprégner. Je relisais le conte des dizaines de fois, je passais des heures à regarder la couverture de "la petite sirène" en rêvant, en essayant de dessiner ou de peindre des paysages sous-marins décrits par Andersen en 1835.

Les années passent et je me retrouve en octobre 1986 devant le choix de ma troisième année universitaire à Nice : je veux faire de la biologie et de l'écologie marines. Je me mets aussi à la recherche d'une école de plongée et quelques jours plus tard je fais mon 'baptême' dans la rade de Villefranche-sur-Mer. Tout ce matériel me fait peur mais je vais enfin découvrir le monde de la petite sirène et ce jour-là, je rencontre pour la première fois la posidonie. Il y a ce vert intense, à perte de vue : les champs de posidonies ! C'est un spectacle magnifique, d'abord le bleu tellement lointain, tellement profond, tellement 'libre', puis le bruit de notre respiration, qui résonne dans cette immensité, et autour : le silence. Je comprends ce jour-là, que tout ce que j'ai toujours essayé d'exprimer sur papier avec des crayons ou de la peinture, ne peut me satisfaire complètement. Je baigne enfin, comme la petite sirène, de tout mon corps dans ce

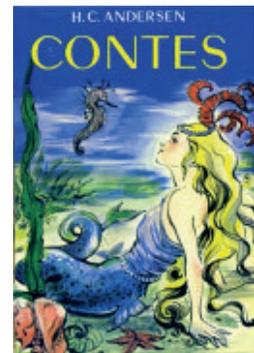


Fig. 1 La 'petite sirène' en couverture des contes d'Andersen dans la collection 'Nouvelle bibliothèque rose'



Fig. 2 : Transplantation expérimentale de boutures de posidonies

monde mystérieux et féérique à quelques mètres sous la surface et je sais que la mer va devenir mon milieu favori de détente, de bien être, de travail, mon laboratoire d'expérimentation. Mon choix est fait. Pourtant mes enseignants me découragent de continuer dans cette voie.

De rencontre en rencontre vers l'expérimentation

Je poursuis pourtant mes études et j'apprends à plonger pendant mon temps libre. Au cours de cette troisième année, à l'occasion d'une sortie d'algologie, un de mes enseignants remarque un autocollant de plongée sous-marine sur ma voiture : c'est Alexandre Meinesz. A la rentrée universitaire suivante, je retourne le voir et lui demande si je peux participer, l'été suivant, à une de ses missions. Il accepte.

J'ai eu le courage de frapper à la bonne porte et j'ai appris à plonger en toute sécurité. C'est le début de mon aventure avec *Posidonia oceanica*. Pendant cette mission mon chemin croise celui de Charles-François Boudouresque sans lequel je n'aurais pu intégrer la formation de Marseille. Un an plus tard, j'obtiens avec mention, mon D.E.A. d'Océanographie ! Durant cette année je fais plus ample connaissance avec les posidonies en mettant en place un grand nombre d'expériences de transplantations de boutures, qui aboutissent à l'élaboration de mon sujet de thèse.

De l'expérimentation au brevet d'invention, en passant par la publication

Lorsqu'en 1767, Carl von Linnaeus décrit cette plante sous le nom de *Zostera oceanica*, puis qu'en 1813 Alire Delile la transfère dans le genre *Posidonia*, créé quelques années auparavant du nom du Dieu grec de la Mer : Poséidon, ils ne se doutent pas qu'ils baptisent alors un des végétaux essentiels dans l'équilibre écologique de la mer Méditerranée. Ils ne savent pas non plus que ces plantes capables de bien des caprices peuvent offrir une vision sous-marine

éblouissante : des champs à perte de vue, les 'herbiers'. Mais ces herbiers subissent parfois de vastes régressions dues aux activités humaines (pollutions, ancrages, aménagements, etc). La recolonisation de milieux endommagés peut se faire par l'extension lente des herbiers en place situés aux alentours, par la fixation de boutures naturelles ou par le développement de graines. Le bouturage naturel est estimé à 3 boutures fixées/ha/an car les fragments de plante détachés sous l'action de l'hydrodynamisme, n'ont que de rares chances de pouvoir se fixer sur un sol favorable. La reproduction sexuée est rare et souvent autogame (interfécondation des organes mâles et femelles d'une même fleur). Les fruits se détachent, flottent à la surface et lorsqu'ils s'ouvrent à maturité, les graines libérées ne tombent pas souvent sur un substrat ou à une profondeur favorables permettant leur germination.

Devant ce faible espoir que les herbiers puissent reconquérir seuls des zones anciennement endommagées et grâce aux connaissances acquises sur la biologie de la plante, sur l'architecture des herbiers, il est nécessaire de répondre à un besoin. Ainsi, nous testons pendant plus de quatre années, un grand nombre de paramètres pouvant agir sur la survie, la croissance et le développement de boutures transplantées *in situ*.

L'objectif de nos travaux est de répondre à moyen puis à long terme à une question : face au recul généralisé des herbiers de posidonies, l'Homme peut-il intervenir pour régénérer des espaces sous-marins endommagés après avoir limité ou supprimé l'agent destructeur ?

Des boutures sont alors récoltées dans des herbiers où la densité autorise un prélèvement, jouant même un rôle d'élagage. Elles sont transplantées dans des sites expérimentaux en Corse : près de la Réserve de Scandola, près des îles Lavezzi et dans les Alpes Maritimes : dans la baie de Cannes et la baie de Nice. Nous testons les profondeurs de récolte et de transplantation, les substrats, les morphologies des boutures, la longueur des boutures, les saisons favorables, les dispositions des boutures, les densités favorables.

Ainsi, la meilleure saison de transplantation pour la survie et le développement est le printemps pour les boutures plagiotropes (qui se développent horizontalement à la périphérie de l'herbier) avec un taux moyen de survie de 92% après 3 ans et l'automne pour les boutures orthotropes (qui se développent verticalement dans l'herbier) avec un taux de survie de 45%. Les boutures à morphologie plagiotrope donnent de meilleurs résultats (75% de survie) que les boutures à morphologie orthotrope (30-60% de survie), et, leur croissance est plus rapide. Les boutures plagiotropes portant entre 3 et 5 faisceaux foliaires survivent mieux et la longueur optimale du rhizome pour les boutures orthotropes est de 10 à 15 cm. Les boutures transplantées à une profondeur plus faible que leur profondeur de récolte donnent de meilleurs résultats que celles provenant d'herbiers superficiels et transplantées plus profond. Les boutures montrent un comportement grégaire, elles donnent de meilleurs résultats lorsqu'elles sont disposées avec un espacement n'excédant pas 5 cm.

Si l'on prend en compte tous ces éléments, le taux de survie des boutures de posidonies peut être très bon et atteindre plus de 84% après 4 années. La recolonisation est toutefois lente, le nombre total de faisceaux foliaires change peu les deux premières années. La formation de nouvelles ramifications compense simplement la mortalité. Ce n'est qu'à partir de la troisième année qu'on observe un accroissement du nombre de faisceaux. Les boutures sont alors bien enracinées et amorcent la colonisation du milieu.

Le substrat de transplantation a une importance lorsqu'on réalise la réimplantation, qui est la réintroduction de la plante dans une zone où elle a existé dans le passé et d'où elle a disparu du fait de l'action de l'Homme. Lorsqu'on veut simplement effectuer un renforcement des

populations c'est-à-dire transplanter des boutures dans une zone où les effectifs sont trop faibles, le substrat a moins d'importance puisque l'espèce existe déjà dans cette zone.

Dans ces différentes expériences, les boutures sont fixées soit sur des grillages en plastique, eux même fixés au sol par des piquets, soit elles sont fixées individuellement par des piquets métalliques. Dans un souci de respect de l'environnement, ces piquets sont retirés après l'enracinement des boutures.

L'ensemble de ces travaux a donné lieu à de nombreuses publications scientifiques, à l'aboutissement de ma thèse de doctorat et a permis de mettre au point une véritable technique de transplantation de boutures de *Posidonia oceanica*. Ainsi, dans le but de contribuer à la protection de l'environnement marin et dans le souci de l'aboutissement d'un projet de recherche appliquée, cette technique a fait l'objet d'un brevet d'invention déposé à l'Institut National de la Propriété Industrielle par l'Université de Nice-Sophia Antipolis, le 15 septembre 1992.

Du brevet d'invention à la reforestation sous-marine : un parcours bien cadré

Les orientations techniques de ces recherches (maîtrise des techniques de plongée sous-marine, maîtrise du repérage visuel du matériel à récolter, maîtrise de la logistique et de l'efficacité des opérations, maîtrise de la biologie de la plante pour un suivi dans le temps *in situ*) peuvent trouver des applications pratiques puisqu'elles contribuent au rapprochement entre la science et le grand public. En effet, au cours de ces recherches nous faisons fréquemment appel à différents partenaires, dont le GIS Posidonie. Leur logistique, l'aide qu'ils apportent sur le terrain et au laboratoire ou leur compétence en information et prévention, permettent de faire connaître un peu mieux le milieu marin et la recherche scientifique qu'on peut y effectuer hors des laboratoires traditionnels. Ces aides sont précieuses et permettent la mise en place *in situ* de près de 6 000 boutures expérimentales.

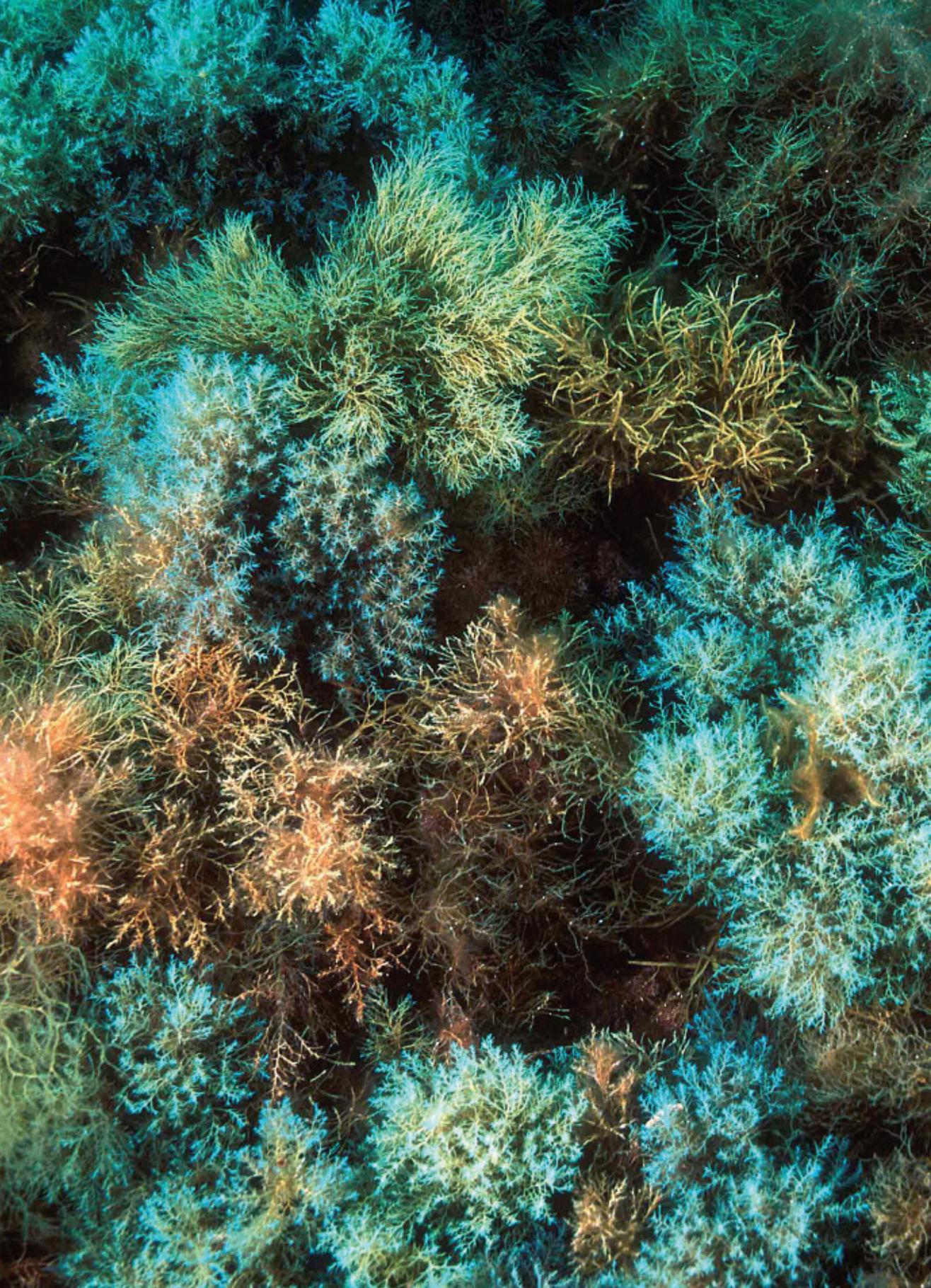
Néanmoins, bien qu'ayant une technique brevetée à disposition et une volonté de valoriser le milieu, il reste difficile de vouloir passer à une reforestation massive du milieu marin, telle qu'elle est pratiquée dans le milieu continental. Une opération de **transplantations** de grande envergure présenterait un coût trop élevé par rapport à d'autres opérations de **préservation** de la qualité des milieux ou de **restauration** des écosystèmes littoraux.

De plus, il existe un risque : celui des 'mesures compensatoires' qui peuvent être utilisées comme un alibi permettant de poursuivre des aménagements littoraux destructeurs en donnant bonne conscience aux élus mais en trompant le public. Il est bien clair que la destruction d'un herbier de posidonies par recouvrement sous un ouvrage est irréversible car le biotope est définitivement détruit et aucune compensation ne peut rétablir l'équilibre initial.

Quoi qu'il en soit, en France, du fait de la protection légale de *Posidonia oceanica*, les opérations de transplantations, qui impliquent la récolte et le transport de boutures en épaves ou non, ne sont autorisées que sous réserve d'appliquer le « code de bonne conduite » établi par les scientifiques à la demande du Ministère de l'Environnement et par dérogation accordée par le même Ministère.

Ainsi, s'achève ma petite contribution à l'avancement des connaissances sur ces plantes dont parlait Andersen dans mon livre d'enfance, ces plantes rencontrées lors de ma première plongée et qui m'émerveillent encore autant à chacune de mes plongées actuelles.





La réserve de Scandola ou 'retour vers le passé'

MARC VERLAQUE

MEDITERRANEAN INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY (MIO), AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ ET UNIVERSITÉ DU SUD TOULON-VAR, CNRS/INSU, IRD, UM 110, CAMPUS UNIVERSITAIRE DE LUMINY, 13288 MARSEILLE CEDEX 9, FRANCE - marc.verlaque@univ-amu.fr



Les *Cystoseira* sont de grandes algues brunes pérennes qui, sous l'eau, sont l'équivalent des arbres sur terre. Des 'arbres' bien modestes qui ne dépassent pas quelques dizaines de centimètres de hauteur, mais qui constituent les 'forêts' sous-marines de Méditerranée. Ces forêts, bien que miniatures, s'organisent et fonctionnent comme les forêts terrestres, avec des formations jeunes et arbustives et des 'forêts' matures et denses parsemées de clairières. Sous les rameaux de *Cystoseira*, couverts d'épiphytes et de "lianes" algales, se développe un 'sous-bois' d'espèces sciaphiles², alors que des hordes d'animaux (petits invertébrés, juvéniles) s'affairent au milieu des frondaisons et sont la proie de grands prédateurs (poissons, crustacés, mollusques etc.) à l'affût ou en maraude.

Depuis la moitié du XX^{ème} siècle, les *Cystoseira* payent un lourd tribut au développement des pays méditerranéens. Elles régressent dramatiquement sur nos rivages, victimes directes ou indirectes des activités humaines. Recouvertes par les aménagements littoraux, arrachées par les engins de pêche et les ancrs, empoisonnées par la pollution, dévorées par les oursins qui pullulent suite à la surpêche de leurs prédateurs, nos 'forêts' sous-marines disparaissent inexorablement. Contrairement à leurs sœurs terrestres, dont les incendies soulèvent l'émotion, et qui sont du reste en progression, à l'échelle de la Provence, nos forêts sous-marines disparaissent dans une relative indifférence. Sur les côtes provençales, les grandes 'forêts' de *Cystoseira* font déjà partie du passé. Les espèces de mi-profondeur ont disparu, celles de grande profondeur sont devenues rarissimes, seul subsiste près de la surface un fin liseré discontinu de *Cystoseira amentacea*.

Que pouvaient-être les paysages sous-marins de Provence avant que l'Homme y imprime sa marque ? De la surface jusqu'à plusieurs dizaines de mètres de profondeur, sur les rochers ensoleillés, d'immenses 'forêts' de *Cystoseira* et des herbiers florissants de posidonie devaient ondoyer à perte de vue sous une sarabande de poissons. Comment imaginer un tel spectacle lorsque l'on plonge aujourd'hui entre Banyuls et Menton ? Comment faire machine arrière, corriger nos erreurs et retrouver le jardin d'Eden ? 'C'est impossible' me direz-vous.

² Sciaphile : qui aime l'ombre = qui vit à l'ombre

Je répondrai ‘Détrompez-vous, il y a une solution car la DeLorean³ existe (salut Marty !), elle s'appelle ‘Scandola’. Une immersion dans cette Réserve naturelle de Corse et vous êtes catapultés dans des temps révolus, dans une Méditerranée encore vierge. Là, les fonds ont été miraculeusement épargnés comme si aménagement, pollution, pêche et navigation n'existaient pas encore. De vastes ‘forêts’ exubérantes de *Cystoseira* s'étendent à perte de vue (Fig. 2). Des bancs de poissons ‘nobles’ (corbs, daurades, dentis, mérours, pagres, sars, sérioles) de tailles respectables survolent les fonds, ou sont tapis, à l'affût, entre les ‘arbres’ *Cystoseira* (chapons, murènes, rascasses), à côté des langoustes, cigales et araignées de mer. Ce ‘voyage dans le temps’ je l'ai fait pour la première fois en 1975, quand, jeune étudiant du Professeur



Fig. 2. Les peuplements de cystoseires constituent une ‘forêt’ dense offrant des abris à la faune marine.

Boudouresque, j'ai fait ma première mission de terrain. C'était en février, autant dire que mon premier contact avec les ‘forêts’ de *Cystoseira* fut assez glacial (à l'époque les combinaisons de plongée étaient encore assez fines). Par la suite, grâce au Parc Naturel Régional de Corse, aux agents de la Réserve de Scandola et au GIS Posidonie, j'ai pu refaire ce fascinant ‘retour vers le passé’ à de multiples reprises. L'îlot des Orgues, Palazzu, Palazzinu, Gargalu, Garganellu..., à ces noms des flots d'images de ‘forêts’ de *Cystoseira* me reviennent à l'esprit.

La systématique des *Cystoseira* n'étant pas très aisée (c'est le moins qu'on puisse dire), pendant plusieurs années, je les ai côtoyées sans les regarder en détail, me limitant à identifier les espèces classiquement répertoriées en Corse. Jusqu'au jour où un très cher et éminent collègue catalan, le Dr. Enric Ballesteros et son équipe, ont débarqué à Scandola et ont attiré mon attention sur plusieurs espèces que je ne connaissais pas. Ce fut le point de départ de recherches passionnantes, qui nous ont conduits à plonger et à échantillonner partout à Scandola. Le matériel récolté fut étudié en détail, puis confronté aux grandes collections d'algues conservées au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris, au Naturhistorisches Museum de Wien en Autriche et à celles de l'Université de Catania en Sicile. Le résultat de ces recherches fut à la hauteur de nos efforts avec la découverte de trois espèces méditerranéennes de *Cystoseira* nouvelles pour la Corse et pour la France (Verlaque *et al.*, 1999). C'était un peu comme découvrir trois espèces inconnues d'arbres dans la forêt située juste derrière chez vous. La première, *Cystoseira usneoides*, est une espèce atlantico-méditerranéenne qui n'était connue auparavant que des rives sud de la Méditerranée, de l'Espagne et d'Italie. Scandola est actuellement la seule localité française où l'espèce a été signalée. La seconde, *Cystoseira funkii*, était restée ignorée par la communauté scientifique depuis sa description, en 1976, du golfe de Naples. La dernière, *Cystoseira jabukae*, n'avait jamais été revue depuis sa découverte, dans les années 1950, à Jabuka, un petit îlot perdu au centre de l'Adriatique. Nos recherches ont permis de démontrer que toutes les signalisations méditerranéennes antérieures de cette espèce étaient erronées et correspondaient à *Cystoseira funkii*. Depuis, de nouvelles recherches ont permis de retrouver de très rares survivants de *Cystoseira funkii* et de *Cystoseira jabukae* sur le littoral provençal.

³ La célèbre ‘Machine à explorer le temps’ de Marty Mc Fly, héros de ‘Retour vers le Futur’, film de Robert Zemeckis, de 1985

La découverte, encore de nos jours, de grandes algues pérennes inconnues sur nos rivages illustre le caractère encore très partiel de nos connaissances sur la flore et la faune de Méditerranée. Dans le contexte actuel d'appauvrissement rapide et général de la biodiversité, ce type de découverte illustre aussi l'urgence des inventaires systématiques. Les aires marines protégées (AMPs) comme Scandola jouent un rôle majeur dans la préservation et la reconstitution des stocks exploitables, mais elles sont aussi des conservatoires de la biodiversité, véritables sanctuaires de la Nature qui nous offrent l'opportunité d'enrichir nos connaissances et de faire avancer la Science. La Réserve Naturelle de Scandola, avec une quinzaine d'espèces et de variétés différentes de *Cystoseira* (soit près de la moitié des espèces et variétés recensées à ce jour en Méditerranée) prospérant de la surface jusqu'à près de 80 m de profondeur, en est une éclatante illustration (Fig. 3).



Fig. 3 : Cystoseires et posidonies se rencontrent près de la surface dans la réserve naturelle de Scandola.

Ces sanctuaires naturels sont fragiles et exigent une attention de tous les instants, aussi seul un petit nombre de scientifiques ont eu la chance et l'immense privilège d'embarquer dans la 'DeLorean' Scandola et de retrouver la Méditerranée des origines, quasi-vierge de toute offense. Je vous souhaite d'avoir cette chance, vous ne serez pas déçus, des découvertes vous attendent à chaque plongée. Depuis 20 ans, les recherches conduites par le GIS Posidonie dans les aires marines protégées s'inscrivent dans cette démarche.

Un dernier conseil pour les futurs voyageurs, préparez-vous au 'retour vers le présent', retrouver le XXI^{ème} siècle et ses nuisances est toujours très éprouvant !

Références

Verlaque M., Ballesteros E., Sala E. Garrabou J., 1999. New collection of *Cystoseira jabukae* (*Cystoseiraceae*, *Fucophyceae*) from Corsica (Mediterranean), with notes on the previously misunderstood species, *C. funkii*. *Phycologia*, 38 (2) : 77-86.



La recherche au service de la gestion : les moyens d'inventer

PHILIPPE ROBERT

PHILMER, MARINE PROTECTED AREAS.- Philmer83@gmail.com



L'histoire des hommes

En 1982, le Parc national de Port-Cros est dirigé par André Manche, un IGREF passionné par la conservation des milieux naturels et marins en particulier. Le service scientifique du parc est dirigé par Jannick Olivier, ayant accompli son cursus universitaire complet à l'Université d'Aix-Marseille où le Professeur Charles-François Boudouresque fut un de ses mentors, aux côtés du professeur Roger Molinier. Plus modestement, la partie plus spécifiquement marine du service scientifique du parc est appuyée par l'auteur de cet article, plutôt en charge, au départ, des activités éducatives du parc.

A cette époque, le parc national entre dans une ère nouvelle. Sa Direction et son Service scientifique souhaitent renforcer la recherche scientifique en vue de mieux connaître, conserver et gérer ses milieux naturels, tout particulièrement en mer. Les liens avec les scientifiques se renforcent et de grands programmes nationaux se mettent en place. C'est à cette époque qu'est créé le Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Posidonie.

Dans sa gestion quotidienne, le parc est souvent confronté à des problèmes concrets, qui demandent des solutions rapides et réalistes. C'est le cas en particulier des trois questions suivantes, dans lesquelles l'auteur de cet article s'est largement impliqué, en étroite collaboration avec les universitaires.

Les mouillages

De façon intuitive, chacun observe les dégâts occasionnés par les ancres des bateaux dans les herbiers à *Posidonia oceanica* et dans le coralligène. Dans les années 1970s, en croyant remédier à l'effet des ancres sur les herbiers, le parc avait mis en place dans la baie de Port-Cros un ensemble de corps morts reliés entre eux par des chaînes mères, elles-mêmes



Fig. 1 : Ancre sur fond d'herbier de Posidonie à Port-Cros.

supports de bouées pour les amarrages des bateaux de plaisance. Une dizaine d'année plus tard, on découvre que le remède est pire que le mal : les corps-morts et leurs chaînes, provoquent une dégradation profonde des herbiers, bien plus encore que les ancres elles-mêmes, avec notamment des tranchées creusées dans les mattes. Une solution plus efficace devient alors nécessaire et urgente. Elle viendra grâce à une autre collaboration pertinente : celle du gestionnaire avec une entreprise de travaux sous-marins, passionnée et motivée par la protection de cet environnement fragile, 'Neptune Environnement'. Plusieurs tests sont ainsi menés au sein du parc et permettent la mise au point de nouveaux dispositifs d'amarrage écologique pour le sable, les herbiers et la roche, respectant les besoins de sécurité des navires et sans impact sur les écosystèmes benthiques. Cette expérience très positive a permis aujourd'hui d'équiper avec succès, bon nombre d'aires de mouillages dans les aires marines protégées de la Méditerranée et d'ailleurs.

La pêche

Hormis le chalutage et la chasse sous-marine, interdits dès la création du parc en 1963, la pêche professionnelle et celle de loisir se sont développées à Port-Cros, comme dans tous les autres secteurs du littoral méditerranéen français. Sans règles spécifiques à un espace protégé, ces activités sont la source d'un impact non soupçonné, bien que pressenti. Des concours de pêche côtière sont, par exemple, organisés à Port-Cros par le comité d'entreprise d'une fabrique de moteurs marins de Marseille. Devant cet enjeu biologique mais aussi socio-économique en ce qui concerne la pêche professionnelle, dans les années 1980s, les agents du parc entament un travail d'enquête auprès des plaisanciers et autres pêcheurs de loisirs venant à Port-Cros profiter avantageusement de la protection du milieu naturel. Ils sont aidés par les scientifiques, qui mettent au point un protocole, encadrent le début des enquêtes et analysent les résultats. Les pressentiments sont confirmés, et même au-delà : les prises issues de la pêche de loisir sont quasiment équivalentes à celles de la pêche professionnelle.



Fig. 2 : Embarquement avec les pêcheurs professionnels à Port-Cros au petit matin dans le cadre de la charte de pêche.

Fort de ces résultats incontestables, le parc procède alors à un encadrement rigoureux de la pêche dans ses eaux : interdiction de la pêche de loisir à l'exception de la pêche à la traîne dans le secteur Nord, et mise en place d'une charte pour la pêche professionnelle, en accord avec les prud'homies du Lavandou et des Salins. Le fait que la concurrence de la pêche de loisir soit levée bénéficie largement à la pêche artisanale, et offre un espace pour sa régulation. Le travail sur la charte de la pêche professionnelle sera salué par l'Administration et par la plupart des usagers. Cette charte servira ensuite d'exemple à de nombreuses autres structures de gestion sur le littoral français.

Désormais, une gestion cohérente des activités de pêche et d'utilisation du milieu marin est mise en place dans les eaux de Port-Cros, grâce à une dynamique instaurée en partenariat avec les acteurs directs du milieu, les gestionnaires et les scientifiques.

L'espèce introduite *Caulerpa taxifolia*

Dans les années 1990s, une forte sensibilisation médiatico-politico-scientifique secoue la communauté de la mer sur l'origine et les impacts potentiels de *Caulerpa taxifolia*, une algue verte introduite. Différentes écoles s'affrontent sur l'analyse de la situation, sur les risques potentiels et sur son origine. Mais pour le Ministère de l'Environnement de l'époque, il n'est pas question de courir le moindre risque d'une invasion de cette algue dans les eaux du Parc national de Port-Cros.

Le parc organise alors un suivi régulier de la présence éventuelle de l'algue invasive, à partir d'un protocole affiné avec les partenaires du GIS Posidonie et d'une inspiration originale. Quel que soit le risque encouru, le parc met en œuvre le principe de précaution et déclenche les moyens humains et financiers nécessaires. Les campagnes de recherche de *C. taxifolia* réunissent les moyens du parc et ses agents d'une part, des amateurs, membres des clubs de plongée qui fréquentent Port-Cros, d'autre part. Depuis 1994, ce protocole est toujours utilisé et a servi de référence au niveau régional pour prévenir l'invasion des fonds du Parc national de Port-Cros par *C. taxifolia*.

Le principe de prévention mis en œuvre, peut être efficacement comparé à celui de la lutte contre les incendies de forêts :

- un feu détecté dans la première minute peut être éteint avec un seau d'eau ;
- un feu détecté dans les 10 minutes peut être éteint avec un camion ;
- un feu détecté au-delà, nécessite tous les moyens disponibles et pas toujours suffisants d'intervention. Il conduit le plus souvent à un désastre écologique local.

Cette stratégie de précaution mise en place par le parc a permis aux eaux de Port-Cros de rester exemptes de *C. taxifolia*, même si *C. cylindracea* (= *C. racemosa* var. *cylindracea*) s'y est par la suite fortement implantée. Cette deuxième espèce de *Caulerpa* dispose en effet d'un fort pouvoir de colonisation et surtout d'un système de reproduction sexuée, rendant totalement inefficaces les moyens de lutte utilisés contre *C. taxifolia* (Fig. 4).

La prospection systématique et annuelle des secteurs de mouillage à fort risque d'implantation de *C. taxifolia* a permis, jusqu'à présent, d'intervenir dès le repérage des boutures involontairement importées. Les quelques centimètres carrés, voire décimètres carrés, colonisés sont arrachés manuellement ou détruits par un moyen chimique (couvertures imprégnées de sels de cuivre). Les boutures qui auraient échappé à cette prospection restent par ailleurs encore maîtrisables l'année suivante, car leur surface de colonisation reste inférieure à deux ou



Fig. 3 : *Caulerpa taxifolia* (vert fluo au centre) et *C. cylindracea*

trois mètres carrés. On peut légitimement penser que, sans ces prospections annuelles, suivies de la destruction des colonies découvertes, une grande partie des biocénoses benthiques du Parc national de Port-Cros seraient actuellement envahies par *C. taxifolia*.

Conclusion

Les trois exemples ci-dessus illustrent la synergie entre les gestionnaires, les scientifiques et les amateurs. Cette synergie s'est révélée très efficace. Des équipes de femmes et d'hommes, venues d'horizons très différents, mais portées par une même passion et par le profond désir de ne pas voir disparaître un patrimoine sous-marin exceptionnel, ont contribué au succès de protocoles innovants.

Par la suite, ces protocoles de gestion, dans des domaines aussi variés que les mouillages, la pêche de loisir et la lutte contre une espèce invasive, ont fait école. Ils sont aujourd'hui largement utilisés en Méditerranée. Ceux qui les utilisent ne connaissent pas toujours leur origine.

Le présent témoignage vise à contribuer à l'histoire de la gestion des habitats marins de Méditerranée, et à rappeler le rôle que le Parc national de Port-Cros y a joué. Ce rôle a reposé sur des femmes et des hommes, ainsi que sur la symbiose entre les gestionnaires (les agents du Parc), les scientifiques (Universités), une structure d'interface créée par le Parc (le GIS Posidonie) et les amateurs (au sens large).



Une lignée évolutive dans l'écologie de la protection : de la loi de mai 1930 à la DCSMM

DENISE BELLAN-SANTINI ET GÉRARD BELLAN

INSTITUT MÉDITERRANÉEN DE BIOLOGIE ET D'ÉCOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE
(IMBE), INSTITUT PYTHÉAS, UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE,
STATION MARINE D'ENDOUME - denise.bellan@imbe.fr



La loi du 2 mai 1930, qui complétait celle de 1913, relative aux monuments historiques et avait pour objet de réorganiser la protection 'des monuments naturels et des sites de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque' a eu des incidences considérables sur le plan de la protection de la nature. Elle fut partiellement à l'origine du courant de pensée qui allait prendre forme, se développer et aboutir à l'arsenal actuel de textes et de mesures de protection de l'environnement. Cet arsenal est très important avec des lois (les lois sur les Parcs de 1960 et de 2006, Grenelle), des arrêtés de protections, des conventions et directives. Cet arsenal contient aussi des outils de gestion. En dehors des lois et règlements nationaux et internationaux appartenant au droit maritime, peu de dispositifs existaient sur la gestion et la protection des espèces et des espaces. Le domaine marin est resté pendant très longtemps l'enfant pauvre de la famille des naturalistes, puis des protectionnistes.

Un exemple frappant est celui du classement du site des Calanques qui, en application de la loi de 1930, a été classé en 1975, mais la bande marine des 500 m un an plus tard comme si on avait eu honte d'avoir oublié cette zone pourtant magnifique. Néanmoins, nous pouvons témoigner, pour avoir travaillé avec Roger Molinier, Jacques Picard et deux architectes, MM. Rivoire et Magnan, à la constitution du dossier scientifique, que la partie marine figurait dès le départ. *Bis repetita placent* : lorsque la Réserve Naturelle Nationale de l'Archipel de Riou (décret ministériel du 22/08/2003) a été créée, la partie marine n'a pas suivi. Il a fallu attendre 2012 et la nouvelle loi sur les Parcs Nationaux pour que cette zone remarquable jouisse enfin d'un statut de protection (Parc National des Calanques).

Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

Roger Molinier (Fig. 1), dont la collaboration suivie avec le Préfet Laporte (1966) avait apporté une nouvelle dimension à son action vis à vis de la protection de l'environnement, essayait avec ses divers collaborateurs de son laboratoire et de la Station Marine d'Endoume de transférer au milieu marin les méthodes et les outils utilisés dans le milieu terrestre. C'est ainsi que, lorsque le programme prévoyant de dresser un inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) a été initié en 1970, il a œuvré pour que des ZNIEFF marines soit réalisées. Vaste entreprise, qui a plus ou moins mobilisé plusieurs générations de doctorants, de chercheurs, qui a suscité plusieurs réunions au cours desquelles il a fallu apprendre à faire le pont entre la recherche fondamentale (la recherche noble selon certains) et la recherche appliquée (celle qui ne l'était pas) nécessaire à la gestion et donc à la protection.



Fig. 1. Roger Molinier, à bord du Gyf, bateau de la Station Marine d'Endoume, 1956 (Photo Jean Vacelet)



Fig. 2. Catalogue des ZNIEFF PACA (1988)

En avril 1988, sortait le catalogue des ZNIEFF-mer (uniquement de la région Provence Alpes Côte d'Azur) en deux volumes, sous la forme de deux gros classeurs blancs avec des lettres vertes, comprenant texte de présentation, fiches descriptives et cartes (Fig. 2). Les cartes en noir et blanc avaient été tracées à la main sur les fonds du SHOM (l'âge de la pierre taillée par rapport aux images en trois dimensions que le GIS Posidonie a présenté pour le DOCOB du Parc Marin de la Côte Bleue). En continuant la lignée évolutive : ces deux volumes ont paru si utiles aux décideurs, qui étaient soumis à des règles de gestion du territoire de plus en plus contraignantes et qui devaient impérativement connaître l'état écologique de leur territoire, que lorsque le programme de deuxième génération des ZNIEFF a été lancé en 1996, la mer n'a posé aucun problème, la communauté scientifique travaillant sur le milieu marin s'est fortement impliquée à différents niveaux :

- (i) en coordonnant une typologie des habitats, existante, mais encore incomplète, surtout en ce qui concernait la concordance Atlantique-Méditerranée ;
- (ii) en adaptant au milieu marin un certain nombre de critères utilisés en milieu terrestre pour établir les listes d'espèces et d'habitats déterminants et remarquables ;
- (iii) en réalisant des inventaires, les plus fins possible, dans des zones non explorées.

En 2001, pouvait être mis sur le site de la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement), pour la région PACA, un inventaire de 100 zones couvrant une surface de 92 713 ha (Fig. 3).

La troisième génération, qui devrait bientôt se mettre en place, va utiliser des outils (cartographie, critères de caractérisation des espèces déterminantes ou accompagnatrices, informatisation), qui ont bénéficié de toutes les autres initiatives, et elles sont multiples tant au niveau national qu'international.

Je ne retracerai pas ici l'évolution nationale et internationale des esprits et des politiques vis à vis de la protection de la nature. La seule chose que l'on peut dire c'est que l'ensemble de la communauté des scientifiques de la mer y compris le GIS Posidonie, sorti depuis longtemps de son habitat fétiche, y ont contribué en apportant des arguments irréfutables aux gestionnaires.

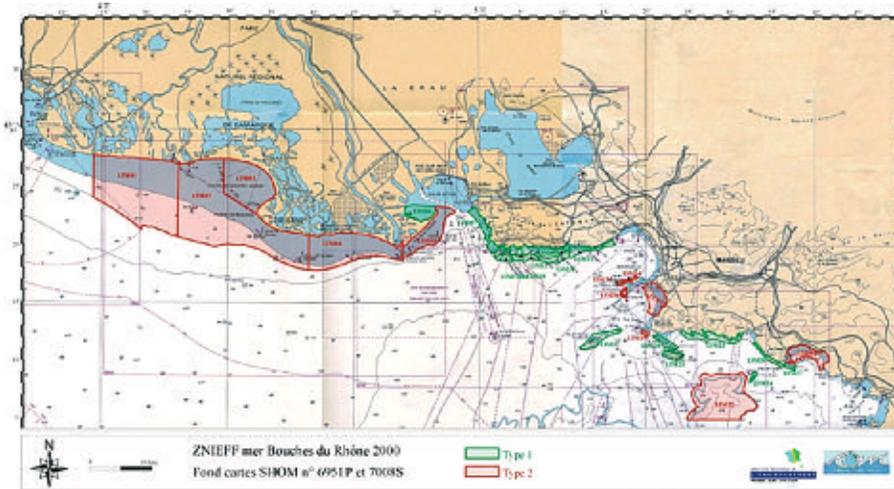


Fig. 3. Carte des ZNIEFF-mer, dans la zone ouest PACA. (Document DIREN-COM)

La Directive Habitat Faune Flore

Lorsque la Directive Habitat Faune Flore (DHFF) de mai 1992, qui devait établir le réseau Natura 2000, a été enfin mise en application en France et qu'il a fallu déterminer les zones éligibles par l'Europe, le cadre était tracé, les ZNIEFF constituaient en région PACA un cadre dans lequel il suffisait de choisir les sites dans lesquels la gestion de protection était compatible avec les activités humaines. Le réseau Natura 2000 comprend actuellement, en PACA, 13 sites marins ou majoritairement marins sur 73 (Fig. 4).

La Gestion Intégrée des Zones Côtières

La Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) issue de préconisations à la fois internationales (Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement de Rio de Janeiro, en 1992 et Sommet Mondial sur le développement durable de Johannesburg, en 2002), mais aussi communautaires avec la Recommandation du Parlement et du Conseil Européen du 30 mai 2002 relative à la mise en œuvre d'une stratégie de gestion intégrée des zones côtières en Europe, comme la Directive Cadre Eau (DCE - 23 octobre 2000) a nécessité de la part de la communauté scientifique marine une importante participation avec des études multiples axées sur l'inventaire, la recherche d'indices et d'indicateurs de la qualité des habitats et des populations.

La Directive Cadre Stratégie du Milieu Marin

Dernier chantier d'envergure : la Directive Cadre Stratégie du Milieu Marin (DCSMM, 17 juin 2008) qui doit mettre en place pour chaque sous-région marine, un plan d'action pour le milieu marin (PAMM). Ce plan d'action comporte 5 éléments :

- une évaluation initiale de l'état écologique des eaux marines et de l'impact environnemental des activités humaines sur ces eaux (pour 2012) ;
- la définition du bon état écologique pour ces mêmes eaux reposant sur des descripteurs qualitatifs (pour 2012) ;

- la définition d'objectifs environnementaux et d'indicateurs associés en vue de parvenir à un bon état écologique du milieu marin (pour 2012) ;
- un programme de surveillance en vue de l'évaluation permanente de l'état des eaux marines et de la mise à jour périodique des objectifs (pour 2014) ;
- un programme de mesures qui doit permettre de parvenir à un bon état écologique des eaux marines ou à conserver celui-ci (pour 2015/2016).

Ce but vers lequel tend actuellement l'ensemble des travaux de la communauté scientifique concernée, porte sur **la recherche de critères définissant le bon état écologique du milieu et sur leur mise en application** : vaste entreprise si l'on veut pouvoir tenir compte de la dynamique des espèces et des peuplements et des variations d'origine naturelle et anthropique du milieu.

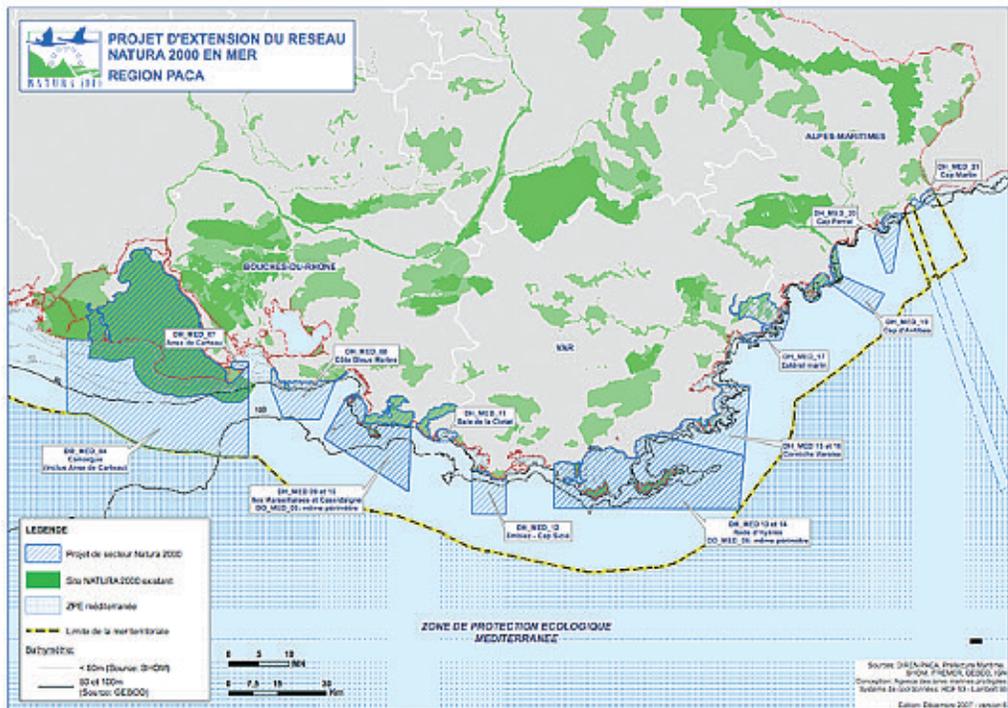


Fig. 4 : Carte des secteurs Natura 2000 en mer PACA (Document Ministère de l'Environnement)

Les peuplements de poissons et les espaces marins protégés

PATRICE FRANCOUR

UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS, EA 4228 ECOMERS, FACULTÉ DES SCIENCES,
PARC VALROSE, 06108 NICE CEDEX 2 - francour@unice.fr



“*La Nature malade de l’homme*”, une phrase qui revient souvent dans les discussions en ce début de millénaire. Les pressions anthropiques sont nombreuses, la Nature est touchée à bien des niveaux et la mer n’est pas épargnée : pollutions en tout genre, surpêche, surfréquentation, réaménagement du littoral, tout est bon pour déstabiliser complètement le fonctionnement de la zone littorale. Le tourisme méditerranéen est ainsi passé de 58 millions d’arrivées internationales en 1970 à 283 millions en 2011 (source : Plan Bleu). Le problème, bien qu’il se soit particulièrement accentué ces dernières années, n’est pas récent. Une des solutions envisagées a été la création d’espaces protégés, aussi bien à terre qu’en mer. L’idée fondamentale était simple : interdire toutes activités de prélèvement ou les réglementer fortement au sein du secteur protégé afin de diminuer, tant que faire se peut, la pression anthropique. Forts de ce principe, les premiers parcs nationaux ont été créés au milieu du 19^{ème} siècle. En France, les premiers parcs nationaux datent de 1963, avec la création du parc national de la Vanoise et de celui de Port-Cros. Des réserves marines ont également été mises en place avec pour objectif principal de limiter ces impacts en protégeant la faune et la flore. En 1975, la réserve naturelle de Scandola a ainsi vu le jour en Corse.

En Méditerranée, comme ailleurs dans le monde, la surface couverte est encore faible, même si au cours de ces dernières années, le rythme de création des espaces protégés s’est accru. Toutefois, près de 40 ans après la création des premières aires marines protégées, que sait-on de leur efficacité ? Assurent-elles leur rôle de protection de la biodiversité ? De façon assez curieuse, il a fallu attendre une vingtaine d’années après leur création pour que débutent des programmes scientifiques visant à évaluer leur impact. Les travaux réalisés dans la réserve naturelle de Scandola font partie des premiers réalisés en Méditerranée pour étudier et



Fig. 1 : *Didogobius splechnai*



Fig. 2 : *Gobius kolombatovici*



Fig. 3 : *Gobius gasteveni*

comprendre le rôle de ces espaces protégés. Les peuplements de poissons, de par leur intérêt écologique et économique, ont tout naturellement été parmi les premiers à être étudiés, en Corse, comme ailleurs dans le monde.

Initiés en 1988, ces travaux ont permis d'étudier de façon très détaillée les peuplements de poissons de la réserve naturelle de Scandola. L'hypothèse de base étant que les peuplements au sein de la réserve sont plus abondants et plus diversifiés qu'à l'extérieur, il était logique de procéder à une comparaison de ces peuplements entre le cœur de la réserve naturelle, entièrement protégé de toute forme de pêche, la zone périphérique soumise à la seule pression de pêche professionnelle et les zones extérieures, non protégées. Durant une dizaine d'années, de 1988 à 2009, plus d'une dizaine de stations réparties entre la réserve intégrale et l'extérieur (au nord ou au sud) ont ainsi été régulièrement échantillonnées, été comme hiver, pour évaluer l'état des peuplements de poissons.

Travaillant dans une réserve naturelle, l'échantillonnage devait impérativement être respectueux de l'environnement. Des méthodes non destructives ont donc été utilisées; il s'agit de

comptages visuels effectués en plongée sous-marine sur des surfaces préalablement définies, circulaires ou rectangulaires selon les espèces visées. Le scientifique plongeur peut alors évaluer l'abondance de poissons, qu'il rapporte à une surface, afin de calculer la densité des poissons présents. Si les comptages sont faits espèce par espèce, en appréciant à la fois le nombre de poissons observés et leur taille, il est aussi possible de calculer la biomasse présente (la quantité de matière présente par unité de surface). Bien évidemment, ces techniques requièrent un entraînement régulier du scientifique plongeur, afin de pouvoir rapidement identifier les espèces en plongée, dénombrer les individus présents et apprécier leur taille. Le recours à des classes de taille (petits, moyens et grands) ou à des classes d'abondance permet de simplifier l'acquisition des données en plongée, mais cela ne remet absolument pas en cause le nécessaire entraînement régulier.

Ces travaux, comme tous les travaux réalisés dans les espaces protégés, en Méditerranée française et ailleurs dans le monde, ont démontré sans ambiguïté que les populations sont plus riches dans les limites de la réserve qu'en dehors, que cela soit en nombre d'individus ou en nombre d'espèces. La taille moyenne des individus est également plus importante. Les scientifiques parlent alors d'**effet 'refuge'** pour la réserve. Ces suivis en plongée des peuplements de poissons ont été réalisés dans les deux principaux biotopes de la réserve de Scandola : l'herbier à *Posidonia oceanica* et le milieu rocheux. En milieu rocheux, les différences entre la réserve et l'extérieur sont très importantes et traduisent une sensibilité accrue des espèces de poissons fréquentant ces milieux aux prélèvements par pêche. Dans l'herbier de posidonie, les différences sont moins nettes, voire inexistantes, entre la réserve et l'extérieur.

Ces travaux sur les peuplements de poissons se sont aussi intéressés à l'exportation de poissons depuis la réserve vers l'extérieur. Il est un peu trivial de dire que les espaces marins ne sont pas ceinturés en mer comme à terre par des murs ou des barbelés. Cela veut simplement dire que si vous avez plus de poissons dans une réserve, ils n'y resteront pas indéfiniment, s'entassant les uns sur les autres comme des humains dans un HLM. Dans un milieu naturel, la disponibilité en habitat et en ressources représente l'un des points forts de la régulation des populations. Si les habitats sont saturés ou si la nourriture vient à manquer, alors les animaux se déplacent. Dans les réserves marines c'est la même chose. Il y a donc un déplacement des individus 'en excès' de la réserve vers l'extérieur. Par ailleurs, la plupart des espèces de poissons ont dans leur cycle de vie des larves libres, vivant dans le plancton en pleine eau. Ces larves sont émises en grand nombre (plus de poissons et plus de reproducteurs dans les réserves), au gré des courants, et essaient donc vers l'extérieur, dans les zones non protégées. Bien que cette '**exportation**' de poissons, sous forme d'adultes ou sous forme de larves soit plus difficile à mettre en évidence, les suivis réalisés à Scandola ont été les premiers à la confirmer.

A côté de ces travaux sur la notion d'**effet réserve**', un important travail d'inventaire a été réalisé dans et à la périphérie immédiate de la réserve de Scandola. Actuellement, plus de 200 espèces de poissons ont été inventoriées entre la surface et 100 de profondeur. Une comparaison avec d'autres aires marines protégées de Méditerranée nord-occidentale a permis

de montrer que ce peuplement était l'un des plus riches avec celui du Parc national de Port-Cros. Dernièrement, un groupe particulier a été étudié, celui des Gobiidae, et des espèces considérées comme très rares en Méditerranée ont été observées assez régulièrement à Scandola comme *Didogobius splechnai* (Fig. 1), *Gobius kolombatovici* (Fig. 2) ou *Gobius gasteveni* (Fig. 3).

Plus récemment, les travaux réalisés sur les peuplements de poissons se sont attachés à mettre au point des 'indicateurs poissons'. Ces indicateurs doivent répondre à des critères simples (facilité et rapidité de mise en œuvre, pertinence et sensibilité) afin de permettre facilement et rapidement d'apprécier l'état du milieu. Dans le cas des peuplements de poissons, les travaux initiés par l'Université de Nice en partenariat avec le GIS Posidonie, en 1999, ont débouché sur la mise au point d'un indicateur FAST (Fish Assemblage Sampling Technique). Appliqué maintenant dans la réserve et à la périphérie, cet indicateur permet de renseigner rapidement sur l'état des peuplements de poissons. Il a ainsi été montré que les peuplements de la réserve partielle soumis à la seule pêche professionnelle étaient aussi impactés que les peuplements de poissons hors réserve soumis à toute forme de pêche.

Avec le même objectif, deux espèces patrimoniales, le corb et le mérrou, ont été suivies récemment et l'ensemble des données récoltées depuis plus de 20 ans, dans la réserve de Scandola, ont été analysées. Les résultats sont sans appel : en 20 ans, la population de mérours ou de corbs a été multipliée par un facteur 10 ou 20 dans la réserve intégrale (Fig. 4). Ces deux espèces, très sensibles à toute forme de prélèvement, sont donc d'excellents indicateurs attestant de l'efficacité de la protection mise en place à Scandola.

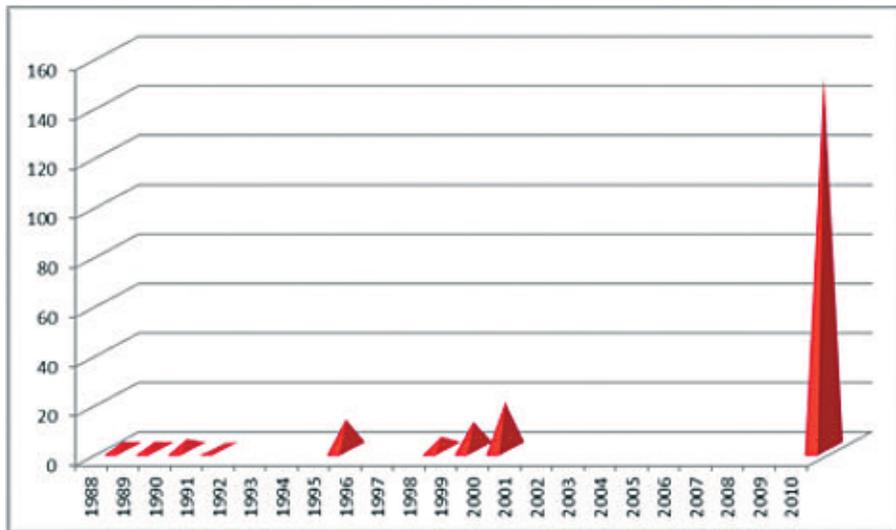


Fig. 4. Evolution des effectifs de mérours bruns (*Epinephelus marginatus*) autour de l'îlot de Palazzu entre 1988 et 2010 (données Patrice Francour).





Une idée neuve : la protection des espèces marines

CHARLES-F. BOUDOURESQUE ¹ ET CARLO NIKE BIANCHI ²

¹ MEDITERRANEAN INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY (MIO), AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ET UNIVERSITÉ DU SUD TOULON-VAR, CNRS/INSU, IRD, UM 110,
CAMPUS UNIVERSITAIRE DE LUMINY, 13288 MARSEILLE CEDEX 9, FRANCE
charles.boudouresque@univ-amu.fr

² DISTAV (DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA),
UNIVERSITÀ DI GENOVA, GENOVA, ITALIE - bionbs@est409.santateresa.enea.it



L'injustice faite à la mer

Le milieu marin a longtemps paru invulnérable, en raison de son immensité et des capacités de reproduction et de dispersion des espèces qui y vivent. En 1609, Hugo Grotius écrivait, dans son traité de la mer intitulé 'Mare Librum' : «*The seas should be free for the innocent use and mutual benefit of all. The seas could not be spoiled and therefore do not need protection*». Plus près de nous, en 1809, dans 'Philosophie zoologique', Jean-Baptiste de Lamarck considérait que «*les animaux aquatiques, et tout spécialement les animaux marins (...) sont protégés de la destruction de leur espèce par l'homme. Leur multiplication est tellement rapide, et leurs moyens d'échapper à la poursuite ou aux pièges sont si grands, qu'il est invraisemblable que l'homme soit capable d'exterminer complètement l'une quelconque de ces espèces*». Pourtant, la rhytine de Steller *Hydrodamalis stelleri* avait déjà disparu (en 1768) et le pingouin de l'Atlantique nord *Pinguinus impennis* n'allait pas tarder à suivre (en 1844). En 1883, dans son discours d'introduction à l'*International Fishery Exhibition* de Londres, le fameux naturaliste anglais Thomas Huxley disait que «*any tendency to over-fishing will meet with its natural check in the diminution of the supply, (...) this check will always come into operation long before anything like permanent exhaustion has occurred*». Les opinions optimistes et pourtant naïves de ces grands scientifiques ont persisté presque jusqu'à nos jours. Ce n'est qu'au début du siècle actuel que des chercheurs américains ont pu mettre en évidence l'effondrement récent de certaines ressources marines, dont des cétacés et des poissons (la morue notamment, sans oublier les poissons pélagiques comme les anchois, les harengs et les sardines), mais aussi des invertébrés comme les coraux et les huîtres.

En milieu continental, la protection des espèces n'a commencé qu'au début du 20^{ème} siècle. Il s'agissait alors des oiseaux utiles pour l'agriculture. En droit français, la protection des espèces menacées, au sens moderne, c'est-à-dire avec l'interdiction de capture, de vente et d'achat, vivantes ou mortes, sous forme d'individus complets ou de parties d'individus (dents, os, etc.),

remonte à la Loi du 10 Juillet 1976. Il faudra attendre 1977 pour que soient publiés les décrets d'application, 1979 pour l'arrêté fixant la liste des espèces animales protégées, 1981 pour que cette liste soit republiée après l'attaque des Fédérations de chasseurs et 1982 pour que sorte l'arrêté de protection des espèces végétales. L'histoire est tout-à-fait semblable pour d'autres pays européens, dont l'Italie.

Alors que, dès le début des années 1980, des centaines d'espèces terrestres (principalement des oiseaux, des magnoliophytes et quelques mammifères) étaient protégées par la Loi, le milieu marin a longtemps été le grand oublié de la protection des espèces. Pourtant, bien des espèces marines étaient au moins aussi rares, au moins aussi menacées, que des espèces terrestres protégées. Pourquoi un tel désintérêt ? Pourquoi cette politique du 'deux poids, deux mesures' ? En milieu continental, de puissantes sociétés, locales et nationales, de naturalistes, ont pu constituer des groupes de pression, dont le rôle a été important, d'abord dans l'adoption de la Loi du 10 Juillet 1976, qui sert de cadre juridique, puis dans l'élaboration et la publication des listes d'espèces protégées qui en découlent. Rien de tel en milieu marin. Les biologistes y étaient presque tous des universitaires souvent dépourvus de la culture protectionniste et, quand c'était le cas, n'avaient ni le temps ni les moyens de s'impliquer efficacement dans le lobbying protectionniste. Il en est résulté que les seules espèces marines protégées étaient en quelque sorte des 'enclaves continentales' (du point de vue des taxons concernés) : oiseaux marins, mammifères marins, tortues marines.

Et si l'on faisait du lobbying pour les espèces marines ?

Chez un certain nombre de scientifiques, généralement universitaires, gravitant autour du GIS Posidonie et impliqués dans la protection de l'environnement, grâce en particulier au Parc national de Port-Cros, au Parc naturel régional de Corse, au Parc marin de la Côte Bleue (France) et à la Réserve des îles Medes (Catalogne), l'idée s'est progressivement dégagée de la nécessité du lobbying environnementaliste. L'objectif était de combler le retard du milieu marin en matière de protection des espèces. Les aires marines protégées italiennes, aujourd'hui nombreuses au moins sur le papier, n'ont débuté que plus tardivement. Il en résulte que l'on ne connaît guère la liste des espèces marines vivant dans ces aires protégées.

Le modèle protectionniste envisagé par les scientifiques était représenté par l'aventure de la protection de la posidonie, *Posidonia oceanica*. Le GIS Posidonie avait justement été créé autour de cet objectif. L'organisation d'un congrès international, à Porquerolles, en 1983, avait permis de médiatiser la posidonie. Autour des communications scientifiques, un large panel d'hommes politiques, de journalistes et de représentants des administrations en charge de l'environnement, non seulement en France mais dans tous les pays riverains de la Méditerranée, avait été invité. Ils avaient été associés aux tables rondes et aux interventions, placés sous les projecteurs, impliqués fortement dans les conclusions. Le résultat avait dépassé les espérances (voir Boudouresque, ce volume, pp. 31-35). Pourquoi ne pas s'en inspirer ?

Dans un premier temps, François de Beaufort, Hervé Maurin et Jean-Claude Lacaze ont coordonné l'édition d'un ouvrage collectif sur les espèces marines et littorales menacées en France (1987), à la demande du Ministère de l'environnement. Ensuite, grâce au soutien de l'IUCN, a été préparé le 'Livre Rouge Gérard Vuignier des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée' (publié en 1990). De nombreux scientifiques ont été associés à son élaboration. De l'est à l'ouest, du nord au sud de la Méditerranée, ils venaient de tous ses rivages : Grèce et Turquie, Algérie et France, Espagne et Italie, Malte, Tunisie, etc. Cet

ouvrage a été dédié à Gérard Vuignier, qui avait largement travaillé à sa réalisation, avant de disparaître tragiquement au cours d'une mission d'étude du phoque moine *Monachus monachus*, l'une des 10 espèces au monde les plus gravement menacées d'extinction.

En 1989, le GIS Posidonie et l'association pour la protection de l'environnement et le développement de la Côte Bleue, présidée par Michel Avon, ont organisé à Carry-le-Rouet, près de Marseille, un colloque international intitulé 'Les espèces marines à protéger en Méditerranée', publié en 1991 (Fig. 1). Comme 6 ans plus tôt pour la posidonie, la délicate alchimie de la science, des gestionnaires et des médias a débouché sur un succès. La forte participation des scientifiques a été accompagnée par la présence de très nombreux 'amateurs', plongeurs, politiques et représentants des administrations. L'Italie suivit de près, avec un volume publié en 1992 (Fig. 2) qui envisageait des mesures de protection non seulement pour les mammifères marins (cétacés et phoque moine) mais aussi pour certains invertébrés (la datte de mer, le corail rouge, les éponges commerciales). Malheureusement, le succès politique et médiatique de cet ouvrage ne fut pas comparable à celui de son prédécesseur français.



Fig. 1. Les actes du colloque international sur les espèces marines à protéger en Méditerranée, tenu les 18 et 19 Novembre 1989 à Carry-le-Rouet, et publiés en 1991 : Boudouresque C.F., Avon M. et Gravez V. (éditeurs), GIS Posidonie éditeur, Marseille, 448 pages.



Fig. 2. Le volume réalisé par la Société Italienne de Biologie Marine, avec le soutien du Ministère pour l'environnement, sur la protection de la faune marine et l'introduction des espèces allochtones. Il a été publié en 1992 dans un numéro spécial du *Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici dell'Università di Genova* et compte un total de 284 pages.

Protéger des espèces marines autres que des oiseaux, mammifères et tortues devenait incontournable. Afin d'être efficaces, et de contourner les blocages susceptibles de venir des Ministères et des organisations de pêche, nous avons choisi d'être peu ambitieux. Les espèces dont nous demandions la protection devaient répondre aux critères suivants : **(i)** être emblématiques aux yeux des amoureux de la mer, donc visibles et connues ; **(ii)** ne pas être exploitées par l'homme, donc ne pas générer une 'levée de boucliers' de la part de l'IFREMER ou des pêcheurs ; **(iii)** être facilement identifiables par des non-spécialistes, donc par les autorités maritimes. Il y avait peu d'espèces qui répondaient à ces critères ; et ce n'étaient pas forcément les espèces les plus menacées. Mais peu importait : l'essentiel était d'ouvrir une brèche, par laquelle s'engouffreraient plus tard d'autres espèces.

Paradoxalement, en France, l'ennemi n'était pas celui que l'on attendait. Nous pensions que ce serait le Ministère de la mer. Ce fut le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), conseiller privilégié du Ministère de l'Environnement. Le MNHN comporte des spécialistes, parmi les meilleurs au monde, des groupes taxonomiques concernés par nos propositions (échinodermes, mollusques, crustacés). Mais plusieurs d'entre eux, à l'époque, n'étaient pas familiers de la culture de la conservation, et encore moins des stratégies mises en œuvre. Finalement, c'est plus par amitié pour nous que par réelle conviction qu'ils ne bloquèrent pas le projet de liste d'espèces marines protégées.

Finalement, en 1992, l'arrêté protégeant en France 4 espèces de mollusques (la datte de mer *Lithophaga lithophaga*, la patelle géante *Patella ferruginea* et les nacres *Pinna nobilis* et *P. pernula*), le crustacé *Scyllarides latus* (grande cigale de mer) et l'échinoderme *Centrostephanus longispinus* (oursin diadème), parut au Journal officiel. En Italie, l'ennemi c'était l'indifférence : l'Italie ne publia jamais des lois comparables, avant que la 'Directive habitats' de l'Union Européenne ne la conduise à le faire en 1997. Dans les mêmes années des initiatives similaires furent entreprises dans d'autres pays riverains du pourtour méditerranéen. La *Comunitat Autònoma de Catalunya*, en Espagne, fut parmi les premières et les plus actives : sa proximité géographique avec la France fut cruciale pour maintenir des contacts intenses et fréquents avec le GIS Posidonie.

L'effet 'boule de neige'

Ensuite, les choses se sont enchaînées très vite. A Bruxelles, la 'Directive habitats' de 1992 inclut les herbiers à *Posidonia oceanica* dans son annexe I (habitats naturels d'importance communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones de conservation). Quatre des espèces marines fraîchement protégées en France (*Centrostephanus longispinus*, *Lithophaga lithophaga*, *Patella ferruginea* et *Pinna nobilis*) sont incorporées à l'annexe IV (espèces d'intérêt communautaire nécessitant une protection stricte).

A la demande du RAC/SPA de Tunis (UNEP, Plan d'Action pour la Méditerranée) et du Conseil de l'Europe, l'un de nous (Charles-F. Boudouresque) prépare, en collaboration avec Marie-Christine et Patrick Van Klaveren, une liste plus ambitieuse de 62 espèces marines méditerranéennes à protéger, dans le cadre de la Convention de Berne et de la Convention de Barcelone. Cette liste est adoptée en 1996. Elle fait l'objet d'un décret en France (1999) et d'une loi en Italie (1999).

Ces listes d'espèces sont très imparfaites. Le choix des espèces protégées est parfois arbitraire. Des espèces sur lesquelles pèsent des menaces effectives ou potentielles ont été malheureusement omises. Des espèces qui ne sont pas aussi rares et menacées que nous le pensions y figurent. La protection des espèces est insuffisante sans la protection des habitats. Mais, malgré ces imperfections, la protection des espèces marines autres que les oiseaux, tortues et mammifères a fait irruption dans l'univers de la conservation. En outre, ces espèces protégées constituent l'outil réglementaire qui permet de justifier le choix des zones marines protégées, en particulier les zones Natura 2000, donc la protection de leur habitat.

La saga de la protection des espèces marines s'étale sur une vingtaine d'années. Le GIS Posidonie y a joué un rôle important. Mais le succès est dû à l'implication de dizaines de scientifiques et de gestionnaires en charge de l'environnement, dans la plupart des pays riverains de la Méditerranée.

Les Lois françaises protégeant directement des espèces marines, en France

Arrêté du 20 Octobre 1970 relatif à l'interdiction de capturer et de détruire les dauphins (famille des delphinidés : dauphins et marsouins).

Arrêté du 17 avril 1981 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire (dont

les puffins *Puffinus* et *Calonectris*, les pétrels, le fou de bassan *Sula bassana* (*Morus bassenus*), le cormoran huppé *Phalacrocorax aristotelis*, le grand cormoran *P. carbo*, les goélands et mouettes *Larus argentatus*, *L. audouinii*, *L. cachinnans*, *L. canus*, *L. delawarensis*, *L. fuscus*, *L. genei*, *L. glaucoides*, *L. hyperboreus*, *L. marinus*, *L. michahellis*, *L. minutus* (*Hydrocoloeus minutus*), *L. ridibundus*, *L. sabini* (*Xema sabini*), *L. melanocephalus* et *Rissa tridactyla*, les sternes, le petit pingouin *Alca torda*, le macareux moine *Fratercula arctica*, etc.)

Arrêté du 20 Janvier 1982 relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national (dont *Cymodocea nodosa* et *Posidonia oceanica* ; protection invalidée à la suite d'un recours).

Arrêté du 19 Juillet 1988 relatif à la liste des espèces végétales marines protégées (*Cymodocea nodosa* et *Posidonia oceanica*)

Arrêté du 8 décembre 1988 fixant la liste des espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire national (dont la lamproie marine *Petromyzon marinus* et le saumon *Salmo salar*). L'interdiction porte uniquement sur la destruction des œufs et des lieux de reproduction.

Arrêté du 17 Juillet 1991 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire métropolitain (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Dermodochelys coriacea*, *Eretmodochelys imbricata*, *Lepidochelys kempii*, *L. olivacea*).

Arrêté du 26 novembre 1992 fixant la liste des animaux de la faune marine protégés sur l'ensemble du territoire (*Centrostephanus longispinus*, *Lithophaga lithophaga*, *Patella ferruginea*, *Pinna nobilis*, *P. pernula* (*P. carnea*), *Scyllarides latus*).

Arrêté du 22 février 1993 portant modification de l'arrêté du 17 juillet 1991 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire métropolitain (concerne les objets fabriqués à partir d'écaillés d'*Eretmodochelys imbricata*).

Arrêté du 9 mai 1994 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (dont *Zostera marina* et *Z. noltii*).

Arrêté du 27 juillet 1995 fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national (dont tous les cétacés et le phoque moine *Monachus monachus*).

Décret du 7 Juillet 1999 portant publication des amendements aux annexes I, II, III, IV de la convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (...) (dont le phoque moine *Monachus monachus*, les cétacés *Balaenoptera acutorostrata*, *B. borealis*, *B. physalus*, *Delphinis delphis*, *Grampus griseus*, *Mesoplodon densirostris*, *Phocoena phocoena*, *Physeter macrocephalus*, *Stenella coeruleoalba*, *Tursiops truncatus*, etc., le pétromyzontidé *Lethenteron zanandreae*, les chondrichthyens *Cetorhinus maximus*, *Carcharodon carcharias* et *Mobula mobular*, les chondrostéens *Acipenser naccarii*, *A. sturio* et *Huso huso*, les téléostéens *Aphanius fasciatus*, *A. iberus*, *Hippocampus hippocampus*, *H. ramulosus* (*H. guttulatus*), *Pomatoschistus canestrini*, *P. tortonesei*, *Valencia hispanica* et *V. letourneuxi*, les échinodermes *Asterina pancerii*, *Centrostephanus longispinus* et *Ophidiaster ophidianus*, les

mollusques *Charonia rubicunda* (*C. lampas*), *C. tritonis*, *Dendropoma petraeum*, *Erosaria spurca*, *Gibbula nivosa*, *Lithophaga lithophaga*, *Luria lurida*, *Mitra zonata*, *Patella ferruginea*, *P. nigra* (*Cymbula nigra*), *Pholas dactylus*, *Pinna pernula* (*P. carnea*), *Ranella olearia* (*Olearium olearia*), *Tonna galea* et *Zonaria pyrum*, les cnidaires *Astroides calycularis* et *Gerardia savaglia* (*Savalia savaglia*), les spongiaires *Aplysina cavernicola*, *Asbestopluma hypogea*, *Axinella polypoides* et *Petrobiona massiliana*, les phéophycées *Cystoseira amentacea*, *C. mediterranea*, *C. sedoides*, *C. spinosa*, *C. zosteroides*, *Laminaria rodriguezii*, et *L. ochroleuca*, les rhodobiontes *Lithophyllum byssoides*, *Ptilophora mediterranea* et *Schimmelmannia schousboei*.

Arrêté du 9 novembre 2000 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national.

Arrêté du 20 décembre 2004 fixant la liste des animaux de la faune marine protégés sur l'ensemble du territoire (*Centrostephanus longispinus*, *Lithophaga lithophaga*, *Patella ferruginea*, *Pinna nobilis*, *P. pernula* (*P. carnea*), *Scyllarides latus*).

Arrêté du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection (*Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys kempii*, *L. olivacea*).

Principales Lois italiennes protégeant directement des espèces marines, en Italie

Loi n°874 du 19 décembre 1975

Ratifie la Convention de Washington du 1973. Cette Convention, connue aussi sous le sigle CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of wild flora and fauna), aborde le problème du commerce international des espèces de la flore et de la faune (vivantes ou mortes) menacées d'extinction, tenant compte aussi des sous-produits ou dérivés. Le problème de la sauvegarde de ces espèces dans leur milieu naturel n'est pas abordé explicitement, ce qui pourrait déboucher sur le paradoxe qu'une espèce CITES, non protégée par d'autres lois, puisse être détruite au niveau local pourvu qu'elle ne soit pas l'objet de commerce. Toutefois la loi fait allusion, assez vaguement, à 'l'intégrité des exemplaires', et mentionne les aires protégées comme susceptibles à dérogations, après jugement préalable de la Commission Scientifique CITES. La Convention protège les espèces menacées par n'importe quel commerce international et règle le commerce des espèces actuellement non encore menacées, mais qui pourraient le devenir si leur commerce n'est pas réglé ; en outre, elle donne à chaque nation le pouvoir d'énumérer les espèces natives déjà protégées à l'intérieur de leur territoire. La Loi 874/1975 a été complétée et perfectionnée par le Décret Ministériel du 31 décembre 1983, par la Loi n. 150 du 7 février 1992, par le Décret Ministériel du 4 septembre 1992, par le Décret-Loi n°2 du 12 janvier 1993, par la Loi n. 59 du 13 mars 1993, par la Loi n. 426 du 9 décembre 1998, et par le Décret Législatif n. 275 du 18 mai 2001.

Loi n°503 du 5 août 1981

Ratifie la Convention de Berne, concernant la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe. Les parties contractantes reconnaissent l'importance des habitats naturels et le fait

que la flore et la faune sauvages constituent un patrimoine naturel qui doit être protégé et transmis aux générations futures. L'annexe I énumère les espèces de flore rigoureusement protégées, l'annexe II les espèces de faune rigoureusement protégées, l'annexe III les espèces de la faune protégée.

Décret du Président de la République n°357 du 8 septembre 1997

Constitue le règlement de mise en œuvre de la Directive 92/43/CEE relative à la conservation des habitats naturels et semi-naturels, ainsi que la flore et la faune sauvage. Cette directive, habituellement connue comme 'Directive habitats', comprend cinq annexes: l'annexe I (aussi citée comme annexe A) considère les types d'habitats naturels d'intérêt communautaire dont la conservation demande la désignation de zones spéciales de conservation; l'annexe II (ou B) considère les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation demande la désignation de zones spéciales de conservation; l'annexe III (ou C) établit les critères de sélection de sites aptes à être choisis comme sites d'importance communautaire et désignés comme des zones spéciales de conservation; l'annexe IV (ou D) énumère les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui demandent une protection rigoureuse ; enfin, l'annexe V (ou E) dresse la liste des espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement et l'exploitation pourraient être objet de mesures de gestion.

Loi n°175 du 27 mai 1999

Il s'agit de la ratification et de l'exécution de la Convention de Barcelone de 1995, qui a pour objet la protection de la mer Méditerranée contre la pollution. Parmi les préambules de la Convention de Barcelone, il y a quelques considérations qui méritent d'être soulignées: **(i)** les activités humaines exercent un profond impact sur l'état du milieu marin et du littoral et, plus en général, sur les écosystèmes d'aires dont les caractéristiques sont pour la plupart méditerranéennes; **(ii)** il est nécessaire de protéger et, là où c'est nécessaire, d'améliorer l'état du patrimoine naturel et culturel de la Méditerranée, en particulier par la création de zones spécialement protégées et par la protection et la conservation des espèces menacées; **(iii)** étant donné qu'il existe une menace de perte ou de réduction significative de biodiversité, le manque d'une pleine certitude scientifique ne doit pas être invoqué comme une raison pour différer les mesures pour éviter ou minimiser cette menace.

La Convention de Barcelone présente trois annexes : l'annexe I établit les critères communs pour le choix d'aires marines et côtières qui peuvent être incluses dans la liste ASPIM (Aires Spécialement Protégées d'Intérêt Méditerranéen); l'annexe II fournit la liste des espèces en danger ou menacées; l'annexe III fournit la liste des espèces dont l'exploitation est réglementée.

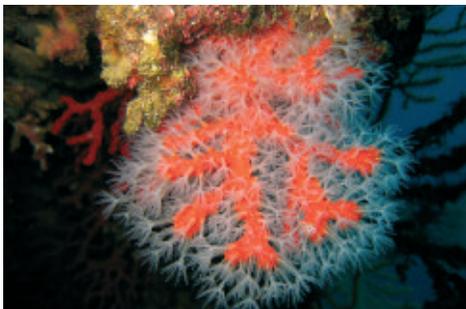


Fig. 3 : *Corallium rubrum* espèce exploitée en France mais inscrite à l'annexe 3 des conventions de Berne et de Barcelone et annexe 5 Directive habitats faune et flore.



De la posidonie aux zostères de l'étang de Berre : un suivi au service d'une réhabilitation écologique

GUILLAUME BERNARD

GIPREB SYNDICAT MIXTE, COURS MIRABEAU, 13130 BERRE-L'ÉTANG
guillaume.bernard@gipreb.fr



Un formidable site atelier aux portes de Marseille

L'étang de Berre est une des plus grandes lagunes d'Europe, une petite mer intérieure de 155 km² en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ; un formidable site atelier, à quelques encablures de Marseille, terrain de jeu des universitaires provençaux depuis Marion en 1887, suivi de Gourret en 1907 et de Chevalier en 1917. Le site est un cas d'école en ce qui concerne l'impact des aménagements anthropiques sur un écosystème littoral : industrialisation avec l'installation des premières raffineries en 1929 et le développement de la pétrochimie, urbanisation avec une population multipliée par 2.5 entre 1962 et 1990 et le développement de villes nouvelles, modification des échanges entre la mer et l'étang avec l'approfondissement du chenal de Caronte et l'aménagement de ses rives de Port-de-Bouc à Martigues, puis l'ouverture du tunnel du Rove qui relie l'Estaque à la Mède. A cette époque, l'écosystème de l'étang de Berre présentait encore les caractéristiques d'une lagune méditerranéenne profonde, la végétation aquatique y était '*variée et puissante*', selon Marion, l'étagement de la flore y était comparable à celui observé sur les côtes du golfe de Marseille selon Huvé et Huvé, les herbiers de magnoliophytes marines, *Zostera noltii* (Fig. 1) et *Z. marina* principalement, occupaient près de 6 000 ha. Plus d'une centaine d'espèces d'invertébrés benthiques étaient recensées dans les fonds meubles de l'étang, une installation de tables mytilicoles était exploitée dans l'anse du Ranquet. Malgré tout, les effets de l'industrialisation se sont fait sentir, et l'on observait dès 1938 les premières régressions de la limite inférieure des herbiers de zostères, indicateurs, s'il en est, de la dégradation du milieu. En 1957, la pêche était interdite dans l'étang, et les pêcheurs du pourtour indemnisés par l'Etat.



Fig. 1. Feuilles de *Zostera noltii* (site de la Pointe de Berre, étang de Berre), espèce patrimoniale d'un écosystème lagunaire (source GIPREB).

En 1966, la mise en service de la centrale hydroélectrique de St-Chamas (EDF, Electricité de France) est venue bouleverser ce fragile équilibre. L'étang, point terminal de la chaîne hydroélectrique Durance-Verdon, qui compte 19 centrales depuis le lac de Serre-Ponçon, a reçu jusqu'à 8 milliards de m³ d'eau douce par an (soit 8 fois son volume) et 6 millions de tonnes de limons duranciens. La salinité, qui jusqu'alors était relativement stable autour d'une moyenne de 32, a présenté une variabilité extrême, dépendante du turbinage de la centrale, entre 4 et 15. Les peuplements benthiques d'affinité marine se sont effondrés jusqu'à leur quasi extinction.

L'étang devient alors un fantastique objet d'étude pour les universitaires marseillais. Minas, Kim, Travers, Beker, Riouall, Mossé, Stora, Gaudy, se penchent sur les nutriments, l'eutrophisation, le phytoplancton, la végétation immergée, la faune benthique et le zooplancton. Débute alors ce qui deviendra une des plus longues séries temporelles de données existantes sur un écosystème aquatique littoral.

Les outils du suivi au service de la réhabilitation écologique

L'année 1990 marque un tournant dans l'histoire récente de l'écosystème de l'étang de Berre. La centrale hydro-électrique de St-Chamas est mise à l'arrêt, en maintenance, pour une durée de 6 mois. L'occasion unique, avec la campagne de recherche CELCOP (pilotee par le service maritime des Bouches-du-Rhône) et l'étude régionale intégrée de l'IFREMER, de suivre l'évolution des cycles de nutriments, la diversification des espèces du phytoplancton et du zooplancton, les dynamiques de recolonisation des peuplements benthiques, bref la résilience

du système. Le GIS Posidonie, associé au Laboratoire de Biologie Marine et d'Ecologie du Benthos (LBMEB) à Marseille-Luminy, est chargé de dresser un état des lieux cartographique des principales espèces de macrophytes (algues et magnoliophytes) présentes sur le littoral de l'étang. La demande est également de préfigurer un suivi pérenne de ces peuplements, sur le modèle de ce que le GIS Posidonie met en œuvre sur la façade maritime de la Région Provence Alpes Côte-d'Azur avec le Réseau de Surveillance Posidonie. 47 stations de suivis et 6 transects permanents sont identifiés sur le littoral de l'étang. Les observations sont qualitatives sur les stations, mais une topographie détaillée de chaque transect est réalisée en mettant en application les méthodes de phytosociologie terrestre adaptées par Roger Molinier, puis Charles-François Boudouresque, au milieu marin benthique.

C'est également le temps d'une prise de conscience environnementale; un référendum d'initiative populaire organisé dans les 10 communes riveraines de l'étang de Berre se prononce pour un retour à une lagune marine. Le plan Barnier (du nom du ministre de l'environnement de l'époque) est mis en œuvre en 1994 : les rejets de la centrale EDF sont limités à 2.1 milliards de m³ d'eau douce par an et 200 000 tonnes de limons. La Mission pour la Reconquête de l'Etang de Berre est créée.

Ce plan sera encore durci en 1995, puis en 2005, suite à une mise en demeure de la Commission Européenne, avec des rejets actuellement limités à 1.2 milliards de m³ d'eau et 60 000 tonnes de limons par an ; le Groupement d'Intérêt Public pour la Réhabilitation de l'Etang de Berre (GIPREB) prend la suite de la Mission de Reconquête ; GIP qui est devenu Syndicat Mixte en 2010, preuve de l'implication des collectivités locales, communes, Département et Région pour la restauration de cet écosystème emblématique. Le GIPREB, qui a inscrit dans ses objectifs la recolonisation des herbiers de *Zostera noltii* jusqu'à 3 m de profondeur et de *Z. marina* jusqu'à 6 m, dans les zones sous influence marine, assure la mission d'observatoire du milieu de l'étang de Berre (Fig. 2).



Fig. 2. Herbiers de *Zostera noltii* en mosaïque affleurant sous la surface de l'eau (site de la Pointe de Berre, Etang de Berre - source GIPREB).

Un écosystème sous surveillance

Le suivi annuel des macrophytes est mis en place et évolue au fur et à mesure que l'expertise du GIS Posidonie sur les outils de monitoring des peuplements benthiques se développe : redéfinition de la stratégie d'échantillonnage, élaboration d'indices d'abondance pour évoluer vers une évaluation semi-quantitative du recouvrement des différentes espèces de macrophytes, intégration des bivalves, dont la moule *Mytilus galloprovincialis* ; il prend sa forme définitive en 1996. Les conditions de plongée sont difficiles, la visibilité sous l'eau souvent réduite à sa plus simple expression et il est fréquent que les reconnaissances s'effectuent à tâtons, sous la

surveillance inquiète des anguilles et des blennies paon. Pourtant, les résultats sont là. En parallèle, un suivi saisonnier et mensuel des invertébrés de la faune benthique et des paramètres hydrologiques, sont menés par Georges Stora et Patrick Raimbault, du Centre d'Océanologie de Marseille (COM).

Depuis, sous l'impulsion du contentieux européen qui, en 2005, met en demeure l'Etat français de réduire les sources de dégradation de l'étang de Berre, le suivi des macrophytes et des bivalves s'est enrichi. Il s'agit également d'aller vers une harmonisation des variables retenues avec les critères définis par la Directive Cadre sur l'Eau. Les herbiers de *Zostera noltii*, qui ne sont plus présents que sous forme relique (Fig. 2 et 3), font ainsi l'objet d'une attention accrue : cartographie fine de sites témoins, suivi des paramètres de vitalité. Là encore, les méthodes développées pour le suivi de la posidonie dans le cadre du Réseau de Surveillance Posidonie (RSP) et des nombreuses cartographies des herbiers littoraux ont été adaptées au contexte lagunaire : interprétation de photographies aériennes et vérités-terrain, comptage du nombre



Photo 3 : Vue aérienne des herbiers de *Zostera noltii* en mosaïque (site de la Pointe de Berre, étang de Berre).
© Altivue)

de faisceaux de feuilles dans des quadrats, prélèvements pour les biomasses, etc. Une importante campagne de reconnaissance en plongée sous-marine est mise en œuvre par le GIS Posidonie et l'Ifremer pour caractériser les moulières à *M. galloprovincialis*, qui occupent les fonds de l'étang de Berre : localisation, extension en profondeur, densité, recrutement, etc. Cette campagne est reconduite 4 années de suite et met en évidence le développement rapide d'une petite moule introduite *Arcuatula senhousia* (*Musculista senhousia*). En parallèle, EDF installe dans l'étang une série de 23 capteurs, qui mesurent en continu, à

différentes profondeurs, la salinité, la température et l'oxygène dissous.

Avec l'inventaire de l'ichtyofaune et la caractérisation des pêcheries, réalisés par le GIS Posidonie en association avec le Centre d'Océanologie de Marseille (COM), Aqualogic et El Groupe, le tableau est presque complet. De nombreuses thèses de Doctorat ont été réalisées et sont en cours, sur le comportement hydrologique de l'étang, sur sa modélisation hydrodynamique, sur l'eutrophisation, sur les herbiers de magnoliophytes, sur la prolifération des gélatineux, dont l'espèce introduite invasive, *Mnemiopsis leydii*, sur le phytoplancton, sur l'influence du remaniement sédimentaire, etc.

L'étang de Berre entre ainsi dans la catégorie des lagunes les plus étudiées en Méditerranée, et probablement aussi, au monde.





Des réserves pour les poissons et pour les pêcheurs : suivis de la pêche artisanale autour des aires marines protégées en Méditerranée française

LAURENCE LE DIRÉACH

GIS POSIDONIE, AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ, INSTITUT PYTHÉAS, CAMPUS DE LUMINY,
13288 MARSEILLE CEDEX 9 - laurence.ledireach@univ-amu.fr



Petits métiers et prud'homies, le contexte de la petite pêche côtière en Méditerranée

En Méditerranée, les activités de la pêche professionnelle artisanale sont décrites sous le dénominateur de 'métiers'. Dans le vocabulaire de la pêche professionnelle, ce terme désigne une catégorie d'engins (arts fixes et arts traînants) et à l'intérieur d'une même catégorie, il désigne une spécialité (trémail, palangre, drague) englobant la notion d'engin, de pratique et de cible également. Les 'petits métiers côtiers' par opposition aux 'métiers du large' travaillent à la côte à partir d'embarcations de petite taille (6 à 16 m). Ce type de pêche occupe une place prépondérante sur les côtes de Méditerranée et ce, depuis l'Antiquité.

Il faut remonter au X^{ème} siècle pour trouver à Marseille les premières traces des prud'homies de pêcheurs ; mais ce sont les lettres patentes de 1452 et 1477 du roi René, comte de Provence, confirmées par la lettre patente de 1481 de Louis XI, qui ont fait entrer cette institution dans le droit français (source : Wikipedia). Dès le XVII^{ème} siècle, à la faveur de Louis XIV, les communautés de pêcheurs s'organisent pour être représentées, partager la ressource, régler les conflits, être plus solidaires. Sur les côtes françaises, la Prud'homie de pêcheurs est une institution traditionnelle spécifique à la Méditerranée, qui demeure à part dans le droit commun français et a trouvé écho en Italie et en Espagne (cofradías). Le Conseil des Prud'hommes (élu pour 3 ans) a un pouvoir de réglementation, de police administrative en matière de pêche, un

pouvoir juridictionnel et un rôle d'arbitrage en cas de conflit entre les pêcheurs. Depuis une décennie, l'organisation de la pêche au niveau national en comités locaux et régionaux, ainsi que l'application des règlements européens par les états membres, ont fait perdre de leur influence aux prud'homies. Les limites territoriales des prud'homies sont anciennes et subsistent cependant; elles organisent l'attribution de postes de pêche et délimitent encore, le plus souvent, les zones de pêche côtière. Actuellement, la raréfaction de la ressource tend à conduire à l'extension des territoires de pêche au-delà du territoire des prud'homies et vers le large et ravive les conflits pour l'exploitation de la zone côtière jusqu'au-delà des frontières nationales.

Des pêcheurs et des réserves

Les eaux de la réserve de Scandola dépendent de la prud'homie de Balagne et de la prud'homie d'Ajaccio ; cela n'est pas pour simplifier les choses sur ce petit territoire de gestion. La beauté du site et la qualité des captures, qui y sont encore faites, attirent cependant les pêcheurs bien au-delà des ports situés aux limites de son territoire. Malgré le coût du carburant, la présence de bateaux d'Ajaccio en témoigne, ils viennent y pêcher des espèces et des tailles de poissons, qui se font plus rares dans leurs eaux, à partir du milieu de la saison de pêche.



Fig. 2 : Les battudes sont des filets hauts calés à terre pendant la nuit pour attraper les poissons qui nagent le long du bord (mulets, corb, dentis, sars).

Suivant l'exemple du Parc national de Port-Cros, d'autres sites côtiers ont vu se mettre en place, au cours des années 1970-1980s, les premières aires marines protégées avec différents statuts allant du cantonnement de pêche aux parcs naturels régionaux. Très peu de ces 'réserves' ont cependant été créées à la demande des pêcheurs (le Parc Marin de la Côte Bleue est l'une des rares et des plus anciennes). Leur territoire est le plus souvent celui concédé par ces derniers pour son caractère éloigné ou peu attractif pour la pêche. Avec

le développement des méthodes de comptages visuels se mettent progressivement en place des suivis portant sur les poissons dans ces sites devenus remarquables. De nombreux travaux permettent alors de démontrer l'efficacité de la protection, ce fameux 'effet réserve' et de rêver à la reconstitution des peuplements de poissons côtiers et au retour de l'âge d'or où l'on pêchait d'innombrables et gros poissons tels que décrits par les plus anciens pêcheurs professionnels et amateurs dans des récits fabuleux datant d'avant la seconde guerre mondiale.

Les premiers travaux du GIS Posidonie rassemblant les informations sur les pratiques et les captures de la pêche artisanale, à partir d'entretiens avec les pêcheurs, datent du début des

années 1990s avec les travaux d'Alain Aboussouan, Valérie Rico et Claude Boutin, alors que Jean-Michel Culioli commence à travailler sur l'effort de pêche aux îles Lavezzi (1995). Hors réserves, les premiers comptages de fréquentation et des enquêtes sur la pêche sont initiés dans les Calanques de Marseille par Guillaume Bernard et Patrick Bonhomme (Bernard *et al.*, 1998) postés en haut du sémaphore de Callelongue. Il est déjà question, à l'époque, de la création d'un parc dans le décor exceptionnel des falaises et des criques situées entre Marseille et Cassis (le futur Parc national des Calanques).

De la protection des poissons à l'évaluation des captures

Dans les années 1990s, il devient indispensable d'en savoir plus sur le prélèvement effectif par la 'petite' pêche professionnelle côtière. L'IFREMER s'attaque alors à l'évaluation de la pêche aux petits métiers (Le Corre *et al.*, 1989) ; Riutort (1994) présente dans sa thèse les premières descriptions et évaluations des captures de la pêche artisanale en Corse. La ressource vient à se raréfier au large et l'on commence à comprendre que l'impact de la pêche n'est pas négligeable et qu'il faut du temps pour rétablir un peuplement équilibré en nombre d'espèces et en diversité des tailles favorisant la reproduction et le renouvellement des populations (à ce jour, la population de mérrou brun du site de la Gabinière à Port-Cros ne semble pas encore avoir atteint sa 'capacité de charge'). L'évaluation de la ressource prélevée par les pêcheurs sur ces



Fig. 3 : Démaillage de la langouste capturée au filet trémail

peuplements de poissons côtiers, que les aires marines protégées cherchent à conserver, devient une nécessité pour leurs gestionnaires. Les données collectées par l'Etat et les Instituts chargés des statistiques de pêche s'avèrent inaccessibles et inutilisables à l'échelle locale des aires marines pour répondre précisément aux besoins de la gestion. C'est tout naturellement à Port-Cros, où se met en place une charte de coopération entre les pêcheurs professionnels et le Parc, que débute le premier suivi de l'effort de pêche professionnelle avec l'aide du GIS Posidonie. Grâce à l'appui scientifique de Charles-François Boudouresque et au dynamisme de Philippe Robert se met en place un système déclaratif volontaire par le biais d'un carnet de pêche croisé avec la recherche d'informations sur l'activité, la saisonnalité et la répartition de l'effort, par des comptages de signaux de pêche notamment, comptages réalisés par les agents du Parc national. L'équipe permanente du GIS Posidonie (Gwenaël Cadiou, Laurence Le Diréach, Patrick Bonhomme) commence alors à collecter et mettre en forme ces données et débute une nouvelle aventure en embarquant sur les navires de pêche professionnelle fréquentant les eaux de Port-Cros puis celles de Scandola.

La règle à poisson et la balance

Les objectifs de ces études sont multiples : fournir aux gestionnaires une connaissance de l'activité de pêche artisanale dans leurs eaux (saisonnalité, engins, pratiques, cibles) ; mesurer l'effort de pêche et le suivre dans le temps et enfin, analyser les captures (espèces, longueur, biomasse pêchée et rejetée). Les captures s'avèrent également être un échantillonnage du peuplement de poissons côtier complémentaire à celui réalisé par comptages visuels ou par pêches expérimentales. Les outils et les stratégies sont pluriels, ils peuvent être directs : entretiens facilités notamment lors d'embarquements à bord des navires petits métiers, mesure et pesée des captures et des rejets pendant ces sorties en mer, qui fournissent des données précises ramenées à un type d'engin, mais aussi examen des captures au débarquement. L'acquisition peut aussi être indirecte grâce aux carnets de pêche remplis par les pêcheurs et



Fig. 4 : Tous les poissons sont pesés et mesurés au cours des embarquements dans le cadre du suivi de la pêche de la réserve de Scandola (ici le denti, *Dentex dentex*).

aux fiches de comptages de signaux de pêche matérialisant la présence d'engins que l'on peut reporter sur des cartes, complétées par ou avec les agents des parcs, lors de tournées en mer. D'autres suivis vont se mettre en place dans d'autres aires marines protégées de Méditerranée nord-occidentale (à Banyuls notamment, mais aussi aux îles Médès, à Cabrera, à Tabarca pour ne citer que l'Espagne) auxquelles il va devenir possible, parfois, de comparer les résultats de suivi, tant la diversité des pratiques et des approches et

la difficulté d'obtenir des données standardisées et comparables sont grandes. D'où vient cette difficulté ?

La première difficulté provient de la diversité des métiers et des pratiques et de leur saisonnalité, aussi. L'acquisition de données sur la pêche artisanale requiert un effort d'échantillonnage soutenu et une bonne connaissance des pratiques et du poisson, qui ne s'acquiert pas en un jour. Entre les stratégies d'échantillonnage et l'analyse, la prise de données implique presque toujours un échange avec le pêcheur (entretien, débarquement, embarquement) et de là peut venir la difficulté liée aux relations humaines, mais aussi tout l'enjeu et l'intérêt de la collaboration. Et il faut bien le constater : ce travail de collecte fonctionne particulièrement bien avec des observatrices embarquées !

Bonne ou mauvaise fortune : 'une femme sur un bateau : ça porte malheur !'

La pêche est une histoire d'hommes. Pourtant des femmes réalisent depuis longtemps des enquêtes sur la pêche depuis la valeureuse Anita Conti embarquée sur les morutiers de Terre-



Fig. 5 : Mélanie Ourgaud, scientifique embarquée par Madeleine Merlo, femme pêcheur, dans la réserve naturelle de Scandola, une rencontre.

Neuve. Le test est permanent, nous n'avons guère le droit à l'erreur. Notre travail est cependant loin d'être aussi difficile que le sien, à notre époque dans les eaux bleues et chaudes de la Méditerranée. Pourtant, je me suis plusieurs fois demandée, en battant les quais de la semelle de mes bottes dans le froid du petit jour ou sur le long chemin pentu qui mène à Girolata, où j'avais décidé d'aller à la rencontre de 'féroces' pêcheurs corses, ce que j'allais faire dans cette 'galère' ! Ces derniers m'ont reçue tout à fait cordialement et j'ai beaucoup appris d'eux sur la vie cachée et le comportement des poissons méditerranéens, ainsi que de tous les pêcheurs qui ont bien voulu m'accueillir depuis à bord de leurs bateaux. Depuis, j'ai entraîné quelques étudiants et membres du laboratoire dans cette aventure. Entre les lignes de nos carnets de notes, il y a bien plus que des mesures de poissons : l'histoire d'une activité qui évolue au fil des saisons et des années, des anecdotes, des photos, des scènes de vie au bord de l'eau. Parfois menacée de ne plus pouvoir embarquer les jours de mauvaise pêche, j'ai heureusement eu la chance que quelque belle pièce surgisse aussi à l'avant du treuil et me permette de revenir les jours suivants.

De la conservation à la gestion des usages

Au fil du temps et des journées passées en mer, ce travail de fourmi s'avère riche d'enseignements et nous a permis de constituer des données de référence. Le travail des pêcheurs aux petits métiers a fortement évolué depuis 20 ans par une modernisation des moyens de travail, mais aussi par une interaction nouvelle et parfois difficile avec les autorités et les gestionnaires rendue nécessaire par l'application de directives européennes (Natura 2000, DCSMM, PCP). Après la mise en place d'espaces protégés, se sont imposées des problématiques de 'gestion' et la nécessité d'inclure davantage de concertation pour la prise de décision concernant ces sites. Cette évolution s'est faite conjointement avec la prise de conscience du changement global et de l'impact de l'homme sur le milieu, alors que la problématique de conservation de la ressource devenait plus aigüe. De leur côté, les gestionnaires se sont vus confier une mission de gestion des usages et de règlement des conflits, qui s'ajoute à leurs missions de surveillance et de conservation.

En créant le GIS Posidonie les fondateurs avaient souhaité regrouper gestionnaires et scientifiques pour progresser dans la connaissance et la gestion des écosystèmes méditerranéens. L'acquisition de données de terrain fiables et de qualité, qui définit bien l'activité du GIS Posidonie, a conduit depuis longtemps ses membres et son personnel à s'investir dans un travail de concertation dans la gestion. Au-delà de la simple collecte des données, les travaux sur la pêche illustrent particulièrement la contribution, que peuvent apporter les scientifiques à la médiation et le transfert de connaissances qui s'établit dans les deux sens. Une aide à la gestion peut ainsi s'effectuer auprès de partenaires qui ne parlent pas toujours le même langage et aux objectifs apparemment antagonistes. C'est une position parfois inconfortable aussi : les pêcheurs veulent continuer à pêcher le plus longtemps possible, le plus de poissons possibles, alors que les gestionnaires des aires marines protégées se trouvent maintenant dans le difficile paradoxe de devoir remplir leur mission de **conservation des peuplements** tout en contribuant à la **gestion durable des usages**. Les scientifiques du GIS Posidonie en collectant et analysant les données de capture et d'effort contribuent de leur mieux à fournir des données fiables et des outils de suivi afin de les aider dans la gestion des peuplements côtiers. Dans ce triangle aux objectifs vertueux, chacun tire un peu dans sa direction en œuvrant alternativement pour la connaissance, pour la conservation des espèces et des habitats ou pour la survie économique de la pêche. Le dialogue est parfois bien difficile, mais toujours passionné et les échanges hauts en couleur. Le poisson est au centre, antique (on le voudrait éternel et inépuisable), coloré, magnifique, objet de discussions interminables autour des tables, dans les assiettes sur tous les rivages de la Méditerranée.

Références

- Bernard G., Bonhomme P., Daniel B., 1998. *Archipel de Riou : étude socio-économique sur la plaisance, la pêche amateur, la plongée et la chasse sous-marine (période estivale et hivernale)*. 154 p. + annexes, par Contrat Ville de Marseille, Direction de l'Environnement et des Déchets & GIS Posidonie. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.
- Culioli J-M., 1995. La pêche professionnelle dans la Réserve Naturelle des Iles Lavezzi (Corse). Effort et productions (Août 1991 – Juillet 1993). *Trav. Sci. Parc Nat. Rég. Rés. Nat. Corse*, 52 : 1-106.
- Le Corre G., Rosecchi E., Bigot J-L., 1989. *Enquête cadre sur la pêche artisanale en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Mai à Juillet 1989 du cap Couronne à la frontière italienne*. RIDRV-90.13-RH/SETE. IFREMER, Sète : 105 pp.
- Riutort J-J., 1989. *Première estimation des captures et de l'effort de pêche déployé par les "petits métiers" sur le littoral Nord-Ouest de la Corse. Etude de la biologie des principales espèces cibles*. Station de recherche sous-marine et océanographique Stareso, Calvi : 133 pp. + 18 pp. non num.





Environnement littoral méditerranéen : indicateurs biologiques et physico-chimiques

MICHEL AVON

I, CHEMIN DE LA PASTISSIÈRE, I3620 CARRY LE ROUET
avonmichel@orange.fr



Introduction

Il est possible de définir, d'une manière générale, un **'indicateur'** comme un chiffre significatif caractérisant l'état d'un milieu ou de la situation (sanitaire, économique ou sociale) d'une population. Un ensemble d'indicateurs peut permettre de caractériser l'état d'un milieu naturel (le milieu littoral marin, par exemple) et devrait pouvoir être utilisé comme outil d'aide à la décision. Dans le domaine de l'environnement littoral marin, l'usage des indicateurs biologiques et physico-chimiques, a été trop souvent limité à l'évaluation de l'impact des actions anthropiques (pression démographique, urbanisation, industrialisation) sur la 'santé' des biocénoses. Les indicateurs ont été utilisés longtemps, surtout comme des outils de constat, pas forcément d'aide à la décision; néanmoins les choses sont peut-être en train de changer.

Le colloque international 'les indicateurs biologiques et physico-chimiques' (1993)

Un colloque international 'Les indicateurs biologiques et physico-chimiques', présidé par le Professeur François Ramade, a été organisé en 1993 par le GIS-Posidonie avec l'appui logistique de l'Association de Protection et de Développement de la Côte Bleue, et un comité scientifique constitué de Charles-François Boudouresque, Jean-Georges Harmelin, Jacques Laborel et Nardo Vicente (Fig. 1).

Il réunissait comme participants des scientifiques et des gestionnaires de l'environnement pour la partie colloque, et permettait leur rencontre avec le grand public le lendemain, au cours d'une journée de sensibilisation (nous nous souvenons tous du professeur Jacques Laborel assis par terre au milieu d'une vingtaine d'enfants émerveillés).

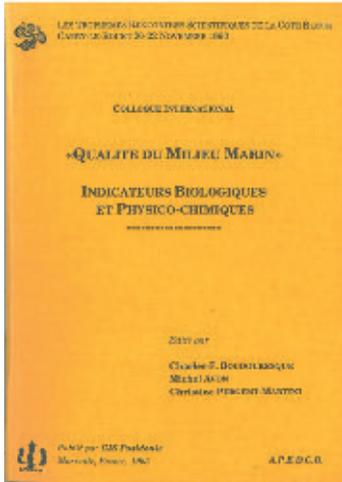


Fig. 1 : Couverture des actes du colloque « Qualité du milieu marin organisé en 1992 à Carry-le-Rouet

Du débat qui terminait le colloque, on peut retenir quelques phrases clés : il a été dit (François Ramade) que « *les analyses sont des moyens pas une fin. La fin est que les indicateurs servent à dire en quoi une contamination peut avoir des effets biologiques décelable* », mais aussi (Charles-François Boudouresque) que « *les indicateurs doivent être des outils de gestion* ». Il a été aussi précisé (Mary-Christine Bertrand) que « *nous avons beaucoup de mal à faire le lien entre les concentrations en terme de polluants dans les rejets et le milieu et les effets biologiques* » et donc qu'un travail de recherche était encore nécessaire.

Par ailleurs, l'intérêt des réseaux de surveillance type RNO (Réseau National d'Observation, IFREMER) qui « *permettent, par l'acquisition de séries historiques, de savoir, à terme, comment les choses évoluent et par là, aider les décideurs par rapport à tel ou tel rejet* » (Raymond Poggi) a été reconnu. Il a été conclu que la complémentarité entre indicateurs biologiques et physico-chimiques apparaissait comme une notion essentielle, et qu'il fallait trouver, au cas par cas, la

meilleure combinaison possible, en fonction des problèmes posés, de la précision des réponses attendues, et du temps disponible. Il a été souligné que le besoin de recherche était encore énorme.

Ce colloque s'inscrivait donc dans le cadre d'une structuration scientifique et technique de la démarche de caractérisation du milieu marin, avant que ne se mettent en place les outils réglementaires qui permettent une véritable 'démarche indicateurs'.



Fig. 2 : Le colloque de Carry-le-Rouet conviait des scientifiques de différents laboratoires méditerranéens ; à gauche, Charles-F. Boudouresque et le Professeur Pierre Drach à droite, on reconnaît au premier et second rang de droite à gauche, le Prof. J.M. Pérès, Louise Fenaux, Maria-Luiza Pedrotti, Axel Romana, Vincent Gravez, Eric Charbonnel.

Un cadre juridique et administratif

Les écosystèmes méditerranéens présentent un intérêt écologique majeur par rapport aux autres zones biogéographiques de la biosphère. Leur vulnérabilité a été tardivement prise en compte, sous l'égide du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), par la mise en place par 16 pays, en 1975, du Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM). Le premier objectif du PAM est d'aider les gouvernements à évaluer et maîtriser les pollutions marines, suivi du PAM Phase II, en 1995 (21 pays), mettant l'accent sur la planification et la **gestion intégrée**.

Avec le PAM, les Parties contractantes à la Convention de Barcelone (1976, amendée en 1995) montrent leur détermination à relever les défis de la protection de l'environnement marin et côtier tout en encourageant la mise en place de plans régionaux et nationaux visant à un développement durable. Le Plan Bleu, pour la France, est l'un des acteurs de cette coopération. Par ailleurs, le Livre Vert de la Commission Européenne (2006) visant à une gestion européenne des océans et des mers, constate que l'environnement marin est, entre autres, confronté :

- à une diminution accélérée de la biodiversité (ce qui a des conséquences pour la réalisation du potentiel de la 'biotechnologie bleue');
- à une surexploitation des ressources (ce qui a des conséquences pour la pêche);
- au changement climatique (ce qui a des conséquences pour la pêche et pour le tourisme côtier);
- à la pollution terrestre;
- à l'acidification de l'eau de mer;
- à la pollution causée par les déversements des navires;
- aux accidents maritimes (faute d'une meilleure sécurité maritime).

C'est vrai pour toutes les mers européennes, encore plus vrai pour la Méditerranée, mer fermée. Le Décret n° 2011-492 du 5 mai 2011 relatif au plan d'action pour le milieu marin, faisant référence à la directive n° 2008/56/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008 établissant un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin, et à la décision n° 2010/477/UE de la Commission du 1er septembre 2010 relative aux critères et aux normes méthodologiques concernant le bon état écologique des eaux marines, précise :

'Art. R. 219-6. *La définition du bon état écologique des eaux marines prévue par le 2° du I de l'article L. 219-9 est arrêtée par le ministre chargé de l'environnement pour tous les plans d'action pour le milieu marin.*

« Elle permet d'apprécier et de comparer, d'une sous-région marine à l'autre, dans quelle mesure le bon état écologique est maintenu ou atteint.

« Elle se réfère aux éléments utilisés dans l'évaluation initiale prévus par l'article R. 219-5.

« Elle identifie un ensemble de critères et d'indicateurs pertinents caractérisant un bon état écologique pour chaque sous-région marine fondés sur :

« — les descripteurs qualitatifs mentionnés à l'annexe 1 de la directive 2008/56/ CE du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008 mentionnée à l'article R. 219-2

« — les critères et normes méthodologiques mentionnés dans la décision 2010/477/ UE de la Commission du 1er septembre 2010 relative aux critères et aux normes méthodologiques concernant le bon état écologique des eaux marines. »

Il y a donc actuellement une volonté politique et un cadre juridique pour l'utilisation d'indicateurs pour le suivi écologique du milieu marin.

Les indicateurs de qualité du milieu marin en Méditerranée

Il existe depuis plusieurs années en Méditerranée des outils de surveillance et d'évaluation de la qualité du milieu marin, indicateurs physico-chimiques et indicateurs biologiques.

Dans le système de surveillance géré par les laboratoires environnement ressources (LER) de l'IFREMER :

- réseau de la contamination chimique (RNO / ROCCH), depuis 1974
- réseau de surveillance phytoplancton et phycotoxines (REPHY), depuis 1987
- réseau de contrôle microbiologique (REMI), depuis 1987
- réseau mollusque des ressources aquacoles (REMORA)
- réseau de pathologie des mollusques (REPAMO)

D'autres systèmes de surveillance sont en place :

- réseau de surveillance posidonies (RSP) en Corse (qui a succédé aux 33 points de surveillance de l'herbier de Posidonie suivi par balisages et photographies sur l'ensemble du littoral de la Région Provence-Alpes-Côte-d'Azur), géré par le GIS Posidonies de 1984 à 2004 ;
- réseau de surveillance de la qualité des eaux de baignade, géré par les DDASS (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales) jusqu'en 2010.

Ces réseaux sont opérés par des organismes compétents et dont les résultats sont mis à disposition des utilisateurs et des gestionnaires du littoral par internet (Base Quadrige).

En vue de faciliter l'utilisation des données, sous la tutelle de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, le Réseau Littoral Méditerranéen (RLM) intégré au dispositif général du Réseau National des Données sur l'Eau et du Réseau des Données sur l'Eau du Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, permet à chaque gestionnaire d'avoir accès à une bonne connaissance de la qualité des milieux naturels aquatiques, s'appuyant sur des systèmes d'information cohérents et compréhensibles. Le Réseau Littoral Méditerranée structure et fédère les initiatives, il permet la mobilisation de moyens humains, techniques et financiers. Le réseau RINBIO permet de caractériser la contamination chimique à l'échelle de la façade.

Indicateurs, outils d'aide à la décision ?

Est-ce que ces données, traitées et transmises sous forme d'indicateurs, sont bien reçues et exploitées par les gestionnaires du littoral ? Les indicateurs sont-ils utilisés comme de véritables outils d'aide à la décision ?

Le schéma ci-dessous (Fig. 2) présente ce que pourrait être un mécanisme général de fonctionnement par lequel un gestionnaire pourrait vérifier en continu la conformité de ses activités par rapport aux exigences réglementaires, mais aussi, dans le cadre d'une démarche de management environnemental, quantifier l'amélioration de ses performances environnementales vis-à-vis du milieu marin.

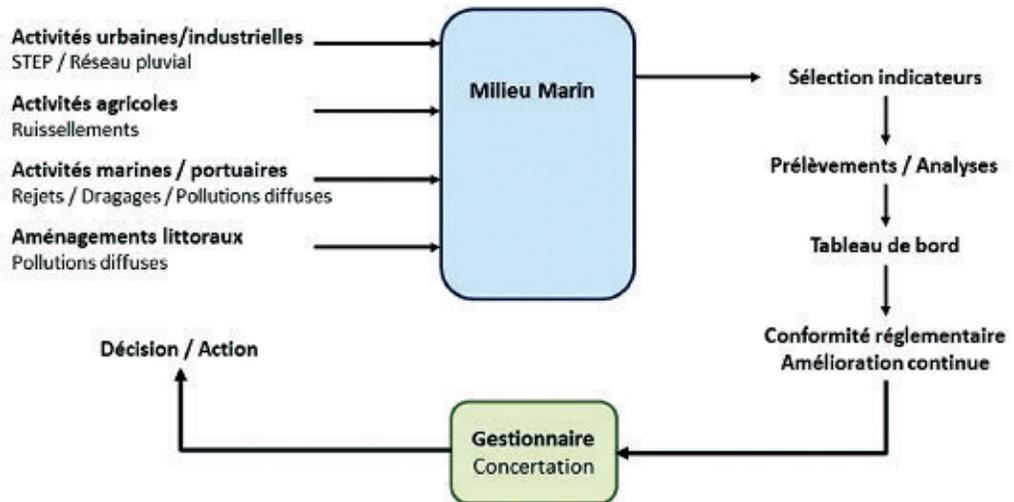


Fig. 3 : Gestion de la qualité du milieu marin : les indicateurs, outils d'aide à la décision.

Des indicateurs sélectionnés avec pertinence, des grilles de lecture éprouvées et des résultats présentés dans un tableau de bord opérationnel (compréhensible par les utilisateurs), dans le cadre d'une démarche qualité, constituent les bases d'un véritable outil d'aide à la décision.

Avec la mise en œuvre de la Directive Cadre Eau (DCE) une stratégie a été mise en place en Méditerranée avec 4 types de réseaux (surveillance, opérationnel, contrôle et enquête), la masse d'eau est devenue un référentiel de travail et des grilles spécifiques ont été mises en place pour les compartiments biologiques (la posidonie, le phytoplancton, le benthos de substrat meuble et les macroalgues). Des exercices d'intercalibration permettent des comparaisons entre pays et de mieux faire le lien entre état et pressions.

La Directive Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM), dont le champ d'application est encore plus vaste nous conduit maintenant encore plus loin vers une définition du 'bon état écologique' prenant en compte aussi les habitats et les espèces.



Caulerpa taxifolia

l'algue qui a soulevé le problème des espèces introduites en mer

ALEXANDRE MEINESZ ET JEAN-MICHEL COTTALORDA

UNIVERSITÉ NICE SOPHIA ANTIPOLIS, EA 4228 ECOMERS, FACULTÉ DES SCIENCES,
PARC VALROSE, 06108 NICE CEDEX 2
meinesz@unice.fr / jean-michel.cottalorda@unice.fr



Des premières plongées (décembre 1989) sur le tapis vert de *Caulerpa taxifolia*, localisé uniquement sous le Musée océanographique de Monaco (appartenant à la Fondation française Albert 1^{er} de Monaco, gérée par l'Académie des Sciences française), où elle était cultivée dans les aquariums d'exposition (Meinesz et Hesse 1991), aux milliers d'hectares concernés devant les côtes françaises (160 sites distincts atteints de Menton à Six-Fours-les-Plages), italiennes (avec 5 régions : Ligurie, Toscane, Sicile, Calabre et Sardaigne), croates, espagnoles (Baléares) et tunisiennes, 18 années se sont écoulées.

A l'apogée de son invasion, vers 2008, 16 000 hectares de petits fonds étaient concernés.

De la contestation sur l'origine de cette algue envahissante (1992), divisant la communauté scientifique (un quarteron de scientifiques opposés aux meilleurs spécialistes des algues de la Méditerranée), à la confirmation génétique de son introduction à Monaco et à la découverte de sa population d'origine (la baie de Brisbane en Australie), huit années ont été nécessaires.

Exit la fumeuse théorie 'de la métamorphose des caulerpes' publiée en grande pompe par l'Académie des Sciences (ayant même organisé dans ses murs à Paris un colloque sur *Caulerpa taxifolia* très 'ouvert' à la théorie de la métamorphose). Cette théorie fantaisiste était basée sur une fable : *Caulerpa mexicana* (très rare en Mer Rouge et sur les côtes du Levant) se serait métamorphosée en *Caulerpa taxifolia* avec des stades intermédiaires trouvés en Sicile. La métamorphose complète serait ainsi apparue sous le Musée de Monaco. Cette théorie abracadabrantesque blanchissait la réelle cause d'introduction en Méditerranée via les aquariums. Sans aucun doute, la mise en balance au niveau scientifique d'une part, du statut d'une algue déjà connue en Méditerranée (*C. mexicana*) depuis 1930 s'étant transformée - métamorphosée - de façon lente et naturelle avec, d'autre part le statut d'une réelle espèce introduite envahissante, a freiné considérablement les recherches et les mesures, au début urgentes, de limitation de son invasion.

Sous l'eau, la très spectaculaire invasion de l'algue pouvait se constater aisément, être filmée et photographiée à l'envi : c'était du concret ! Du jamais vu en Méditerranée ! C'était vraiment

très inquiétant pour les plongeurs, pêcheurs et scientifiques. Hors de l'eau les palabres en tous genres sur l'origine de l'espèce et, sa réelle présence (l'IFREMER fut requis pour vérifier les constats des équipes scientifiques !), les interventions utiles ou non à appliquer, ont mobilisé pendant huit années des comités, des scientifiques, des usagers de la mer et des médias. Le sujet, déjà extrêmement attrayant par son visuel spectaculaire et par l'expansion régulière de son aire géographique, fut surtout amplifié considérablement par les empoignades mémorables



Fig. 1 : *Caulerpa taxifolia*

entre les deux camps opposés. Les multiples évènements qui se sont succédés en ont fait autant 'd'accroches' pour les journalistes : de 1990 à 2002. *Caulerpa taxifolia* a fait le 'buzz' : plus de 1 200 articles de presse ont été répertoriés rien qu'en France et autant à l'étranger et nous n'avons pas pu répertorier les multiples reportages télévisés et interviews radiophoniques sur le sujet.

Cette notoriété a attiré les politiques qui se sont impliqués : on se souvient sur la côte d'Azur de la venue de la ministre de l'Environnement, alors Ségolène Royal, vacillant sur un frêle embarcadère surchargé d'officiels et de journalistes au port de la Darse de Villefranche-sur-Mer. De François Bayrou paradant sur les quais du port de Cagnes-sur-Mer alors rempli de 'taxifolia'. Tous deux ont eu entre leurs mains 'l'algue tueuse', surnom donné par un journaliste adepte du sensationnel. On se souvient aussi de l'actuel commissaire européen Michel Barnier, qui a organisé, avenue de Ségur, le premier 'Ségur de l'environnement' sur le thème de *Caulerpa taxifolia*. Il avait alors choisi le sujet le plus médiatisé du moment pour promouvoir le plus beau fait d'arme de son mandat : réunir dans un site prestigieux (l'avenue de Ségur à Paris) les services de son ministère de l'environnement auparavant éparpillés dans divers bâtiments en périphérie de Paris. La mayonnaise, pourtant bien préparée, n'a pas pris ; c'est toujours la rue de Grenelle qui reste la référence la plus notoire pour désigner un 'remue-méninges' sur un sujet donné (site du premier débat démocratique suite aux agitations de mai 1968). On se souvient aussi de Jean-Yves Le Drian (alors secrétaire d'État à la mer), qui a présidé le 'Comité de Coordination', véritable conseil de guerre contre *Caulerpa taxifolia*. Le breton, (aujourd'hui ministre de la défense) a dû ainsi souvent se demander pourquoi tant de scientifiques s'échauffaient sur ces belles algues introduites en Méditerranée alors qu'en Bretagne de sales algues toutes aussi vertes (les ulves) commençaient à se répandre sur ses plages sans susciter autant d'intérêt scientifique. Pendant tout ce temps, les scientifiques du GIS Posidonie, tous soudés par une même conviction profonde sur l'origine de cette algue introduite et très envahissante, se sont mobilisés et ont travaillé sur de multiples facettes concernant *Caulerpa taxifolia*.

Cette forte implication du GIS Posidonie s'est traduite par un soutien fort de l'Europe qui a largement contribué financièrement à l'étude des multiples questions soulevées par la progression de *C. taxifolia*. Le succès de ces programmes de recherche a suscité jalousies et inquiétudes de la part des tenants de la théorie de la métamorphose. Cela s'est aussi traduit dans la presse par une abominable mise en cause de l'honnêteté scientifique des équipes financées, via le GIS Posidonie, par les conventions européennes LIFE. Elles étaient, d'après certains journalistes, plus mobilisées par des causes mercantiles que scientifiques.

Un traquenard d'exclusion avait même été tendu à l'équipe de l'Université de Nice Sophia

Antipolis. Le laboratoire niçois Environnement Marin Littoral, très impliqué dans les recherches sur *Caulerpa taxifolia*, était alors associé à une Unité Mixte de Recherche marseillaise (CNRS et Université) : l'UMR Dimar. Des pressions internes à l'Université de Nice ont suggéré que cette équipe devait rejoindre le giron exclusif de l'Université de Nice Sophia Antipolis. Le départ de l'équipe niçoise de l'UMR Dimar devait être compensé par la création d'une équipe d'accueil universitaire niçoise indépendante. La promesse ne fut pas tenue : une fois la démission actée, le dossier de création de l'équipe d'accueil reçut un avis négatif de l'Université de Nice Sophia Antipolis. Pas d'équipe d'accueil signifiait la disparition du laboratoire et l'impossibilité d'héberger des thésards. Il a fallu l'appui d'une députée (Michèle Rivasi) et la compréhension du professeur Vincent Courtillot, bras droit du ministre des Universités et de la recherche (alors Claude Allègre), pour que le dossier revienne à l'Université de Nice avec un avis très favorable.



Fig. 2 : *Caulerpa taxifolia* en limite d'herbier à *Posidonia oceanica*.

Heureusement que, parmi les multiples voies de recherches fondamentales qui ont été alors ouvertes par le GIS Posidonie, figurait la génétique. Une collection de *Caulerpa taxifolia* provenant d'une quinzaine de régions du monde, patiemment réunie à l'Université de Nice Sophia Antipolis et entretenue depuis 1992 fut exploitée en 1998 par un jeune thésard enthousiaste (Olivier Jousson). Les résultats ont clos définitivement le débat sur l'origine de *Caulerpa taxifolia* (Jousson *et al.* 1998). En effet, dès 1998 une publication scientifique put établir que *Caulerpa taxifolia* et *C. mexicana* étaient très différentes et que la souche envahissante de Méditerranée était bien identique à celle qui ornaient encore l'aquarium de Stuttgart d'où venaient les individus décorant les aquariums du Musée de Monaco. Ces résultats ont été repris par une équipe élargie du GIS Posidonie dans la célèbre revue *Nature* (Jousson *et al.*, 2000). Des recherches ultérieures cofinancées par l'Académie des Sciences les ont confirmés.

Ce fut une période très riche au niveau humain ; l'enjeu des recherches, sa médiatisation et la responsabilité de communiquer sans cesse la réalité des faits ont soudé les équipes du GIS Posidonie. Quatre colloques successifs tenus à Nice (1992), Barcelone (1994), Marseille (1997) et Lerici en Ligurie (1999) ont permis aux équipes de recherches, sans exclusion, de publier 222 notes résumant leurs travaux en cours (Fig. 1).

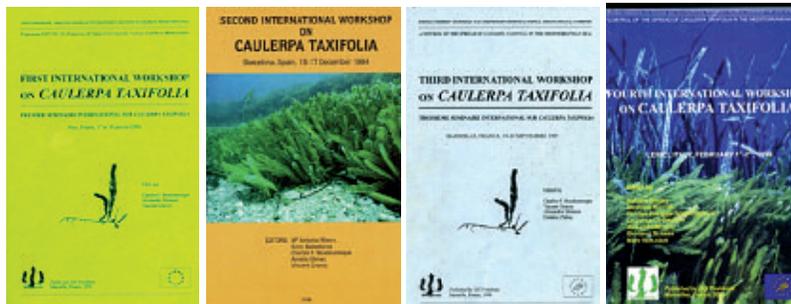


Fig. 3 : Couvertures des quatre 'workshops' sur *Caulerpa taxifolia* organisés par le GIS Posidonie ; 222 notes ont été ainsi publiées.

Peu dotées en aide technique, les équipes du GIS Posidonie ont pu recruter et former une vingtaine de jeunes ayant tous effectué un cursus universitaire long et s'engageant tous à apprendre à plonger. Beaucoup avaient le statut d'objecteur de conscience et certains ont obtenu par la suite une bourse de thèse. Tous se souviennent de leur passage dans les laboratoires de recherche et des multiples responsabilités qui leurs furent confiées. Leurs noms sont à jamais associés aux universitaires en poste dans des dizaines de publications scientifiques. Certains comme Rodolphe Lemée et Thierry Thibaut ont pu rejoindre le sésail universitaire avec des postes de maître de conférences.

Ces deux dernières décades, les introductions d'espèces allochtones se sont multipliées dans les océans et mers intérieures. Le cas de *Caulerpa taxifolia*, illustré abondamment par des centaines de publications scientifiques, largement diffusé par les médias et raconté par un livre retraçant en détail toutes les péripéties de son traitement (Meinesz, 1997) a certainement contribué à sensibiliser les scientifiques, les utilisateurs et les gestionnaires du milieu marin. Une nouvelle thématique forte est ainsi née. Plusieurs revues scientifiques de haut niveau traitant des invasions d'espèces aquatiques ont été éditées à partir des années 1990s. Les congrès ou colloques sur ce thème se sont multipliés. Les inventaires d'espèces introduites par régions, mers et océans sont devenus communs, les recherches de génétique permettant d'identifier la ou les régions d'origine des espèces introduites sont devenues des exercices académiques courants. La stratégie mise en place pour suivre l'invasion de *Caulerpa taxifolia*, basée sur une chaîne d'informateurs très élargie aux clubs de plongée est devenue un exemple. La sensibilisation des usagers de la mer mise en place dès 1990 est également devenue un cas d'école (voir encart ci joint) ; elle avait deux objectifs : ralentir sa dissémination et recueillir de nouvelles signalisations. Réduire et surveiller les vecteurs d'introduction potentiels, détecter rapidement une nouvelle espèce, soutenir des recherches pour comprendre le caractère envahissant (reproduction notamment), sont désormais reconnus comme fondamentaux dans la prise en charge d'un cas préoccupant.

On recherche (désespérément) *Caulerpa taxifolia*

Et, pour traquer la belle envahissante, le GIS Posidonie fait le tour de *Mare nostrum* ! A l'aide de brochures de prévention, de sensibilisation. En sollicitant la participation de tous les usagers de la mer, en français, bien sûr ! En anglais également, mais aussi en italien, en castillan, en catalan, en croate, en tunisien.

Dans le cadre des programmes LIFE1 et 2 de la Commission Européenne, une même campagne est ainsi menée avec le concours de scientifiques du pourtour méditerranéen. Un seul et même message. Un front uni de scientifiques devant des risques concrets de chute de la biodiversité. Un discours clair afin de rendre accessible à un large public les principaux résultats scientifiques enregistrés par plus d'une centaine de chercheurs mobilisés sur le 'phénomène *taxifolia*', chacun dans leur domaine de compétence.

Au total, plusieurs dizaines de milliers de brochures et d'affichettes sont ainsi éditées par le GIS Posidonie. C'est sans aucun doute, la période où le logo du GIS a été le plus diffusé, il se dresse partout, comme les posidonies tentant de résister à l'envahissante ! Particularité de cette campagne de sensibilisation et de prévention réalisée sur plusieurs années : elle est la même pour tous les pays, ou presque ! Même présentation, mêmes illustrations et, même texte, sauf, que celui-ci est décliné en 7 langues.



Pourquoi une telle campagne de sensibilisation ?

Pour illustrer, sans dramatiser, le phénomène : un 'début' avec l'arrivée de belles boutures de *C. taxifolia* au milieu de la riche biodiversité méditerranéenne. Puis, pour expliquer et illustrer comment cela peut évoluer en quelques années, avec les vastes étendues monochromes 'vert fluo' que l'on rencontre à l'époque dans les zones les plus colonisées ; avec les conséquences potentielles, pour différents compartiments de la flore et de la faune, mais aussi pour certaines activités de l'homme (pêche aux petits métiers, plongée, apnée et chasse sous-marine).

Mais, aussi, pour solliciter la participation de tous et proposer des solutions permettant de ralentir la progression de la belle voyageuse : en limitant sa propagation par les ancres et les chaînes de bateaux, les filets de pêcheurs, aussi ; en demandant que toute nouvelle observation soit signalée aux scientifiques.

Pour chaque pays, ou pour chaque grande région, un contact téléphonique principal est donné ; mais aussi un site web, afin d'obtenir plus d'informations, et une adresse e-mail (caulerpa@unice.fr) (toujours active !), pour limiter la perte d'information et de signalisations.

Sur les affichettes, un message plus synthétique du type : « *On recherche cette algue ! Si vous la rencontrez, voici ce qu'il faut faire (ou... ne pas faire). Merci de nous signaler votre observation*

à tel(s) contact(s), afin de nous permettre de suivre la progression de la colonisation ».

A travers cette campagne de sensibilisation et de prévention, le GIS Posidonie et le LEML (Laboratoire Environnement Marin Littoral de l'Université de Nice Sophia Antipolis) illustrent leur capacité à mobiliser tout un réseau de scientifiques sur un même problème en Méditerranée. Mais également un réseau d'institutions, d'autorités, de médias et d'usagers de la mer (plongeurs, chasseurs sous-marins, randonneurs palmés, pêcheurs professionnels et de loisirs, plaisanciers).

Ces campagnes permettent de suivre, en grande partie, l'évolution de la progression de *C. taxifolia*. Les dizaines de milliers d'yeux ainsi sensibilisés et mobilisés sont autant de relais pour limiter toute nouvelle propagation de cette algue par l'homme, mais aussi pour signaler toute nouvelle observation ('science participative' avant l'heure). Une équipe palmée se rend sur les lieux afin de valider (ou pas) les nouvelles signalisations et d'évaluer, pour les autorités, si une action d'éradication peut être envisagée.

Par un message de prévention, ces campagnes indiquent concrètement les mesures à prendre pour éviter toute nouvelle propagation par l'Homme. Même si cela n'est pas quantifiable, le GIS Posidonie peut se féliciter que, dans certaines zones, cela ait permis d'au moins ralentir la progression de *C. taxifolia*.

'Belle mais... envahissante !'

Pas facile d'expliquer que la progression de *C. taxifolia* puisse représenter un risque sérieux pour la biodiversité et les écosystèmes méditerranéens. En termes de communication, il est beaucoup plus simple de sensibiliser l'opinion publique avec un pauvre oiseau englué dans une grosse marée noire ! Et pourtant ! Au niveau mondial, après la disparition des milieux, l'invasion d'espèces introduites représente le second problème pour la biodiversité (et certaines activités de l'homme), et ce, bien avant les pollutions, la plupart du temps réversibles.

A l'aube de l'été 2013, *C. taxifolia* ne se rencontre plus sous forme d'immenses étendues dans nos belles eaux méditerranéennes. Et tant mieux ! Elle reste toutefois présente, sous forme de petites colonies, dans la plupart des sites qu'elle avait colonisés, il y a quelques années. Durant une vingtaine d'années, aucun signe ne permettait d'indiquer que la progression de *C. taxifolia* pourrait fortement ralentir. D'autres caulerpales ont des cycles de développement plus ou moins importants selon les années, alors, restons aujourd'hui vigilants ! Même si nous ne le souhaitons évidemment pas, rien n'indique que *C. taxifolia* ne pourrait pas être à nouveau... un peu trop envahissante !

jean-michel.cottalorda@unice.fr

Cette histoire scientifique, si riche en péripéties, a une suite déconcertante.

Tout d'abord l'expansion de *Caulerpa taxifolia* s'est ralentie vers 2003, puis les populations de l'algue ont régressé. Cette régression totalement inexplicée atteint vers 2010 plus de 90% dans les sites historiques. Dans de nombreuses stations atteintes dans les années 1990s, l'algue a aujourd'hui disparu.

Ensuite, une autre *Caulerpa* venant aussi d'Australie par un vecteur inconnu, introduite initialement dans un lieu ignoré et à une date approximative (avant 1990) a fait irruption en



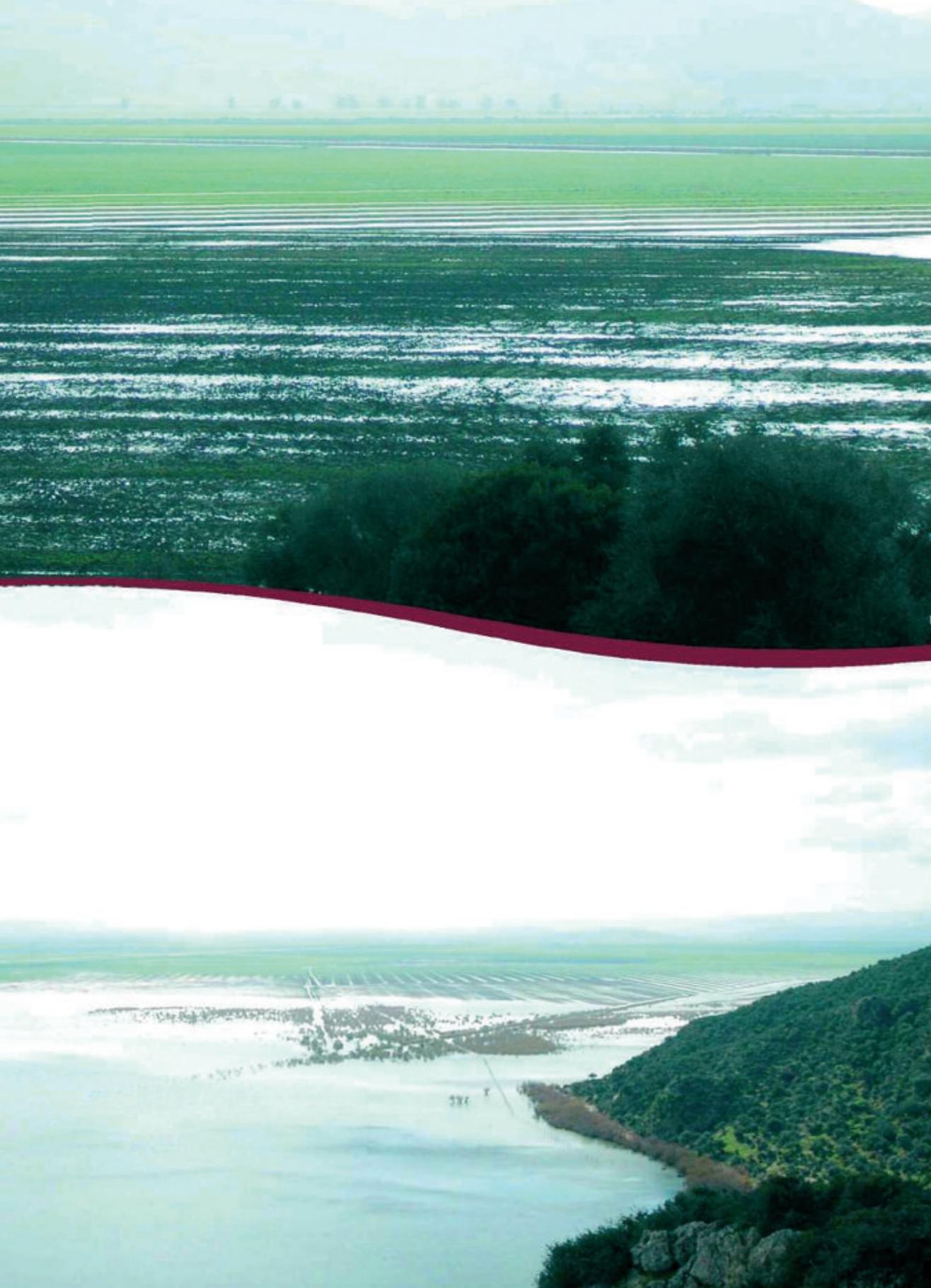
Fig. 4 : La *Caulerpa cylindracea* s'est largement répandue sur le littoral et forme un réseau de rhizomes très denses modifiant la nature du fond.

Méditerranée (d'abord en Lybie et en Sicile). Il s'agit de *Caulerpa cylindracea* (parfois considérée comme une variété de *C. racemosa*), au pouvoir reproductif fulgurant par voie sexuée et végétative. Elle s'est ainsi étendue dans toute la Méditerranée. Jamais la Méditerranée et toutes les aires marines protégées déjà concernées n'ont été soumises à une telle transformation structurelle des écosystèmes littoraux. Mais, n'étant pas l'objet de polémiques et, de ce fait, bien moins médiatisée, et en l'absence de moyens de combattre sa prolifération, elle continue son expansion dans une certaine torpeur scientifique et médiatique.

Le retour probable de la cyclique *C. taxifolia* (en 2012, elle a recolonisé certains sites) et l'expansion continue de la *C. cylindracea* nécessiteront tôt ou tard de nouvelles études et pourquoi pas des stratégies globales de contrôle biologique. Les équipes du GIS Posidonie, qui ont accumulé tant de données sur les multiples thématiques liées à ces espèces introduites, seront de nouveau prêtes.

Références

- Jousson, O., Pawlowski, J., Zaninetti, L., Meinesz, A. et Boudouresque, C.F. 1998. Molecular evidence for the aquarium origin of the green alga *Caulerpa taxifolia* introduced through the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 172, 275-280.
- Jousson, O., Pawlowski, J., Zaninetti, L., Zechman, F.W., Dini, F., Di Giuseppe, G., Woodfield, R., Millar, A. et Meinesz, A., 2000. Invasive alga reaches California. *Nature*, 408, 157-158.
- Meinesz A. 1997. *Le roman noir de l'algue 'tueuse'*, Ed Belin, 320 pp.
- Meinesz A. et Hesse B., 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta*, 14 (4) : 415-426.



La modélisation d'un écosystème lagunaire pour une meilleure gestion d'un milieu naturel particulier : la lagune de l'Ichkeul en Tunisie

FRÉDÉRIC POYDENOT ¹, NACEUR BEN MAÏZ ², VINCENT GRAVEZ ³,

¹ CENTRE PERMANENT D'INITIATIVES POUR L'ENVIRONNEMENT DES ÎLES DE LÉRINS ET PAYS D'AZUR, 5 RUE DE MIMONT, 06400 CANNES, FRANCE
f.poydenot.cpieazur@wanadoo.fr

² SOCIÉTÉ DE PROMOTION DU LAC DE TUNIS, LES BERGES DU LAC, BP. 36, 1080 TUNIS CEDEX, TUNISIE - del@splt.com.tn

³ FUNDACION FUTURO LATINOAMERICANO, RÉPUBLIQUE D'ÉQUATEUR
vincent.gravez@ffla.net



La lagune de l'Ichkeul : un milieu naturel particulier et une zone humide d'importance internationale

La lagune de l'Ichkeul se situe au Nord de la Tunisie, à 25 km de Bizerte. C'est une lagune naturelle peu profonde (1.5 m en moyenne, maximum 6 m) qui s'étend sur près de 8 500 hectares (en été). Elle communique avec la mer Méditerranée à travers la lagune de Bizerte à laquelle elle est reliée par le canal de Tinja, long de 5 km. Cette situation a fait de ce milieu une zone humide exceptionnelle caractérisée par l'alternance des flux d'eau inverses : en hiver, la lagune est alimentée en eau douce par les oueds de son bassin versant, alors qu'en été, le niveau de la lagune baisse avec la sécheresse estivale et l'eau de mer pénètre dans la lagune, qui devient saumâtre.

La lagune de l'Ichkeul constitue le cœur du Parc National de l'Ichkeul, qui est inscrit sur trois listes de protection internationale : **(i)** classé réserve de la biosphère en 1977, **(ii)** inscrit au patrimoine mondial naturel par l'UNESCO en 1979, **(iii)** inscrit sur la liste de sites protégés par la convention Ramsar en tant que zone humide d'importance internationale pour les oiseaux d'eau.

Un site ornithologique majeur

La lagune de l'Ichkeul constitue l'un des plus importants sites d'hivernage des oiseaux migrateurs d'Europe et d'Afrique. On peut y observer en hiver plus de 200 000 oiseaux et 180 espèces. Les oiseaux hivernent dans la lagune de l'Ichkeul pour y accumuler leur quota de nourriture. Ils rejoignent au printemps leurs sites estivaux de reproduction dans toute l'Europe du Nord en traversant la Méditerranée par le canal de Sicile. La qualité de leur alimentation estivale a une incidence directe sur la reproduction de la saison suivante. Mieux ils seront nourris, mieux ils se reproduiront.

De vastes prairies d'herbiers à potamots

L'hydrologie particulière que connaît la lagune tout au long de la saison est à l'origine de développement de végétaux typiques comme le scirpe au niveau des marais et surtout le potamogéton au niveau de la lagune.

L'herbier à potamots (*Potamogeton pectinatus*) constitue de vastes prairies sur la majeure partie du lac. Il représente la principale source de nourriture pour les populations d'oiseaux d'eau. Le potamogéton est une plante à fleur, qui peut supporter des eaux douces et des eaux salées, mais son apparition et son développement sont tributaires du niveau d'eau et de la salinité de la lagune durant la saison.

La lagune abrite aussi, à côté des potamots, et avec une moindre importance, des *Ruppia* sp. dont le développement dépend non seulement du niveau d'eau et de la salinité, mais également de la compétition exercée par l'herbier de potamot.

Un écosystème menacé par la réduction des apports en eau douce

La lagune de l'Ichkeul est entourée de montagnes qui forment un important bassin versant collecté par 6 oueds. Ce milieu est situé au cœur d'une région intégrée dans un vaste programme de mobilisation de l'eau potable pour les villes côtières et pour l'agriculture ; ce programme est considéré comme vital pour le pays à climat semi-aride qu'est la Tunisie. Les aménagements hydrauliques réalisés et prévus dans le bassin versant du lac (construction de six barrages), alliés à une longue période de sécheresse, ont fortement perturbé durant les années 1990s le fonctionnement originel de ce système.

Au vu du programme d'aménagement projeté, et considérant l'importance écologique du site, plusieurs questions ont été posées sur les menaces qui peuvent toucher cet écosystème particulier : Quelles sont les conséquences sur la lagune de l'Ichkeul s'il n'est plus alimenté en eau douce par les oueds ? La lagune deviendra-t-elle salée toute l'année ? Les herbiers de potamots pourront-ils se développer dans de telles conditions ? Les populations d'oiseaux pourront-elles continuer à s'alimenter en hiver dans l'Ichkeul ?

Une étude pour la sauvegarde du Parc National de l'Ichkeul

Pour tenter de répondre à ces questions, un vaste programme d'étude pour la sauvegarde du Parc National de l'Ichkeul a été développé par le BCEOM et le GIS Posidonie. Des études ont été menées sur le terrain de 1993 à 1995 pour décrire et bien connaître le fonctionnement de l'écosystème de la lagune et des marais. Un modèle numérique a été développé par le GIS Posidonie ayant pour objectif la gestion optimale des principaux paramètres permettant la sauvegarde des caractéristiques du site.

Trois oiseaux et une plante

Les **potamots** sont des plantes à fleur qui se reproduisent principalement par voie végétative à partir de leurs bulbes (d'environ 5 mm de longueur), qui sont enfouis dans quelques centimètres de vase. Les bulbes germent en avril et se développent pour atteindre la surface de l'eau jusqu'à 2 m de haut. A la fin de l'été, les plants produisent de nouveaux bulbes. D'octobre à mars, les plants sont consommés par les populations d'oiseaux et dégènèrent. En avril, le cycle recommence.

Trois espèces d'oiseaux caractérisent la lagune en raison de l'importance de leur population et de leur dépendance envers les herbiers de potamots.

Le **fuligule milouin** *Aythya ferica*, canard plongeur qui consomme les bulbes; il peut plonger jusqu'à 1 m de profondeur pour fouiller dans la vase et trouver sa nourriture. Sa ration journalière est de 100 g de bulbes (masse sèche) en moyenne.

Le **canard siffleur** *Anas penelope*, canard de surface qui consomme les parties feuillées affleurantes du potamot ; il ne peut prélever que jusqu'à 20 cm sous la surface de l'eau. Sa ration alimentaire journalière est de 92 g (masse sèche) en moyenne.

Le **foulque macroule** *Fulica atra* consomme les tiges feuillées affleurantes ; il peut plonger jusqu'à 50 cm sous la surface de l'eau. Sa ration journalière est de 104 g (masse sèche) en moyenne.

Hauteur d'eau et salinité : deux facteurs limitants pour le maintien des caractéristiques de la lagune

Le fonctionnement écologique de la lagune de l'Ichkeul et de ses marais est fortement contrôlé par deux paramètres limitants, à savoir les niveaux d'eau et la salinité des eaux, eux-mêmes commandés par deux facteurs essentiels : les apports d'eaux douces du bassin versant, d'un côté et les échanges d'eau avec la mer via la lagune de Bizerte, de l'autre côté.

Ainsi, le niveau de la lagune varie en fonction de la saison. En hiver, les oueds l'alimentent régulièrement en eau douce et le niveau y devient plus élevé ; la salinité baisse considérablement (quelques g/l). Au contraire, en période estivale, avec l'absence d'arrivée d'eau douce, le niveau descend progressivement, favorisant l'évaporation des eaux et la pénétration de l'eau de mer à travers le canal de Tinja via la lagune de Bizerte reliée directement à la Méditerranée.

Ce sont ces deux principaux paramètres qui contrôlent le développement des plantes typiques de la lagune de l'Ichkeul. La germination des bulbes de potamot a besoin d'eau douce pour se faire. Elle n'a pas lieu pour des concentrations en sel dépassant 10 g/l. La croissance des tiges feuillées de potamots se fait avec une concentration optimum de sel de 6 g/l. Elle décroît avec l'augmentation de la salinité. Comme la lagune est peu profonde, une réduction de la hauteur d'eau a des conséquences importantes sur la réduction de sa superficie et donc de celle des herbiers de potamots, qui n'ont plus ni l'espace aquatique ni la hauteur d'eau suffisante (environ 2 m) pour se développer.

Un modèle mathématique pour gérer le fonctionnement de l'écosystème de l'Ichkeul

Pour mieux gérer le fonctionnement de l'écosystème de l'Ichkeul en fonction des contraintes précitées, le choix s'est porté sur la conception d'un modèle mathématique simplifié basé sur les relations entre les principaux éléments caractéristiques de ce milieu naturel, à savoir :

- les deux facteurs physiques, la salinité et la hauteur d'eau du lac ;
- le producteur primaire, le potamot ;
- les consommateurs, fuligule milouin, canard siffleur et foulque macroule ;
- un cycle annuel avec un pas de temps de 15 jours.

Que vaut ce modèle ?

Le modèle développé a été comparé aux données historiques connues : hauteur d'eau et salinité (variables d'entrées) sont connues depuis 1953 et les hivernages des oiseaux ont été observés de 1982 à 1992 (variables de sorties).

Pour les fuligules milouins, le modèle explique 48% des variations des populations observées ; pour les canards siffleurs, le modèle en explique 67% ; il atteint 71% pour les foulques macroules.

Malgré son apparente complexité et le nombre de paramètres, ce modèle simplifie très fortement la réalité des écosystèmes. Il ne prend pas en compte le fait que les oiseaux vivent 6 mois d'été dans un autre écosystème dans lequel il peut se passer beaucoup d'évènements ayant un impact sur les populations.

Que nous apprend ce modèle ?

L'utilisation de ce modèle permet de voir les conséquences d'une forte augmentation de la salinité de l'Ichkeul sur les surfaces d'extension des herbiers et sur les populations d'oiseaux. La salinité du mois d'avril est déterminante pour l'ensemble de l'écosystème. La faiblesse ou l'absence de germination de bulbes (salinité de quelques g/l) a des conséquences sur tout le cycle annuel. La salinité du mois d'avril peut être considérée comme un indicateur précis pour les gestionnaires du bassin versant.

Les canards siffleurs, et dans une moindre mesure les foulques macroules, sont plus dépendants des ressources disponibles lors des saisons d'hivernage.

D'un point de vue scientifique, modéliser le fonctionnement d'un écosystème oblige à formuler mathématiquement toutes les relations et à en déterminer tous les paramètres. Certains de ces paramètres ne sont pas mesurables sur le terrain. La modélisation est le moyen d'en avoir une indication. L'utilisation de ces modèles doit être faite avec modestie, la réalité étant toujours bien plus complexe.

Vers une meilleure utilisation des ressources en eau

Devant les menaces et les besoins en eaux, un nouveau plan de gestion des ressources en eau du site et des environs a permis de réduire la salinité de la lagune et de rendre possible le retour de nombreuses espèces d'oiseaux. Ce programme d'action a permis de retirer le parc de la liste du patrimoine mondial en péril.

Les répercussions de l'étude pour la sauvegarde du Parc National de l'Ichkeul et de la modélisation du fonctionnement de la lagune ont été multiples. Avant la réalisation de l'étude en question, la gestion hydrique du lac était 'aléatoire', essentiellement commandée par les conditions climatiques. A l'issue de l'étude, les éléments de la gestion hydrique du Parc National de l'Ichkeul, tels que préconisés, ont été mis en place afin de mieux stabiliser l'équilibre du milieu et ce, notamment par :

- (i) transfert d'eau vers le bassin de l'Ichkeul ;
- (ii) réalisation de lâchers quand les conditions climatiques le permettent ;
- (iii) réhabilitation et mise en œuvre de l'écluse de Tinja pour maîtriser et contrôler les échanges avec la mer.

Les suivis effectués depuis la mise en place du système, en application de la gestion hydrique préconisée, confirment les conclusions et recommandations de l'étude et de la modélisation du fonctionnement de l'écosystème de l'Ichkeul. En particulier, les suivis des indicateurs biologiques ont permis d'évaluer l'évolution de l'écosystème depuis le début des années 1990s. Ils portent sur :

- (i) le suivi régulier des paramètres hydro-climatologiques ;
- (ii) le suivi de la végétation aquatique de la lagune (notamment des potamots) avec une campagne de cartographie annuelle pour évaluer les superficies d'extension;
- (iii) le suivi de la végétation des marais (les scirpes) ;
- (iv) le dénombrement des populations des oiseaux d'eau hivernants et leur évaluation spatiale et temporelle ;
- (v) le suivi des pêches.

L'évolution des apports d'eau douce à la lagune de l'Ichkeul a permis aux herbiers à potamots de réapparaître au printemps 2003, après dix ans de disparition, et ils n'ont cessé, depuis, de se maintenir dans une vaste zone, comparable à celle des années 1980s, avant la construction des barrages (Fig. 1).



Des récifs artificiels d'un autre type : les grottes du Prince de Monaco

THIERRY PÉREZ^{1, 2}, **PIERRE CHEVALDONNÉ**^{1, 2},
CHRISTOPHE LEJEUSNE^{2, 3}, **ARTHUR P. ANTONIOLI**^{1, 2},
ROLAND GRAILLE⁴, **JEAN-GEORGES HARMELIN**^{2, 5}

¹ INSTITUT MÉDITERRANÉEN DE BIODIVERSITÉ ET D'ÉCOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE (IMBE), INSTITUT PYTHÉAS, CNRS / AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ, STATION MARINE D'ENDOUME, 13007 MARSEILLE
thierry.perez@imbe.fr - pierre.chevaldonne@imbe.fr

² GIS POSIDONIE, AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ, INSTITUT PYTHÉAS, CAMPUS DE LUMINY, 13288 MARSEILLE CEDEX 09 - jean-georges.harmelin@univ-amu.fr

³ ESTACIÓN BIOLÓGICA DE DOÑANA, CSIC, 41092 SEVILLA - lejeusne@ebd.csic.es

⁴ INTERMED'ÎLES, 13010 MARSEILLE - plongee@peripato.com

⁵ INSTITUT MÉDITERRANÉEN D'OCÉANOLOGIE, (MIO), INSTITUT PYTHÉAS, CNRS / AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ, STATION MARINE D'ENDOUME, 13007 MARSEILLE



Une question de tradition ?

Au GIS Posidonie, il y a des traditions qui se créent et se maintiennent au fil des ans, par obligation, par intérêt scientifique ou juste par plaisir. En Principauté de Monaco, la tradition c'est : la Marine avec l'accent espagnol, la plongée couleur vert fluo et au son des marteaux piqueurs, le débriefing autour de gnocchis au pesto ou d'un tartare de bœuf, avec vue sur le port, ses yachts luxueux et ses paquebots de croisière. Et tout ceci n'est pas un détail de l'histoire !

Le paradoxe monégasque

Monaco est en Méditerranée un exemple unique, avec des écosystèmes marins d'intérêt patrimonial intégrés dans une ville et un port en constante expansion. Autre paradoxe, malgré l'étroitesse de son territoire maritime, Monaco abrite deux aires marines protégées couvrant un peu plus de 30 ha de l'espace littoral, et possède un niveau de connaissance de la biodiversité marine assez exceptionnel. Ainsi, depuis une quinzaine d'années déjà, le GIS Posidonie contribue très significativement aux inventaires de la biodiversité marine monégasque, liste les espèces 'patrimoniales', les 'algues', les 'poissons', les éponges, les bryozoaires, etc. Monaco abrite une étonnante diversité d'habitats, mais beaucoup se trouvent dans un état de conservation plutôt médiocre. Il n'empêche que la Direction de

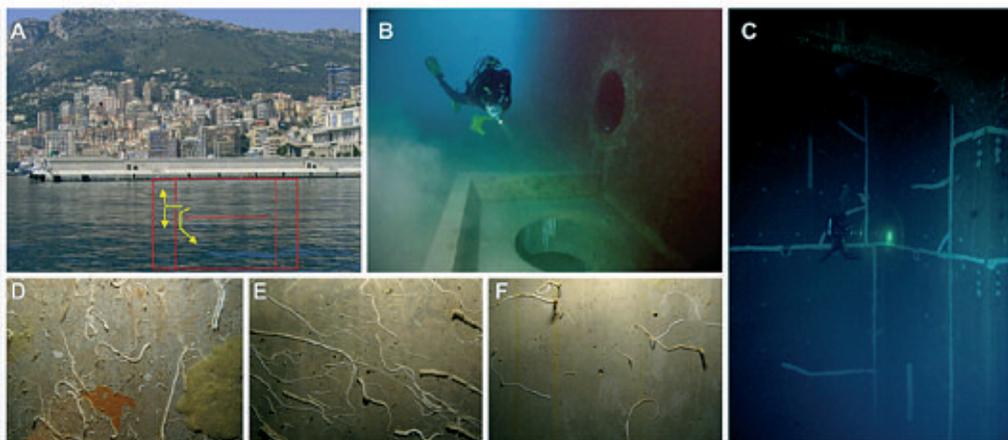


Fig. 1. A) Contre-jetée du Port Hercule. Sous la partie 'flottante' se trouve un pilier totalement creux ; B) Entrées des deux types de grottes profondes. A la verticale, l'entrée d'un 'caisson', à l'horizontale, sous le plongeur, l'entrée de la 'cathédrale'; C) plongeur dans l'immensité de la 'cathédrale'; D) Près de 10 années après leur immersion, l'état de la colonisation des parois, près d'une entrée principale, à 20 m dans un caisson, E) près d'une entrée principale à 25 m dans la cathédrale, F) à 35 m dans une des 'chambres' confinées de la 'cathédrale'.

l'Environnement de la Principauté de Monaco réalise de grands efforts pour faire appliquer le Code de l'Environnement, à savoir acquérir des connaissances sur les effets écologiques des activités humaines et des projets d'urbanisation. Ainsi, la tradition veut qu'à chaque nouveau projet d'aménagement en mer soient aussi associées au moins une étude environnementale conduite par les experts du GIS Posidonie, des séries de comptes rendus de plongée et de rapports scientifiques orientant la stratégie de surveillance ou encore les essais de restauration de l'environnement marin monégasque.

De l'extension du Port de la Condamine au site d'écologie expérimentale

Malgré des rapports parfois alarmants sur les effets engendrés au niveau des écosystèmes, la politique d'aménagement du littoral monégasque se poursuit, et elle reste une menace majeure pour la biodiversité. Le chantier le plus considérable de la dernière décennie aura été l'extension du Port de la Condamine, nommé aujourd'hui très explicitement le 'Port Hercule'. Un chantier herculéen donc, pour que le port agrandi accueille un plus grand nombre de gros yachts et surtout permette l'accostage de gros paquebots de croisière. Pour ce faire, il fallait qu'il soit étendu en eau profonde avec la mise en place d'une jetée semi-flottante de plus de 350 m ancrée sur le Rocher et d'une contre-jetée de près de 150 m de long, portée par un grand pilier au-dessus de 'la réserve marine du tombant des Spélugues'. Nos premières immersions eurent donc pour but d'évaluer les impacts de cette construction, de signaler les nombreuses nuisances pour la faune et la flore et de conduire les suivis écologiques, particulièrement sur un tombant coralligène déjà bien mal en point. Mais au détour d'une plongée, l'un de nous (celui que l'on surnomme 'la légende de Benuz') allait mettre en lumière des habitats artificiels d'un type totalement inédit, dans les parties creuses du pilier supportant la contre-jetée.

Imaginez des récifs artificiels avec des chambres totalement obscures, presque totalement isolées de la mer ouverte, communiquant avec l'extérieur uniquement par des trous d'hommes. On découvrirait rapidement à l'intérieur de la gigantesque structure de béton quatre types de grottes artificielles, deux types relativement profonds et deux autres superficiels. Notre projet de recherche allait s'orienter logiquement vers les deux systèmes les plus profonds. L'une de ces grottes étant une véritable 'cathédrale', située entre 23 et 39 mètres de profondeur, offrant de nombreux recoins aux degrés variés de confinement et piégeant de l'eau froide presque tout au long de l'année (Fig. 1). Dès les premières

explorations, on notait des quantités de petites éponges encroûtantes, de bryozoaires et surtout de vers tubicoles. De nombreuses questions se posaient alors : Allait-on assister à l'installation d'une faune cavernicole comparable à celle que l'on connaît dans les boyaux obscurs du littoral provençal ? Quelle allait être la dynamique de colonisation de ces cavités obscures ? La présence d'eau froide pouvait-elle conditionner l'installation d'une faune aussi particulière que celle des grottes naturelles descendantes à eau froide ? Verrait-on arriver les curiosités zoologiques les plus emblématiques des grottes méditerranéennes ? Les expériences combinées du GIS Posidonie, avec les récifs artificiels, et des chercheurs de la Station Marine d'Endoume, avec les peuplements des grottes sous-marines, allaient pleinement s'exprimer dans le cadre d'un programme récurrent offert à notre grand plaisir par simple curiosité scientifique par la Direction de l'Environnement de Monaco. Et c'est ainsi que la tradition perdure !

Des drôles de grottes artificielles... des rencontres étonnantes

Deux types de grottes artificielles sont donc étudiés depuis 2005.

Le premier type est représenté par une série de huit 'caissons' verticaux, d'une section carrée de 6 m de côté environ, dont le fond faiblement envasé se situe à 39 m et le plafond à 13 m environ. L'entrée principale de ces caissons est située en paroi verticale à 23 m, elle mesure presque 1 m de diamètre, et deux autres ouvertures sur l'extérieur de 40 cm de diamètre sont situées près du plafond. Ces différentes ouvertures facilitent donc la circulation des masses d'eau, au moins dans les parties supérieures à 23 m, et les apports de propagules susceptibles de coloniser les parois.

Le deuxième type est la 'cathédrale' évoquée plus haut, un vaste espace aussi long et large qu'une piscine olympique mais de 17 m de hauteur, placé dans la partie la plus centrale du pilier de la contre-jetée. Les entrées circulaires se trouvent dans le plafond de cet espace, distribuées en quatre endroits symétriques à 23 m de profondeur, le plancher de la 'cathédrale' étant à 39,5 m environ. L'intérieur est entrecoupé de parois partielles et de piliers de soutènement, et comporte 4 'chambres' isolées aux 4 coins de cet espace et dans lesquelles on pénètre à 39 m de profondeur. Une telle configuration laissait présager un hydrodynamisme et régime thermique proches des grottes descendantes les plus confinées du littoral provençal, comparable à la grotte des 3PP rendue célèbre par la découverte de l'éponge carnivore *Asbestopluma hypogea*. Les enregistreurs de température installés dans les deux systèmes, à différentes profondeurs et à différents degrés de confinement le confirment. Plus on s'éloigne de l'entrée à 23 m, plus les variations saisonnières de température sont tamponnées. En début de saison estivale, les parties les plus profondes piègent de l'eau froide hivernale, qui finit par se réchauffer tout doucement, mais sans jamais dépasser 19°C.

Aujourd'hui encore, la colonisation des parois des grottes contraste avec l'exubérance des peuplements de récifs artificiels plus classiques et bien plus récents, tels que ceux de la baie de Marseille. La dynamique est lente, très lente dans ces chambres obscures ! Dix années après leur immersion, le taux de recouvrement des parois varie de 20-25% près des entrées principales à moins de 1 % à 35 m dans les chambres les plus confinées (Fig. 1). En comparaison, les surfaces des récifs artificiels de la baie du Prado étaient recouvertes à 100 % après une seule année d'immersion. Bien sûr, on ne trouve pas d'organismes photosynthétiques, même pas à proximité des entrées. Le peuplement est encore composé principalement d'espèces pionnières. Éponges, bivalves, ascidies et bryozoaires dominent la faune sessile en biomasse et en diversité. L'aspect épuré des parois met en lumière des processus difficilement observables dans un peuplement mûre : vagues successives de recrutement et de mortalité massive pour de nombreuses espèces, et notamment des si rares spondyles ; mode d'ancrage au substrat des ascidies *Halocynthia papillosa* ou *Microcosmus* sp. et même de la grande nacre *Pinna nobilis* (Fig. 2); émission des gamètes par les huîtres, etc. Les crustacés sont bien représentés: crevettes parmi lesquelles la belle *Gnathophyllum elegans*, crabes Majidae, galathées, petites cigales foisonnent,

et la première langouste a même été observée au cours de l'été 2012 (Fig. 2). Les poissons sont exceptionnellement abondants dans les parties les moins confinées, si l'on compare aux peuplements de grottes naturelles : sars, anthias et même corbs ont été rencontrés. Plus spectaculaire encore, ces plongées dans les 'grottes du Prince' ont été l'occasion d'obtenir de très rares photos *in situ* d'un groupe de coryphènes. Maintenant que la fin de ce texte approche, vous vous demandez sûrement : « finalement, est-ce que de vraies espèces cavernicoles se sont installées ? ». Eh bien plusieurs habitants habituels des anfractuosités, grottes semi-obscurées et obscures sont très rapidement apparus. Les premières arrivées sont bien évidemment des nageuses: plusieurs espèces de gobies, tels *Thorogobius ephippiatus*, *Gammogobius steinitzi*, *Corcyrogobius liechtensteini*, le *Grammonus ater* connu pour son allure primitive (Fig. 2), la porcelaine *Erosaria spurca*, l'opisthobranche orange *Berthellina edwardsi* ou encore la crevette *Stenopus spinosus*. On trouve même les mysidacés cavernicoles *Hemimysis margalefi* en essaims, et la rare *Harmelinella mariannae*.

Alors effectivement, le peuplement des grottes obscures n'est pas encore constitué, mais il y a fort à parier que des représentants de la faune caractéristique de ces milieux continuent à arriver prochainement. Quand on sait que les connaissances sur les mécanismes à l'origine de la biodiversité des grottes sous-marines sont largement méconnus, l'intérêt que représentent ces modèles pour étudier les conséquences évolutives de l'isolement des populations et la fragmentation (naturelle ou provoquée) des habitats paraît évident. A notre grand plaisir, maintenir encore longtemps le suivi de la dynamique de colonisation des grottes artificielles de Monaco paraît donc obligatoire. Et dire qu'à l'origine, il était projeté de nettoyer régulièrement les parois de la contre jetée et de son pilier. Un grand merci au gouvernement princier de n'en avoir rien fait !

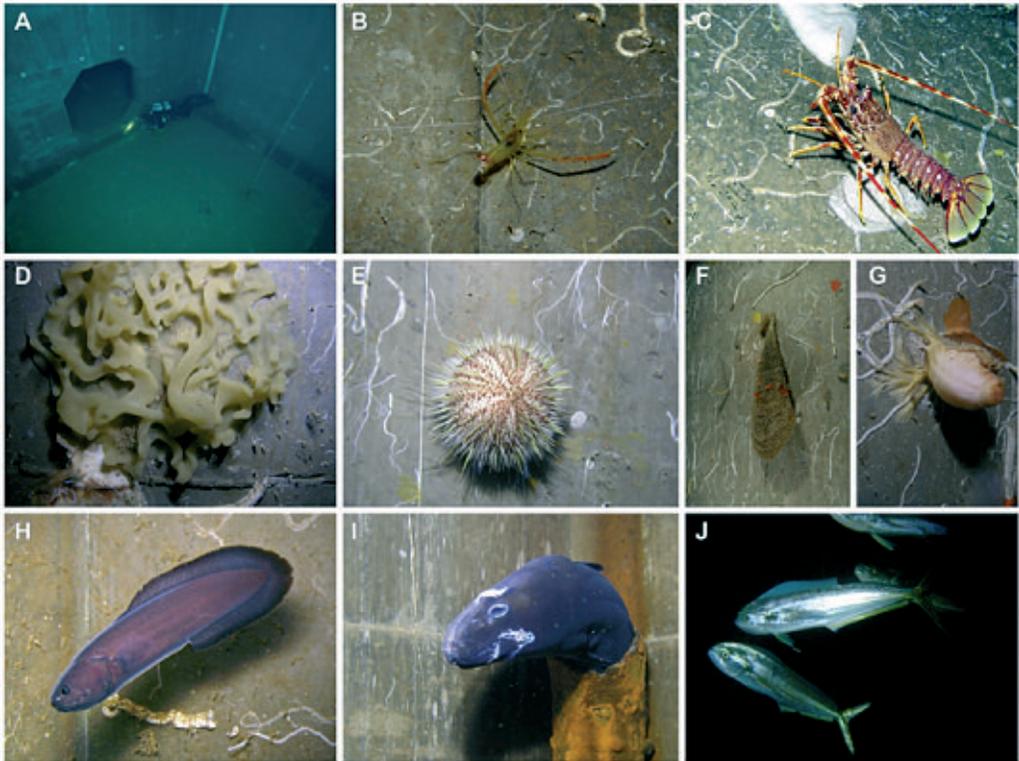


Fig. 2. A) la traque des mysidacés dans une chambre confinée de la 'cathédrale'. L'entrée visible de cette chambre est à 39 m ; B) *Stenopus spinosus* ; C) *Palinurus elephas* ; D) Une éponge du genre *Oscarella*, un groupe bien représenté dans les grottes sous-marines naturelles ; E) *Echinus melo*, un transfuge du coralligène profond que l'on trouve au large de Monaco ; F) Plusieurs grandes nacres *Pinna nobilis* ont été observées dans les 'caissons' à même le béton ; G) *Halocynthia papillosa* ; H) le poisson cavernicole *Grammonus ater* ; I) les congres ne sont pas rares dans 'les grottes du Prince' ; ici, un gros individu coincé dans une vieille canalisation ; J) les coryphènes n'ont été observées qu'une seule fois.



Surveiller les espèces et les habitats marins : une routine qui peut rapporter gros

JEAN-GEORGES HARMELIN ^{1,2}

¹ INSTITUT MÉDITERRANÉEN D'OCÉANOLOGIE, (MIO), INSTITUT PYTHÉAS,
CNRS / AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ, STATION MARINE D'ENDOUME,
13007 MARSEILLE - jean-georges.harmelin@univ-amu.fr

² GIS POSIDONIE, AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ, INSTITUT PYTHÉAS,
CAMPUS DE LUMINY, 13288 MARSEILLE CEDEX 9



La baisse de qualité de l'environnement marin est une préoccupation largement partagée, particulièrement pour la zone côtière, où les pressions humaines n'arrêtent pas de se multiplier. Comme l'on s'inquiète d'abord des désordres que l'on peut voir, la plongée a eu, en se banalisant, un rôle immense dans la prise de conscience des changements de condition des fonds marins côtiers et de leurs populations. Pouvoir aller au contact des communautés benthiques a permis aussi aux biologistes marins d'évaluer directement ces phénomènes grâce à des protocoles d'étude conçus à cette occasion. Aussi, bien évidemment, tous les acteurs du GIS Posidonie sont-ils des plongeurs confirmés. Les premières actions de surveillance et de suivi des espèces et des habitats marins ont souvent été initiées individuellement par des chercheurs alertés par leur sensibilité d'observateur naturaliste acquise au contact du terrain, ceci parfois au risque de s'attirer les foudres de leur administration de tutelle, peu sensible à ces travaux jugés peu brillants. L'amplification médiatique de l'inquiétude actuelle pour l'érosion de la biodiversité et le changement climatique a donné des lettres de noblesse à ces opérations de routine, qui sont entrées dans le cadre rigide et codifié des plans de gestion et des directives nationales ou européennes.

Le Marine Monitoring Handbook élaboré en 2001 par le UK Marine Project pour les SACs (Special Areas of Conservation) donne ainsi la définition suivante : « **Surveillance** is a continued programme of biological surveys systematically undertaken to provide a series of observations in time. **Monitoring** is surveillance undertaken to ensure that formulated standards are being maintained ». Il s'agit donc d'actions répétitives régies par des protocoles stricts pour informer sur d'éventuels changements survenant dans les communautés, ce qui est une des missions primordiales du GIS Posidonie.

Dans un monde changeant, veiller sur les opprimés et surveiller les méchants

Notre Méditerranée changeante doit faire l'objet d'une vigilance constante. Ceci est impératif pour pouvoir repérer des présences inhabituelles, des absences surprenantes, des états inquiétants ou, inversement et bien heureusement, les effets positifs d'une gestion. Mais ce devoir est bien difficile

à remplir. Il faut pour cela des yeux avertis et, par-dessus tout, pouvoir disposer de temps à la mer, toujours trop limité pour les observateurs professionnels qui, quels qu'ils soient, sont généralement mobilisés par des opérations très précises quand ils vont sur le terrain. Des réseaux informels de naturalistes amateurs commencent à se développer, apportant des informations ponctuelles, utiles aux gestionnaires et à leurs contacts scientifiques. Toutefois, cela ne peut suffire et une telle veille devrait être mise en place systématiquement sur des suites de stations significatives sans attendre que des événements anormaux surviennent. Les archives sont bien pauvres en données de suivis sous-marins répétés régulièrement sur le long terme et, parmi les sujets potentiels, bien peu en ont fait l'objet. Ce besoin implique une constance dans la politique de financement de ce type d'études et le maintien d'équipes compétentes, ce qui est trop rare. Le Parc national de Port-Cros, en tant que zone de référence tant par sa situation géographique à l'écart des pollutions continentales que par sa volonté de gestion, a été et reste un atelier privilégié pour la mise en place de tels suivis. Ceux-ci ont concerné d'abord, bien entendu, l'herbier de posidonie, mais aussi des espèces et des assemblages témoins de l'accumulation dans le temps des bénéfices de la protection, des espèces sensibles à de multiples stress comme la gorgone rouge (*Paramuricea clavata*), des facteurs de dégradation, comme le mouillage des embarcations, l'arrivée de l'espèce invasive *Caulerpa taxifolia*, ou les fluctuations du régime thermique à différentes profondeurs. Ce dernier suivi, mis en place avant l'événement de réchauffement anormal des eaux survenu en 1999, a permis de mettre en relation cette anomalie thermique avec la vague de nécroses qui a affecté dramatiquement la gorgone rouge, l'éliminant en partie des sites les moins profonds. Cette gorgone, elle-même, avait fait l'objet d'une évaluation de son statut dès 1992 en plusieurs sites de Port-Cros. Le protocole d'évaluation et de suivi mis au point à cette occasion était donc prêt à être appliqué ultérieurement à une plus large échelle, en particulier lors de l'événement de mortalité de 1999.

La veille biologique : une affaire de méthodes, de protocoles et de répétition

La proclamation d'un dire d'expert ne suffit évidemment pas lorsqu'une évolution est constatée au cours d'une veille biologique. Il faut avoir mis en place des méthodes permettant de quantifier les phénomènes selon des protocoles précis, et les avoir appliquées au fil du temps selon un calendrier adapté, sans souci d'un bénéfice immédiat. La routine de ce travail répétitif est bien éloignée de l'idée romantique que certains se font de l'aventure sous-marine, mais c'est grâce à cet acharnement que l'on peut percevoir l'intervention inopinée de certains phénomènes.

Les plongeurs du GIS Posidonie ont généralement les mains bien pleines quand ils s'immergent et, parmi les objets bizarres qu'ils tiennent, il y a souvent un 'quadrat' (Fig. 2). Avec cet outil bricolé avec des tubes de PVC détournés de leur fonction, ils ne cherchent pas à résoudre la quadrature des biocénoses. Plus prosaïquement, ils vont l'utiliser pour encadrer des organismes benthiques dans cet espace bien défini et ensuite les compter ou mesurer leur surface, immédiatement ou *a posteriori* sur une photographie. Ils répètent ainsi cette quadratisation du fond autant de fois qu'il convient pour avoir une image raisonnable du peuplement. Dans d'autres occasions, ils jouent les arpenteurs, déroulant le ruban d'un penta-décamètre comme s'ils voulaient mesurer le fond des océans. Ils déterminent en fait la ligne médiane d'un couloir d'inventaire dont la largeur varie selon les objectifs de



Fig. 1 : Evaluation de la densité des rhizomes dans l'herbier de posidonie

l'étude, la taille et le comportement des sujets observés. Ces **'transects'**, tout comme les quadrats, permettent d'avoir une aire de référence de taille connue dans laquelle seront répertoriés des organismes aussi différents que des rhizomes de posidonie, des oursins, des colonies de grands bryozoaires ou des poissons (on me pardonnera d'utiliser encore ce terme désuet, mais si pratique – en fait, il ne s'agit que de téléostéens, car la rencontre d'une roussette est devenue illusoire).

Compter les poissons sous l'eau et pire, apprécier leur taille, cela peut paraître une galéjade à beaucoup ! Et pourtant, depuis les premiers pas de cette méthode de recensement visuel au début des années 1970s dans le Parc national de Port-Cros au cours des missions Crevette et Comète, des centaines d'études ont montré qu'avec un bon entraînement, on pouvait, sans prélèvements, apporter une foule de renseignements fiables sur le peuplement ichtyologique en place (Fig. 3). Les recensements visuels d'un poisson particulier, comme le corb, suivi régulièrement à Port-Cros depuis 1990, et maintenant dans la réserve de Scandola ou d'assemblages d'espèces, ont attesté de manière indiscutable des effets bénéfiques d'une gestion des usages de pêche. Le suivi *in situ* des populations de poissons ne concerne pas que les individus adultes. L'étude de l'installation benthique des post-larves d'espèces banales, comme les sars, dans des nurseries (ou 'nourriceries') en bord de côte a montré l'importance de la disponibilité de ces types d'habitats, parfois favorisée par de petits aménagements côtiers, et l'effet d'île pour l'apport des larves.



Fig. 2 : Plongeur réalisant un recensement visuel des poissons à Port-Cros.

Bien caractériser les maux pour mieux stigmatiser les responsables

La définition des critères d'évaluation du statut d'un habitat marin et l'élaboration de méthodes pour parvenir à cette évaluation peuvent être difficiles et faire l'objet de débats sans fin. C'est le cas du coralligène, un habitat aux limites floues et aux multiples aspects, connu pour être un foyer considérable de biodiversité et le paysage le plus spectaculaire et le plus fréquenté du monde sous-marin de la Méditerranée. Évaluer son état est une demande forte des gestionnaires, mais représente un défi difficile auquel le GIS Posidonie est confronté.

Un autre défi est la caractérisation de l'effet de la fréquentation des sites rocheux par les plongeurs. Quels impacts cette activité induit-elle et comment les distinguer sans arbitraire de ceux générés par d'autres sources naturelles ou anthropiques de dégradation ?

Conclusion

Comment étaient les fonds sous-marins dans la Méditerranée d'antan ? On n'en a qu'une faible idée et, même pour la pêche, les chroniques sont bien peu instructives. Certains s'interrogent : « est-ce que les aires marines protégées nous en donnent, ou vont nous en donner, une image vraisemblable après quelques décennies de protection ? ». On peut en douter, même si l'opulence retrouvée des populations des espèces qui étaient trop pêchées nous montre déjà, dans les plus anciennes réserves marines, que la Méditerranée peut être étonnamment riche. Trop de choses ont changé, y compris la distribution des espèces sous la pression climatique et certains habitats modifiés par les activités humaines. On peut, en tous cas, espérer que les programmes de suivis entrepris apporteront aux générations futures une idée plus précise de la situation actuelle, et qu'il sera constaté que bien des progrès ont été réalisés depuis.



Statut, biologie et répartition de *Patella ferruginea*, mollusque protégé : les contributions de Françoise Laborel-Deguen et de Jacques Laborel

ALEXANDRE MEINESZ

UNIVERSITÉ NICE SOPHIA ANTIPOLIS, EA 4228 ECOMERS, FACULTÉ DES SCIENCES,
PARC VALROSE, 06108 NICE CEDEX 2 - meinez@unice.fr



Patella ferruginea Gmelin, 1791 est une arapède géante pouvant dépasser 10 cm de diamètre. C'est un mollusque protégé assez rare et endémique des côtes de la Méditerranée occidentale. Son biotope exclusif correspond à la zone médiolittorale (au niveau de la mer) sur roches soumises à un hydrodynamisme très important (Fig. 1). Le linéaire côtier et la surface favorables à cette espèce sont ainsi peu étendus.

Bien que ses qualités gustatives soient médiocres, l'espèce a pour malheur d'être recherchée dans certaines régions de Méditerranée pour la consommation ou pour la confection d'appâts de pêche. Ainsi, en fonction des traditions locales, l'espèce a subi une très forte prédation anthropique ayant entraîné vraisemblablement, dans certaines régions méditerranéennes, une raréfaction voire une disparition totale. La biologiste Françoise Laborel-Deguen, aidée par son mari Jacques Laborel (1934-2011), a vite remarqué la rareté de l'espèce en Corse lors de missions menées dans la réserve naturelle de Scandola. C'est ainsi que pendant dix années (1983-1993) les 'Laborel' (NDR : je me permets cette familiarité pour nommer ce couple si lié et passionné par leurs recherches) ont ainsi parcouru des centaines de kilomètres de littoral de la Corse pour mieux définir l'habitat, la répartition, la densité et la biologie de l'espèce.



Fig. 1 : Individu de *Patella ferruginea* sur les roches volcaniques rouges de la réserve naturelle de Scandola (Corse).



Fig. 2 : François et Jacques Laborel lors d'une expédition Ardoukoba à Djibouti – île Musha en janvier 1985.

Leurs études ont vite mis à jour la très faible densité de l'espèce dans les régions qu'ils ont explorées en Corse et donc sa rareté (Laborel-Deguen, 1986). A la fin des années 1980s, des listes des espèces marines les plus menacées en Méditerranée ont été dressées. Les études et l'expertise des Laborel sur *P. ferruginea* ont naturellement conduit à considérer cette espèce comme étant en danger. L'espèce a été ainsi répertoriée dans le livre rouge des espèces

menacées en France (édité en 1986 par le Muséum National d'Histoire Naturelle) et dans le livre des espèces marines à protéger en Méditerranée (actes d'un colloque tenu à Carry-le-Rouet en novembre 1989, édité en 1991 par le GIS Posidonie). Dans ces ouvrages, les Laborel ont publié leurs premières contributions sur le statut de l'espèce en Méditerranée (Baghdiguiyan *et al.*, 1987, Laborel-Deguen et Laborel 1991a). D'autres auteurs ont confirmé cette menace comme Bouchet (1994) dans un ouvrage consacré à l'inventaire de la faune menacée en France et Boudouresque (2004) dans un article consacré aux espèces en danger en Méditerranée. Peu de temps après les premières contributions scientifiques sur le statut de l'espèce, diverses législations ont été promulguées pour la protéger.

Elle figure ainsi dans la liste des espèces 'strictement protégées' (annexe II de la convention de Berne de 1979) et 'en danger ou menacées' (annexe IV de la Directive Habitats du 21 mai 1992 (92/43/CEE) et dans l'annexe II de la Convention de Barcelone. En France, elle a été protégée par les arrêtés ministériels du 26 novembre 1992 (JO du 19 janvier 1993 p. 959) et du 20 décembre 2004. En Espagne, elle figure sur le catalogue espagnol des espèces menacées dans la catégorie la plus élevée (péril d'extinction).

La notoriété de l'espèce s'est ainsi amplifiée dans les milieux œuvrant pour la protection des espèces et des espaces méditerranéens. Une surenchère s'ensuit dans les introductions d'un grand nombre de publications scientifiques concernant *P. ferruginea*. Par des citations successives d'auteurs, l'espèce a ainsi été qualifiée :

- « *d'invertébré marin des côtes rocheuses le plus menacé de Méditerranée occidentale* » (Casu *et al.*, 2010, Espinosa et Ozawa 2006, Espinosa 2009) ;
- « *d'invertébré marin le plus menacé de la directive européenne sur les espèces menacées* » (Guerra-García *et al.*, 2004a 2004b, Espinosa *et al.*, 2008, Rivera-Ingraham *et al.*, 2008);
- « *d'espèce d'invertébré méditerranéen la plus menacée de disparition rapide* » (Boudouresque *et al.*, 1996);

- « *d'espèce menacée par un risque sérieux d'extinction actuellement* » (Espinosa *et al.*, 2007, 2009);
- « *d'espèce de la Directive Européenne la plus menacée d'extinction en Méditerranée* » (Ramos, 1998, Espinosa et Ozawa, 2006);
- de menacée selon ces termes « *menacée peut être irréversiblement : il n'est pas sûr que les mesures de protection puissent sauver l'espèce ou ses stations méditerranéennes* » (Boudouresque *et al.*, 1996).

Quel que soit le qualificatif utilisé, la reconnaissance du statut de *P. ferruginea* comme espèce en danger doit être attribué au couple Laborel cité dans l'introduction de la plupart des articles parus à son sujet depuis 1990.

Les études des Laborel réalisées en Corse ont essentiellement porté sur la densité et la démographie de l'espèce (Laborel-Deguen, 1986 ; Laborel-Deguen et Laborel 1991b ; Laborel *et al.*, 1993). Leurs relevés de densité (nombre d'individus sur des transects de 10 m parallèles à la côte totalisant près de 5.3 km de littoral) et le diamètre des coquilles de chaque individu ont aussi permis de déceler une régression de certaines populations suivies (Laborel-Deguen *et al.*, 1993). D'autres études ont porté sur la croissance, la reproduction, le déplacement (Laborel-Deguen et Laborel, 1990a, 1990b, 1991b). Des précisions sur sa répartition en Méditerranée, ainsi que des inventaires sur l'île de Zembra (Tunisie), doivent aussi être attribués à Laborel-Deguen (Boudouresque et Laborel-Deguen, 1986).

Une autre initiative remarquable des Laborel a été l'essai de réintroduction de *P. ferruginea* à Port-Cros. Sur cette île, quelques indices historiques indiquent qu'elle y était encore présente il y a moins d'un siècle (Laborel-Deguen, 1988 ; Laborel-Deguen et Laborel, 1991c, 1992 a, 1992 b). L'opération fut un échec : forte mortalité lors du transport et lors de la réintroduction (81 individus sur 188 prélevés en 1987 à Galeria-Corse ; 23 survivants en 1988 ; un seul individu survivant en 1998. Aucune population établie dans les parages de la transplantation). Cette expérience mériterait toutefois d'être tentée de nouveau compte tenu des données actuelles concernant la biologie de l'espèce.

L'ensemble des contributions publiées (11 notes) par les Laborel sur *P. ferruginea* et la rareté constatée de l'espèce en Corse, formalisée par des textes législatifs de protection, ont suscité un engouement international, surtout en Espagne. Plus de 150 publications spécifiques sur *P. ferruginea* sont maintenant accessibles (moins d'une vingtaine avant celles des Laborel). Ces contributions ont entraîné l'invalidation de certaines certitudes des Laborel concernant la biologie, le comportement et le statut de l'espèce telles que :

- **le changement de sexe** dans un seul sens. Il était établi (Frenkiel, 1975) que les jeunes mâles devenaient femelles et terminaient leur vie avec ce sexe). C'était un argument pour affirmer que la population était particulièrement menacée car la prédation vise plus particulièrement les gros individus (femelles) bouleversant ainsi les sex-ratios naturels nécessaires pour une bonne reproduction de l'espèce. En fait, Guallart *et al.* (2013) ont très récemment démontré que des femelles pouvaient redevenir mâles (c'est donc un hermaphrodisme réversible séquentiel).

- **la phorésie des juvéniles** (le fait que des gros individus portent des juvéniles), a été présenté comme un trait du comportement du cycle de vie de l'espèce (mais sans aucune statistique quantitative) impliquant une plus grande fragilité de la population face à la prédation humaine (le prélèvement d'un individu adulte, censé porter le plus souvent un ou plusieurs juvéniles, affecte plus la population que le prélèvement d'un seul individu). En fait, ce comportement est peu fréquent et est opportuniste. Cela est dû au hasard de la fixation d'une larve dans le biotope favorable très exigu de l'espèce : les juvéniles ainsi concernés ne sont que des épibiontes occasionnels (Meinesz et Authosserre, 2012).

- **le déplacement** qualifié longtemps de 'homing strict' (il était établi que les patelles ne se déplaçaient que de quelques dizaines de centimètres mais rejoignaient toujours leur zone de prédilection - leur 'maison' - adaptée à la forme de leur coquille) : nous avons pu constater que certains individus sont sujets à des errances définitives de plus de 10 m (Meinesz et Authosserre, 2012).

- **le risque d'extinction et l'extrême rareté de l'espèce** en Corse ont été mis en avant dans plusieurs notes des Laborel. Dans une de leurs notes, Laborel-Deguen et Laborel (1991) indiquaient son statut par ces termes : « *il semble d'après nos observations, que l'espèce disparaîtra de tous les secteurs du littoral Corse, avant de s'éteindre tout à fait, peut-être même au cours de la prochaine décennie* ». En fait, il a été établi que *P. ferruginea* n'aime pas les substrats favorables à leurs principaux prédateurs : le mollusque (gastéropode) *Stramonita haemastoma* (L., 1766) et les crabes (décapodes) *Eriphia verrucosa* (Forskål, 1775) et *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1793). Ceux-ci affectionnent les roches rugueuses et fissurées permettant de les abriter lorsque l'hydrodynamisme est violent. Or, ce sont les populations de *P. ferruginea* des roches volcaniques de Scandola et de Galeria, (fissurées avec de nombreux abris) qui ont été le plus explorées par les Laborel. Ces populations de patelles sont bien moins denses (jusqu'à dix fois moins) que les populations se développant sur des substrats granitiques lisses (comme sur les îles de l'archipel des Lavezzi au sud de la Corse - Mari *et al.*, 1998, Meinesz *et al.*, 2001), voire sur le béton constituant les brises lames des digues portuaires (comme les tétrapodes en béton des ports d'Ajaccio en Corse (Giudicelli *et al.*, 1999) non inventoriés par les Laborel.

De ce fait, si on se base sur les connaissances actuelles sur le statut de l'espèce en Corse (d'après de nombreux inventaires totalisant plus de 170 km de côte Corse examinée 20 m par 20 m), l'espèce est moins rare qu'on ne l'a cru. En Corse, la population doit dépasser les 50 000 individus sur les substrats rocheux battus. Plusieurs études réalisées par des étudiants de l'Université de Corse dans les Bouches de Bonifacio montrent que les effectifs sont actuellement en progression sensible : si cette progression se confirmait, c'est-à-dire si elle ne s'inscrivait pas dans des cycles de fluctuation d'abondance, l'espèce ne pourrait plus être considérée comme vulnérable. Par ailleurs, dans la mer d'Alboran, des effectifs de plusieurs dizaines de milliers d'individus ont été inventoriés dans les enclaves espagnoles de Ceuta, Chafarinas et Mellilla.

Mais le seul fait que les biotopes soient peu étendus (une frange linéaire de 1 m de large devant les zones rocheuses battues) et que ce type de biotope soit particulièrement exposé aux pollutions superficielles, nécessitent de garder cette espèce dans la catégorie 'vulnérable' selon les critères de l'IUCN.

Il reste que ce sont les contributions des Laborels qui ont suscité tant d'intérêt pour l'étude de l'arapède géante *Patella ferruginea* et il convient surtout de souligner l'originalité des méthodes qu'ils ont mises en œuvre pour estimer la densité des populations. En effet, dans les années 1970s à 1990s, des données quantitatives concernant des écosystèmes ou des espèces marines méditerranéennes commençaient à être publiées. Ces indications étaient bien plus précises que des assertions subjectives basées sur des qualificatifs variés sans réelle assise normalisée. Ainsi, telle espèce était décrétée comme étant abondante, fréquente ou commune. La rareté d'une espèce se déclinait soit par les mêmes termes précédés par les adverbes 'peu' ou 'assez peu', ou bien par des qualificatifs globaux (rare, très rare, isolé) issus du ressenti de biologistes étayant leur diagnostic personnel par le nombre de régions explorées.

L'essor des techniques de cartographie des biocénoses marines pendant les années 1970s, a apporté plus de précision sur les aspects quantitatifs : on commençait alors à estimer la surface d'écosystèmes sensibles d'une zone comme les herbiers de posidonies. Les données quantitatives basées sur des relevés cartographiques sont plus simples à recueillir sur les espèces ou les écosystèmes vivant au niveau de l'eau. Beaucoup d'espèces ne vivent que dans cet environnement spécifique très hostile pour les espèces marines (importantes variations de température ou de salinité ; forte exposition à l'hydrodynamisme). Ces espèces sont aussi menacées par divers impacts anthropiques : prédation pour les espèces comestibles comme les patelles (aisément accessibles à pied), pollution par les hydrocarbures et par les produits tensio-actifs flottants.

C'est dans ce contexte que les Laborel ont eu l'initiative de compter le nombre d'individus par linéaire de côte parcouru. Il s'agit ainsi de mesures précises, d'un inventaire exhaustif des individus adultes (les individus juvéniles <2 cm difficiles à repérer, n'ont pas été considérés) sur une portion de côte identifiée et mesurée (10 m par 10 m). Ces mesures répétées dans différentes zones ont permis pour la première fois de se baser sur des données quantitatives pour estimer la densité et même la structure démographique de la population (par la mesure du diamètre des coquilles de tous les individus inventoriés). Cette méthode et cette approche quantitative sont toujours appliquées. Depuis 1990, les populations de *P. ferruginea* ont été inventoriées avec cette méthode sur plus de 200 km de côtes méditerranéennes, permettant de comparer les densités entre différentes régions, de suivre l'évolution temporelle des patelles géantes et, peut-être, de requalifier prochainement le statut de cette espèce en Méditerranée. Les noms de Françoise Laborel-Deguen et Jacques Laborel resteront ainsi à jamais liés à la saga des études menées sur *Patella ferruginea*, patelle mythique dans les efforts de connaissance des espèces protégées en Méditerranée !



Fig. 3 : Françoise et Jacques Laborel lors d'une expédition Ardoukoba à Djibouti – île Musha, en janvier 1985.

Références

- Baghdiguian S., Escoubet P. D'Hondt J.L., Laborel-Deguen F., Riva A., Vicente N., 1987. *Les invertébrés. Livre rouge des espèces menacées en France. Tome 2. Espèces marines et littorales menacées* (Beaufort, F. de, Lacaze, J.C. édits.). Muséum National d'Histoire Naturelle publ., Paris, 43-49 : 207-237.
- Bouchet P. 1994. Mollusques. Maurin, H., Keith, P., (édits.) *Inventaire de la faune menacée en France*. Muséum national d'Histoire naturelle / WWF / Nathan. Paris, Fr. : 151-155.
- 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., Beaubrun P.C., Relini G., Templado J., Van Klaveren M.C., Van Klaveren P., Walmsey J.G. et Zotier R. 1996. *Critère de sélection et liste révisée d'espèces en danger et menacées (marines et saumâtres) en Méditerranée nt*. Programme des Nations Unies pour l'environnement, RAC/SPA Tunis. GIS Posidonie Pub., Marseille, Fr.: 1-73.
- Boudouresque C.-F. et Laborel-Deguen F., 1986. *Patella ferruginea*. In ' *Le benthos marin de l'île de Zembra (Parc national, Tunisie)*'. UNEP-IUCN-RAC/SPA, Boudouresque C.-F., Harmelin J.G. and Jeudy de Grissac A. eds., GIS Posidonie publ. Marseille, 105-110.
- Casu M., Sanna D., Cristo B., Lai T., Dedola G.-L. et Curini-Galletti M., 2010. COI sequencing as tool for the taxonomic attribution of *Patella spp.* (Gastropoda) : the case of morphologically undistinguishable juveniles settled on a *Patella ferruginea* adult. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90 : 1449-1454
- Espinosa F., 2009. Populational status of the endangered mollusc *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda, Patellidae) on Algerian islands (SW Mediterranean). *Animal biodiversity and conservation*, 32 : 19-28.
- Espinosa F. et Ozawa T., 2006. Population genetics of the endangered limpet *Patella ferruginea* (Gastropoda: Patellidae) : taxonomic, conservation and evolutionary considerations. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 44 : 8-16.
- Espinosa F., Guerra-García J.M. et García-Gómez J.C., 2007. *Sewage pollution and extinction risk: and endangered limpet as a bioindicator? Biodiversity and conservation*, 16 : 377-397.
- Espinosa F., González A.R., Maestre M.J., Fa D., Guerra-García J.M. et García-Gómez J.C., 2008 a. Responses of the endangered limpet *Patella ferruginea* to reintroduction under different environmental conditions: survival, growth rates and life-history. *Italian Journal of Zoology*, 75 : 371-384.
- Espinosa F., Rivera-Ingraham G. et García-Gómez J.C., 2008 b. Seasonal activity and foraging behaviour of the endangered limpet *Patella ferruginea*. *Ethology Ecology and Evolution*, 20 : 173-181.
- Espinosa F., Rivera-Ingraham G. et García-Gómez J.C., 2009. Gonochorism or protandrous hermaphroditism ? Evidence of sex change in the endangered limpet *Patella ferruginea*. *Marine Biodiversity Records*, 2 e 153 : 1-3.
- Frenkiel L., 1975. Contribution à l'étude des cycles de reproduction des Patellidae en Algérie. *Publ. Staz. Zool. Napoli*, 39 (suppl.) : 153-189.
- Giudicelli, S., Recorbet, B. et Frisoni G.-F., 1999. Inventaire de la population d'Arapèdes géantes (*Patella ferruginea*) de la base marine d'Aspretto et ses abords à Ajaccio (Corse du Sud). *Travaux Scientifiques du Parc naturel Régional et des Réserves naturelles de Corse*, 59, 91-119.
- Guallart J., Calvo M., Acevedo I. et Templado J., 2013. Two-way sex change in the endangered limpet *Patella ferruginea* (Mollusca, Gastropoda). *Invertebrate Reproduction and Development*,

- <http://dx.doi.org/10.1080/07924259.2012.754794>.
- Guerra-García J.M., Corzo J., Espinosa F., Fa D. et García -Gómez J.C., 2004a. Extinction risk and harbour as marine reserves ? *Journal of Molluscan Studies*, 70 : 96-98.
- Guerra-García J.M., Corzo J., Espinosa F. et García-Gómez J.C., 2004b. Assessing habitat use of the endangered marine mollusc *Patella ferruginea* (Gastropoda, Patellidae) in northern Africa : preliminary results and implications for conservation. *Biological Conservation*, 116: 319-326.
- Laborel-Deguen F., 1986. Biologie et répartition de *Patella ferruginea*. *Travaux. Scientifiques du Parc naturel Régional et des Réserves naturelles de Corse* ; 2 : 41-48.
- Laborel-Deguen F., 1988. Essai de réintroduction de *Patella ferruginea* Gmelin (Gasteropoda) dans le parc national de Port-Cros (Var, France). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, Fr. 14 : 141-146.
- Laborel-Deguen F. et Laborel J., 1990a. Nouvelles données sur la patelle géante *Patella ferruginea* Gmelin en Méditerranée. I : Statut, répartition et étude des populations. *Haliotis*, 10 : 41-54.
- Laborel-Deguen F. et Laborel J., 1990b. Nouvelles données sur la patelle géante *Patella ferruginea* Gmelin en Méditerranée. II : Ecologie, biologie, reproduction. *Haliotis*, 10 : 55-62.
- Laborel-Deguen F. et Laborel J., 1991a. Statut de *Patella ferruginea* Gmelin en Méditerranée. In 'Les espèces marines à protéger en Méditerranée'. Boudouresque C.-F., Avon M. & Gravez V. (eds.), GIS Posidonie publ., 91-103.
- Laborel-Deguen F. et Laborel J., 1991b. Nouvelles observations sur la population de *Patella ferruginea* Gmel. de Corse. In 'Les espèces marines à protéger en Méditerranée'. Boudouresque C.-F., Avon M. & Gravez V. (eds.), GIS Posidonie publ., 105-117.
- Laborel-Deguen F. et Laborel J., 1991c. Une tentative de réintroduction de *Patella ferruginea* Gmel. (Gastropoda) dans le Parc national de Port-Cros (Var, France). In 'Les espèces marines à protéger en Méditerranée'. Boudouresque C.-F., Avon M. and Gravez V. (eds.), GIS Posidonie publ., 129-132.
- Laborel J. et Laborel-Deguen F., 1992a. *Réintroduction de Patella ferruginea sur Port-Cros*. Rapport 1992. Parc National de Port-Cros. Contrat 9001183400 PC 5 pp.
- Laborel-Deguen F., Laborel J. et Morhange C., 1993. Appauvrissement des populations de la patelle géante *Patella ferruginea* Gmel. (Mollusca, Gastropoda, Prosobranchiata) des côtes de la Réserve Marine de Scandola (Corse du Sud) et du Cap Corse (Haute Corse). *Travaux. Scientifiques du Parc naturel Régional et des Réserves naturelles de Corse*, 41 : 25-32.
- Mari, X., Meinesz, A. et Vaugelas, J. de, 1998. Répartition de *Lithophyllum lichenoides* (Rhodophytes), de *Cystoseira amantacea* (Chromophyta), de *Patella ferruginea* (Mollusca) et des zones polluées par les hydrocarbures de l'île Lavezzi (Réserve Naturelle des Lavezzi - Corse). *Travaux. Scientifiques du Parc naturel Régional et des Réserves naturelles de Corse*, 57, 145-162.
- Meinesz A. et Authosserre A., 2012. *Etude de la croissance, de la longévité et du comportement de Patella ferruginea dans la réserve naturelle de Scandola*. Rapport Université Nice Sophia Antipolis/GIS Posidonie, 213.
- Meinesz, A., Cottalorda, J.-M., Chiaverini, D. et Vaugelas, J. de, 2001. *Représentation cartographique de l'abondance de quelques algues et invertébrés du littoral de l'îlot de Cavallo (Archipel des Lavezzi)*. Ed. Université Nice Sophia Antipolis, Lab. Environnement marin littoral, pp. 102.
- Ramos M. A., 1998. Implementing the habitats directive for mollusc species in Spain. *Journal of Conchology. Special publication*, 2 : 125-132.



Des réserves marines méditerranéennes, des poissons et...Bruxelles

MIREILLE HARME LIN-VIVIEN ^{1,2} ET LAURENCE LE DIRÉACH ²

¹ MEDITERRANEAN INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY (MIO), INSTITUT PYTHEAS, AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ - mireille.harmelin@univ-amu.fr

² GIS POSIDONIE, AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ, INSTITUT PYTHÉAS, CAMPUS DE LUMINY, 13288 MARSEILLE CEDEX 09 - laurence.ledireach@univ-amu.fr



‘Ne me dites pas que vous pouvez compter les poissons sous l’eau !’

Qui dit herbiers de posidonies, dit poissons⁴ qui y vivent. C’est donc tout naturellement que, très rapidement, le GIS Posidonie s’est impliqué dans l’étude des peuplements de poissons en Méditerranée, le plus souvent en lien avec les aires marines protégées (AMP). Ces recherches ont été possibles grâce au développement de techniques de comptage des poissons en plongée sous-marine, mises au point dans le Parc national de Port-Cros dans les années 1970s par des chercheurs qui deviendront membres du GIS Posidonie. Mais si l’utilisation de ces techniques non destructrices est évidente pour les chercheurs et techniciens plongeurs, il n’en va pas de même pour les technocrates et experts siégeant à Paris et à Bruxelles. Ceux-ci ne conçoivent généralement les poissons que comme une donnée chiffrée provenant des statistiques de débarquement de pêches ou, au mieux, comme des animaux morts sur le pont d’un bateau ou dans leur assiette. Alors, compter les poissons sous l’eau ! Encore une idée saugrenue de scientifiques !

Des juvéniles aux adultes, on compte tout ce qui nage... mais selon des protocoles précis Il a fallu 20 ans et la diplomatie d’un collègue espagnol pour que, en 1992, le premier programme européen basé sur le comptage direct de poissons en plongée sous-marine, soit accepté et financé par l’Union Européenne. Ce programme, baptisé SETMORT⁵, rassemblait

⁴ Le terme ‘poissons’ est ici utilisé dans son sens usuel, la plupart des espèces étudiées étant, en fait, des téléostéens.

⁵ SETMORT (1992-1996, EU-DG XIV-MED/92/007) Studies on Mediterranean fishes : SETTlement and MORTality patterns in protected and unprotected areas. Coordinateur Enrique Macpherson (CSIC).

des équipes espagnoles, françaises et italiennes, soit une trentaine de personnes appartenant à sept institutions, dont le GIS Posidonie. L'objectif était l'étude de l'**installation benthique**, dans leurs nurseries côtières, des juvéniles de *Diplodus*, autrement dit des sars, Sparidae abondants en Méditerranée. Cette phase du cycle de vie est en effet primordiale et de son succès dépend chaque année le nombre d'individus qui va alimenter les populations d'adultes et donc les pêcheries. Nous avons ainsi défini les périodes d'arrivée et les abondances des juvéniles de sars, quantifié les taux de mortalité au cours du temps et mesuré la croissance des individus jusqu'à leur départ des nurseries vers les populations d'adultes. Dans chaque pays, des nurseries situées dans et hors AMP ont été suivies, permettant d'avoir ainsi une vision synoptique de ce phénomène dans le nord de la Méditerranée occidentale sur une période de trois ans. Il a été montré que l'arrivée et l'installation benthique des juvéniles de sars étaient très variables d'une année à l'autre, et d'un site à l'autre, ceci indépendamment du niveau de protection du site. Ce sont les caractéristiques morphologiques et hydrologiques des nurseries qui conditionnent leur succès et non le fait qu'elles soient situées ou non dans des zones protégées. Ceci dit, quel que soit le site, près de 90% des post-larves qui arrivent, meurent dans le mois qui suit leur installation, proies innocentes et appréciées de tous les prédateurs, poissons et invertébrés, qui peuplent les petits fonds méditerranéens. Malgré ce taux de mortalité qui paraît élevé mais est dans la norme pour cette phase du cycle de vie des téléostéens, les populations de sars de nos côtes se portent bien. Conservons donc soigneusement en bon état ces petits fonds !

Outre de fructueux échanges scientifiques et la création de solides liens d'amitiés, ce programme fut l'occasion de découvrir spécialités culinaires, traditions et épisodes inconnus de notre Histoire méditerranéenne commune, comme la vie de Napoléon IV (mais ceci nous entraînerait trop loin).

Quelques années plus tard, l'Action Concertée ECOMARE⁶ rassemblait chercheurs britanniques, espagnols, français et italiens, pour recenser les principales réponses des communautés marines aux effets de la protection, identifier les besoins en recherche pour améliorer cette connaissance et, enfin, recommander des méthodes précises et des protocoles standardisés pour les études futures. L'an 2000 a vu ainsi la parution d'un guide de méthodes pour des études écologiques dans les Réserves Marines⁷, publié par le GIS Posidonie (Goñi *et al.*, 2000). De cette réflexion allait émerger un intérêt commun concrétisé par un programme de recherche européen pour répondre à une question souvent posée :

‘Les réserves : alors, ça exporte ou non ?’

Une des questions récurrentes que posent technocrates européens et pêcheurs au scientifique qui leur tombe sous la main est : « *et vos réserves, ça sert à quelque chose ?* », sous-entendu « *ont-elles un impact positif sur les pêcheries locales ?* ». En d'autres termes, est-ce qu'il y a une exportation de poissons hors des réserves dont les pêcheurs peuvent bénéficier ? Ces

⁶ ECOMARE (1998-2000, EU-DG XII-MAST III Concerted Action, MAST3-CT97-0155) : Ecological Effects of Protection in Mediterranean Marine Reserves. Coordinatrice Raquel Goñi (IEO Baléares).

⁷ *Introductory guide to methods for selected ecological studies in marine reserves*. Goñi R., M. Harmelin-Vivien, F. Badalamenti, L. Le Diréach, G. Bernard édit., GIS Posidonie publ., Marseille, 2000: 1-112.

questions ont été au centre du programme européen BIOMEX⁸, dont les buts étaient de mettre en évidence l'**exportation de biomasse** de poissons des réserves marines vers les zones pêchées et d'évaluer son impact sur les pêcheries locales, programme dans lequel le GIS Posidonie a été très actif (Fig.1 et 2). Pour ce faire, six AMPs méditerranéennes ont été choisies (2 en France et 4 en Espagne) et différentes mesures réalisées à l'intérieur et à l'extérieur des AMPs à des distances croissantes des limites des réserves. L'exportation de biomasse de poissons hors des réserves peut se faire par les mouvements des juvéniles et des adultes, mais aussi par l'exportation d'œufs et de larves émis par les adultes qui se reproduisent au sein des AMPs. Les comptages de poissons adultes réalisés en plongée sous-marine, mais aussi par caméras vidéos, ont montré des gradients négatifs d'abondance de la plupart des espèces depuis le centre des AMPs jusque dans les zones pêchées, indiquant qu'il existait bien une exportation de biomasse de poissons hors des réserves. De même, l'exportation d'œufs et de larves hors des réserves, difficile à mettre en évidence, a bien été observée pour certaines espèces. La réalisation de pêches expérimentales et le suivi des pêcheries locales ont montré que l'effort de pêche et les prises par unité d'effort étaient généralement plus importants près des limites des réserves, mais que cet impact positif s'estompait vite à mesure de l'éloignement des AMPs (quelques centaines de mètres).

Ainsi, le programme BIOMEX a montré sans ambiguïté que les AMPs méditerranéennes exportaient des poissons, mais que les effets positifs de cette exportation sur les pêcheries étaient localisés et mesurables généralement à des distances inférieures au kilomètre. Les pressions de pêche sont telles dans notre belle Méditerranée que les poissons qui pointent leur museau hors des réserves ne vont pas très loin avant d'être capturés !



Fig. 1 : Logos de la série de programmes consacrés aux réserves de Méditerranée et du sud Atlantique, financés par la Commission Européenne, qui ont fortement contribué à la connaissance et à la démonstration de l'efficacité des réserves marines pour la conservation des peuplements, pour le maintien de la pêche artisanale et des usages en milieu côtier.



Fig. 2 : José-Antonio Garcia-Chartron (Université de Murcia) comptant les poissons à Cabo de Palos le long d'un 'transect' durant le programme BIOMEX.

⁸ BIOMEX (2003-2005, EU-FP5-QLRT-2001-0891) : Assessment of BIOMass EXport from marine protected areas and its impacts on fisheries in the western Mediterranean Sea. Coordinateur Serge Planes (CNRS Perpignan).



Fig. 3. L'équipe des plongeurs-compteurs de BIOMEX. De gauche à droite : Denis Ody, Just Bayle Sempere, Olga Reñones, Eric Charbonnel, José-Antonio García Charton, Laurence Le Diréach et Pablo Sánchez Jerez.

Les bio-indicateurs ou la recherche du 'nombre d'or'

Les questions posées par les gestionnaires des parcs et des réserves marines aux scientifiques sont un peu différentes et pourraient se résumer à : « Comment mesurer les effets écologiques et économiques des AMPs et comment améliorer leurs performances ? », et par là apporter des arguments pour convaincre politiques et pêcheurs que la création d'une AMP a des retombées positives. L'analyse du rôle que les AMPs peuvent jouer dans la gestion des pêcheries et la conservation des espèces, l'évaluation de leurs retombées économiques ainsi que la recherche d'indicateurs de performance, ont été au cœur des préoccupations de deux programmes, l'un européen EMPAFISH⁹, l'autre français PAMPA¹⁰. L'échelle géographique de ces deux programmes a été beaucoup plus vaste, impliquant des AMPs localisées non seulement en Méditerranée mais aussi dans l'Atlantique pour le premier et dans les zones tropicales (Caraïbes, océans Indien et Pacifique) pour le second. Ces programmes ont impliqué un partenariat fort entre scientifiques et gestionnaires des AMPs afin de mieux répondre aux demandes de ces derniers. Un des buts de ces programmes était de mettre au point des indicateurs d'efficacité des réserves aussi bien écologiques et économiques que concernant l'évaluation de leur bonne gestion et de la gouvernance. A partir des jeux de données existants

⁹ EMPAFISH (2005-2008, EU-6th Framework Prog.- SSP8-006539) : European Marine Protected Areas as tools for FISHeries management and conservation. Coordinateur Angel Pérez-Ruzafa.

¹⁰ PAMPA (2008-2011, LITEAU III) : Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usages. Coordinatrice Dominique Pelletier.

les plus robustes, complétés par des échantillonnages portant principalement sur les usages : enquêtes sur la pêche récréative, la pêche professionnelle et enquêtes sur la gestion et la gouvernance des AMPs notamment, un nombre considérable de métriques ont été testées et mises en regard d'une part d'effets sur les écosystèmes, les espèces ou les usagers et d'autre part d'objectifs de gestion. Une sélection de métriques et un début de construction de grilles de lecture d'indicateurs d'efficacité des AMPs commencent ainsi à être mis au point et à être utilisés comme outils d'aide à la gestion dans certains sites (réserve de Cerbère Banyuls, Réunion).

Des avancées certaines, mais jamais acquises

Depuis sa création, le GIS Posidonie a œuvré pour la reconnaissance des effets positifs des AMPs sur les peuplements marins, la conservation des espèces et la gestion des pêcheries locales et a aidé, autant que faire se peut, les gestionnaires dans leurs démarches. Il reste à convaincre durablement les autorités administratives et les décideurs, à tous les niveaux, qu'une aire marine protégée ne 'marche bien' que si les mesures de protection et la surveillance sont effectives. Les suivis des peuplements à moyen terme et au long terme n'en demeurent pas moins indispensables pour évaluer les effets de tous ces efforts et répondre scientifiquement aux questions complexes posées par les modifications du milieu et des peuplements, qu'elles soient directement liées aux activités humaines ou plus généralement au changement climatique.

VILLE FRANCHE
SUR MER

République Française

POLICE MUNICIPALE

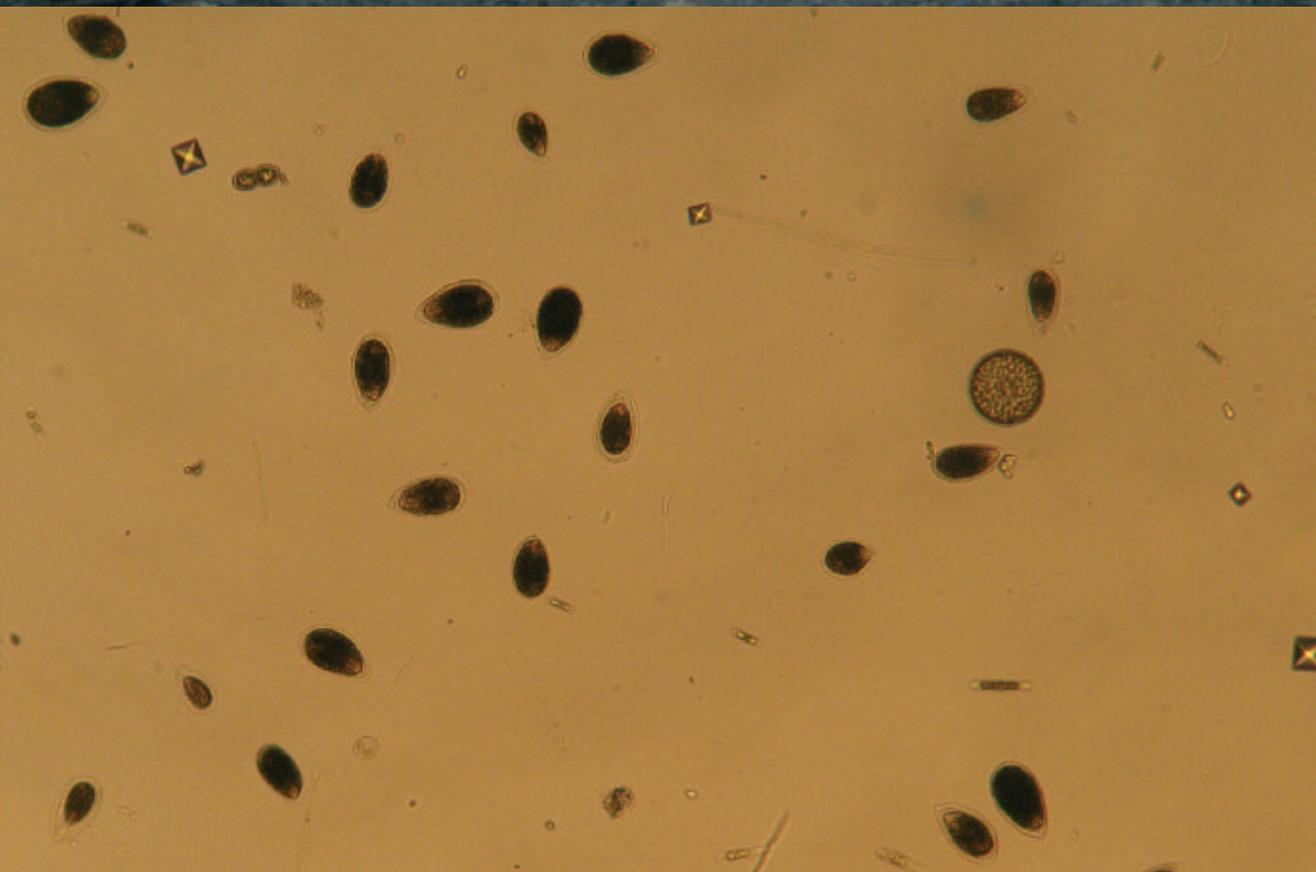
ATTENTION DANGER

**BAIGNADE
INTERDITE**



Algues *Ostreopsis*

ARRETE MUNICIPAL N°5168 DU 23/07/2008



Le dinoflagellé *Ostreopsis* : petite cause, grandes conséquences

AURÉLIE BLANFUNÉ

I MEDITERRANEAN INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY (MIO), INSTITUT PYTHEAS,
AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ - aurélie.blanfune@univ-amu.fr



Tout commence, un dimanche à la fin du mois de juillet 2005 à Gênes. Deux cent vingt-cinq personnes accourent aux urgences, dont une vingtaine sont hospitalisées. Les symptômes sont très généraux et non spécifiques : problèmes respiratoires, fièvre, conjonctivites et irritations cutanées, mais tous viennent de la même plage. Ce phénomène d'affluence massive à l'hôpital est attribué à la présence d'une abondance excessive d'une micro-algue toxique : le dinoflagellé *Ostreopsis*.

Une première alerte avait été donnée en août 2004 au nord de Barcelone, où plusieurs usagers de la mer avaient également été touchés par ces symptômes. Puis, en septembre 2006 à Marseille, sur les îles du Frioul, dans la calanque de Morgiret, des baigneurs et des plongeurs présentent des signes cliniques d'irritations respiratoires et cutanées en concomitance avec la présence d'une forte concentration d'*Ostreopsis* dans le milieu. Une interdiction de baignade est instaurée jusqu'au retour à la normale (disparition des fortes abondances d'*Ostreopsis*). Cette mesure de précaution est aussi mise en place en Italie et en Espagne pour des évènements similaires.

A partir de ces événements et de leur médiatisation, cette petite algue ressemblant à une goutte d'eau (Fig. 1) devient un sujet d'étude et une préoccupation pour les scientifiques et les gestionnaires.

Le GIS Posidonie fait son entrée dans cette problématique dès l'été 2007, par une étude menée à Monaco au niveau des plages du Larvotto par le laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-mer et le laboratoire ECOMERS de l'Université Nice Sophia Antipolis. Ensuite, un programme de recherche pluridisciplinaire (MediOs 2) commence en 2008 avec pour but d'évaluer les impacts écologiques, sanitaires et socio-économiques liés à la prolifération du dinoflagellé toxique, *Ostreopsis* spp. sur les côtes nord-occidentales de Méditerranée. Ce programme durera 2 ans et un membre du GIS Posidonie (l'auteur de cet article) deviendra le premier cas d'intoxication avéré d'un scientifique dû à la contamination par *Ostreopsis* recensé

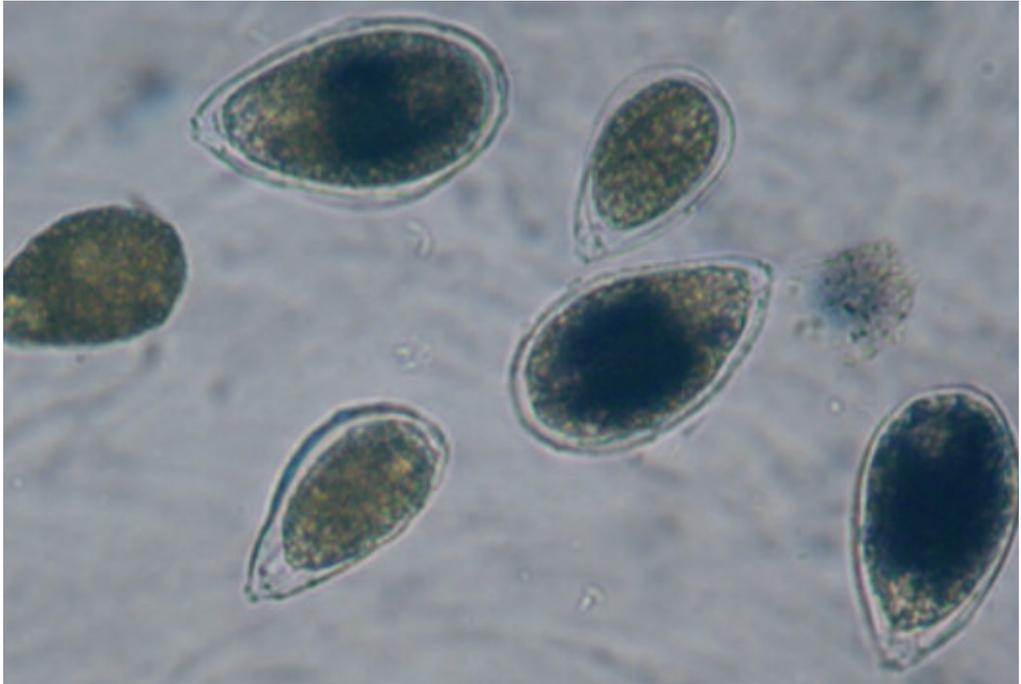


Figure 1 : Cellules d'*Ostreopsis* observées au microscope optique.

par le centre antipoison de Marseille. Durant l'été 2011, le projet OSCREEN voit le jour associant le laboratoire Ifremer de Toulon et l'Université de Nice Sophia Antipolis. C'est la première étude qui permet d'avoir une vision globale de la distribution d'*Ostreopsis* le long du littoral français méditerranéen (de la frontière italienne à la frontière espagnole en passant par la Corse).

Pourquoi tous ces programmes consacrés à ce petit être unicellulaire ?

Depuis une dizaine d'années en Méditerranée, la fréquence et l'intensité des proliférations massives ponctuelles d'algues marines microscopiques ont augmenté considérablement. C'est le cas en particulier des dinoflagellés du genre *Ostreopsis* le long des côtes de la Méditerranée nord-occidentale. Cette microalgue unicellulaire biflagellée de 50 μm de long, de forme ovoïde, se développe préférentiellement à de faibles profondeurs sur des substrats végétaux, les macrophytes. *Ostreopsis* vit habituellement dans les eaux chaudes des mers tropicales mais, depuis quelques années nous la retrouvons dans les eaux méditerranéennes où elle est présente toute l'année, bien que sa concentration varie au cours du temps.

En période estivale, lorsque les conditions environnementales favorables à son développement sont réunies, ces micro-organismes épiphytes prolifèrent de manière importante et massive. Les cellules d'*Ostreopsis* ne sont pas visibles à l'œil nu mais lors des épisodes de bloom, elles forment un mucus filamenteux brunâtre (amas compact de cellules), qui recouvre les rochers

et les macrophytes. Les amas cellulaires peuvent se détacher et se retrouver également en suspension dans la colonne d'eau formant des « fleurs d'eau » (Fig. 2). C'est ainsi que les cellules présentes dans la colonne d'eau peuvent être transportées dans l'air par les embruns marins.

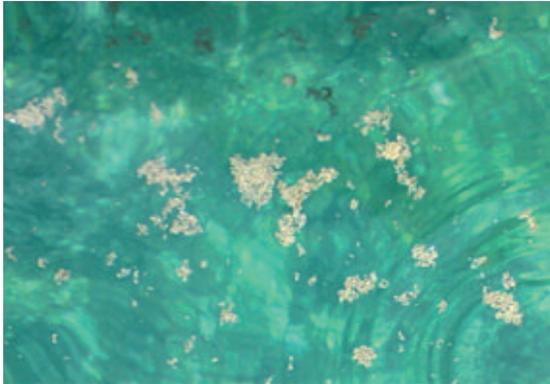


Fig. 2. Amas de cellules d'*Ostreopsis* formant des 'fleurs d'eau'

La présence d'*Ostreopsis* n'est pas un problème en soi, mais il le devient, lorsqu'il prolifère et atteint des abondances importantes pouvant aller jusqu'à plusieurs millions de cellules par gramme de macrophyte sur lequel il se fixe, ou par litre d'eau. En effet, de par son mode de développement, les intoxications sont soit provoquées de manière directe par contact provoquant des irritations cutanées, soit de manière indirecte *via* les cellules contenues dans les embruns ou celles présentes dans la colonne d'eau et qui peuvent être avalées ou inhalées et provoquer des

symptômes respiratoires. En règle générale, les symptômes apparaissent au bout de quelques heures et diminuent habituellement 24 ou 48 heures après. Jusqu'à présent, contrairement aux régions tropicales, aucune intoxication par ingestion de produits de la mer (poissons, coquillages) n'a été signalée. Le risque sanitaire reste tout de même non négligeable.

Cet être unicellulaire est toxique car il produit des neurotoxines : la palytoxine et ses dérivés, qui font partie des phycotoxines les plus actives connues à ce jour. Les conséquences de sa prolifération (blooms) sont néfastes aussi bien pour la santé publique que pour l'écosystème. Contrairement aux impacts sanitaires liés à un bloom d'*Ostreopsis*, les impacts écologiques ont été encore peu évalués.

Les dernières trouvailles sur la vie 'intime' d'*Ostreopsis*

Les premières études ont été menées au niveau des plages du Larvotto, à Monaco. Une surveillance hebdomadaire de la présence d'*Ostreopsis* sur les macrophytes et dans la colonne d'eau est réalisée depuis l'été 2007. Chaque été, la présence de bloom d'*Ostreopsis* est recensée ainsi que des cas d'intoxications légères, mais pour des raisons économiques, les plages ne sont pas fermées.

Concernant les impacts écologiques liés à un bloom d'*Ostreopsis*, plusieurs études ont mis en évidence des mortalités de macroinvertébrés concomitantes avec de fortes abondances d'*Ostreopsis*. Par contre, des travaux réalisés *in situ* sur les oursins comestibles (*Paracentrotus lividus*) n'ont montré aucune mortalité, ni effets néfastes. Le risque écologique lié à une efflorescence massive d'*Ostreopsis* semble pourtant bien exister, mais les constats et les résultats obtenus par différentes études divergent et représentent un sujet de controverse au sein de la communauté scientifique.

Bien que le nombre d'études menées sur ce dinoflagellé toxique ait augmenté considérablement au cours des dix dernières années, les paramètres physico-chimiques impliqués dans le déclenchement des efflorescences toxiques restent encore peu connus. Aucun paramètre isolé n'est responsable à lui seul de l'apparition d'un bloom. Ils agissent en synergie et la détermination du forçage attribuable à chacun des paramètres potentiellement impliqué est assez difficile à obtenir. Il apparaît que la température, l'hydrodynamisme, l'irradiance solaire et la salinité ont un rôle important.

Les travaux menés sur ce microorganisme ont montré qu'il existe une très grande hétérogénéité spatiale et temporelle de son développement. Cette grande variabilité se voit aussi bien à l'échelle du pourtour de la Méditerranée qu'au sein d'une même zone d'étude restreinte. En effet, les concentrations peuvent varier énormément entre deux substrats colonisés se trouvant à quelques centimètres l'un de l'autre.

Lors de la dernière étude menée sur ce sujet, le projet OSCREEN, il a été montré que le dinoflagellé se développe sur différents supports (46 taxons de macrophytes ont été identifiés) mais les sites ayant une couverture algale avec une diversité et une qualité altérée (composée principalement d'*Halopteris scoparia*, *Jania rubens* et *Laurencia* sp.) semblent être des zones susceptibles de présenter un développement massif d'*Ostreopsis*.

De plus, il a également été montré, dans cette étude, qu'*Ostreopsis* est potentiellement présent partout. Il a été recensé sur tout le pourtour des côtes continentales françaises de la Méditerranée de même qu'en Corse, là où des échantillons ont été prélevés. Mais sa prolifération massive et nocive n'est pas générale, elle dépend de conditions environnementales complexes. Ces observations soulèvent plusieurs interrogations :

Est-ce qu'*Ostreopsis* est une espèce indigène et banale qui n'a que récemment été mise à jour, du fait de l'effort considérable de recherche de sa présence en Méditerranée par les scientifiques ?

Ou bien, est-ce qu'il a été introduit à un moment donné, puis s'est acclimaté et au fil du temps, quand les conditions propices à son développement sont réunies, il prolifère de manière excessive ?

Ce qui est sûr, c'est que cette espèce de dinoflagellé toxique a un grand potentiel invasif pour coloniser les écosystèmes littoraux superficiels lorsque les conditions du milieu lui sont favorables. Ceci fait d'*Ostreopsis* une espèce envahissante avec un fort risque sanitaire pour l'être humain lorsqu'elle produit des efflorescences.





Petit poisson deviendra grand

SANDRINE RUITTON

MEDITERRANEAN INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY (MIO), INSTITUT PYTHEAS,
UM 110, AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ, CAMPUS DE LUMINY, 13288 MARSEILLE CEDEX 9
sandrine.ruitton@univ-amu.fr



Dans le milieu naturel, une des phases clés pour le maintien des espèces est bien l'apport en jeunes individus dans la population, leur recrutement et leur survie. La forte productivité du milieu marin côtier en fait une zone essentielle en termes de nourricerie pour un grand nombre d'alevins et de juvéniles de poissons¹¹. Ce rôle est l'une des raisons majeures en faveur de la préservation des écosystèmes marins côtiers. La connaissance des traits d'histoire de vie des espèces de poissons et en particulier durant les phases planctoniques et juvéniles est donc essentielle.

De la colonne d'eau aux forêts sous-marines

La fécondation est très souvent externe chez les poissons. La plupart du temps, les ovocytes sont fécondés soit en pleine eau lors de la ponte simultanée des mâles et des femelles, soit sur le fonds au sein de nids préparés plus ou moins méticuleusement par les adultes (Fig. 1). Beaucoup d'espèces de poissons utilisent la masse d'eau pour s'y reproduire et disséminer leurs jeunes stades, de l'œuf à la post-larve. Ce périple, qui dure de quelques semaines à plusieurs mois, conduit les juvéniles vers l'habitat des adultes, c'est la phase de **recrutement** (Fig. 2). Les premiers stades de vie planctonique du poisson (l'œuf, la larve et la larve compétente) constituent l'**ichtyoplancton**. Entre chaque stade, des modifications morphologiques, comme l'apparition de la bouche ou la formation des nageoires et des écailles conduisent petit à petit l'individu vers une nouvelle autonomie. C'est donc à travers un scénario souvent complexe qu'un jeune poisson arrivera finalement à l'âge adulte. Durant la phase planctonique, outre l'importante mortalité due à la prédation, on peut citer des fonctions à forts enjeux telles que l'alimentation, les transformations morphologiques et physiologiques ainsi que l'arrivée dans une nourricerie appropriée. Tous ces éléments font qu'une énorme production d'œufs est nécessaire pour compenser les pertes pendant cette phase.

¹¹ Le terme de « poisson » est utilisé dans ce document pour désigner le groupe monophylétique des téléostéens (*teleostei*).



Fig. 1. Un couple de *Symphodus cinereus* en parade nuptiale autour de son nid. Photos de gauche et au centre : le mâle incite la femelle à venir pondre dans le nid. Photo de droite : le mâle protège le nid en restant à proximité.

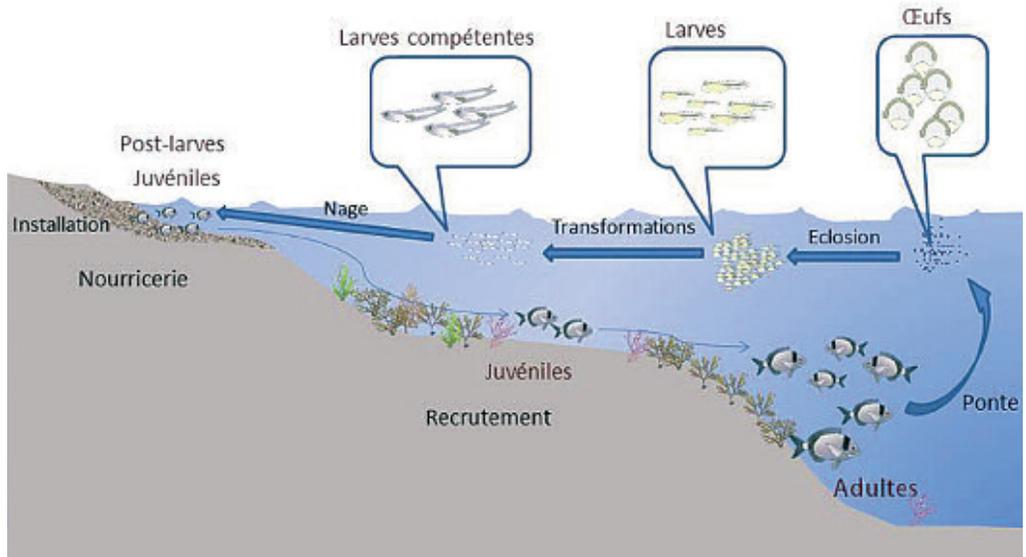


Fig. 2. Cycle de vie d'un poisson lors des phases de reproduction, de vie planctonique et de recrutement.

La fécondation interne est beaucoup plus rare chez les poissons. On retrouve ce type de reproduction en particulier chez des espèces qui adoptent des attitudes de protection parentale vis-à-vis de leur progéniture. C'est le cas, par exemple, de l'apogon (*Apogon imberbis*) chez qui la reproduction se fait par accouplement et la fécondation des œufs se fait en interne. Lorsque la femelle pond ses œufs, ces derniers sont rapidement pris en charge par le mâle qui couve ces œufs dans sa bouche pendant 5 à 7 jours (Fig. 3), les recrachant régulièrement pour les nettoyer et les oxygéner. Les larves font un court séjour planctonique puis se métamorphosent dans des cavités habitées par des adultes. Un autre exemple est celui des hippocampes et des syngnathes, avec une forme de viviparité assurée par les pères.



Fig 3. Un apogon mâle de face avec ses œufs dans la bouche.
En bas, un juvénile d'apogon de 3 cm.

Mais où se cachent-ils donc ?

Les petits fonds rocheux de la frange côtière constituent souvent une zone très propice à l'installation des juvéniles de poissons qui trouvent là des habitats adaptés à leur besoins : abris et nourriture. Chaque espèce a ses exigences, du petit fond de sable grossier et de graviers en pente douce, qui permet aux jeunes sars de s'y confondre jusqu'aux forêts algales de cystoseires pour les labridés. Le microhabitat choisi par chaque espèce est bien précis. Ces nourriceries sont essentielles pour le bon état des stocks d'adultes. Il est important d'en connaître le fonctionnement et de les préserver dans un but de maintien ou de restauration des peuplements adultes de poissons. Actuellement, des projets dont le but est d'aménager de nouveaux habitats favorables aux post-larves voient le jour (projet GIREL labellisé par le Pôle Mer PACA et auquel le GIS Posidonie est associé, Le Diréach *et al.*, 2012).

Pourquoi s'intéresser aux tout jeunes poissons ?

Plusieurs disciplines de l'océanographie s'intéressent aux jeunes poissons, de l'œuf jusqu'à leur arrivée dans la population adulte. En halieutique, le suivi de l'ichtyoplancton peut permettre d'estimer le stock d'individus reproducteurs dans le milieu. En écologie marine côtière, les études s'intéressent plus particulièrement aux micro-habitats des juvéniles ainsi qu'aux conditions du succès du recrutement. En effet, l'apport des jeunes dans la population est l'un des facteurs dont dépend l'état des communautés d'adultes.

Des aires marines protégées aux zones portuaires

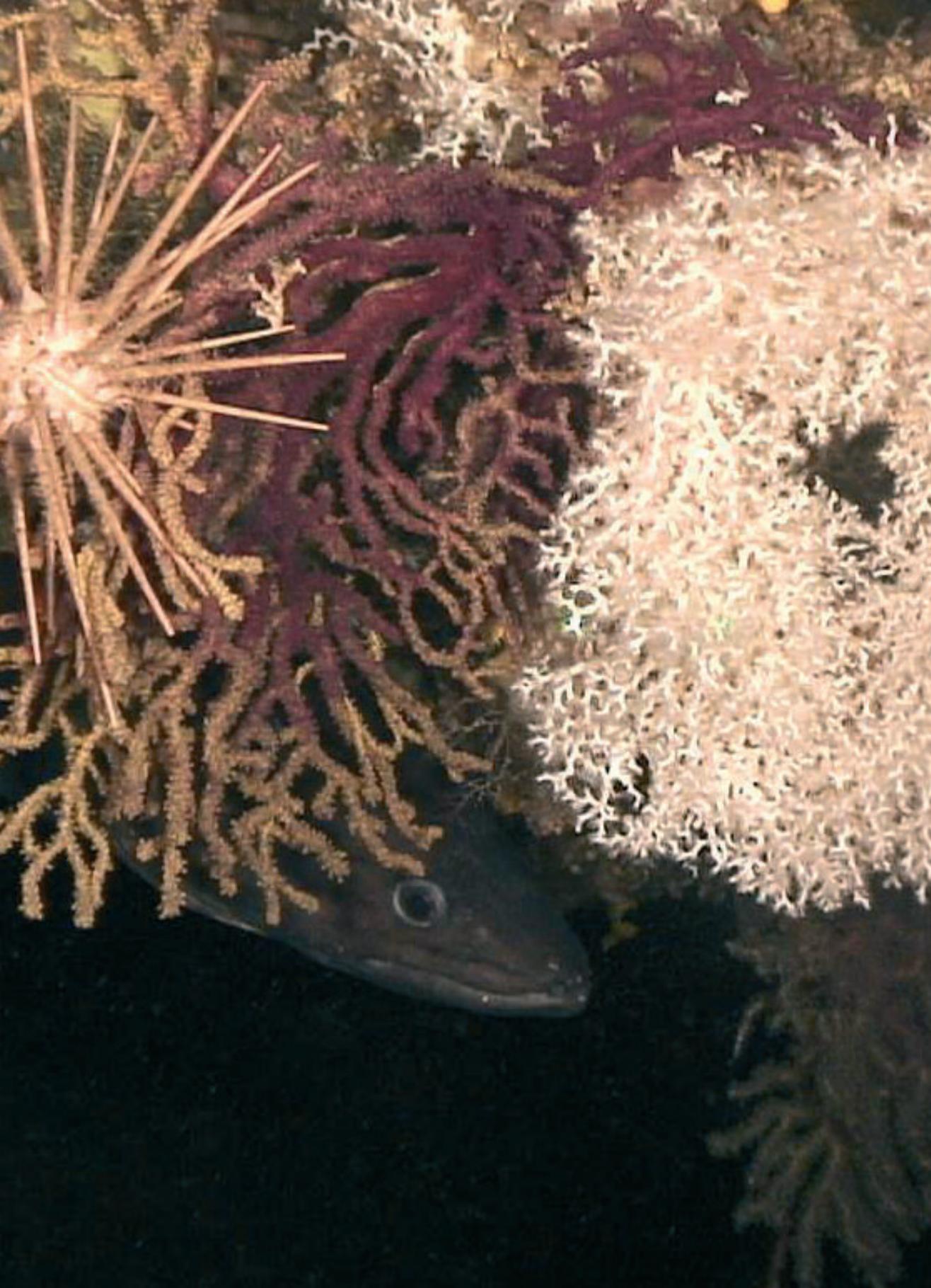
Un des sujets sur lequel le GIS Posidonie s'est très tôt penché est le cycle de vie des poissons et en particulier l'ichtyoplancton et les juvéniles, avec des travaux aussi bien dans des Aires Marines Protégées comme la réserve naturelle de Scandola (Francour & Le Diréach, 1994 ; 2001 ; Le Diréach & Francour, 1998) ou le Parc national de Port Cros (Harmelin & Vigliola, 1998 ; Le Diréach et Francour, 2001 ; Le Diréach, 2006 ; Ruitton *et al.*, 2009) que dans les zones portuaires (Figure 4 ; Le Diréach *et al.*, 2010 et 2012). Paradoxalement, le contexte favorable des AMP vis-à-vis des peuplements d'adultes ne se retrouve pas forcément au niveau du recrutement des juvéniles de poissons. L'effet réserve positif pour la production d'ichtyoplancton permet d'exporter en quantité les œufs et les larves de poissons produits par les grands géniteurs des AMP. Avec l'âge, les géniteurs ont généralement des périodes de reproduction plus longues et produisent des œufs

plus nombreux, plus gros, donnant des larves dont la viabilité est meilleure ; c'est le phénomène connu sous le nom de 'maternal effect'. En revanche, l'arrivée des juvéniles et le recrutement ne sont pas forcément plus importants dans les AMP qu'en dehors. C'est ce que l'on constate pour le sar commun (*Diplodus sargus*) dans le Parc national de Port-Cros au niveau des habitats où cette espèce est normalement bien présente (Harmelin et Vigliola, 1998 ; Ruitton *et al.*, 2009). Dans ce cas, le contexte insulaire est certainement à l'origine du faible apport en ichtyoplancton auquel on peut ajouter un effet 'filtre' de l'île du Levant, dont les sites de recrutement pourraient capter en amont une grande partie des larves apportées par le courant Nord. Dans d'autres AMPs comme la réserve naturelle de Scandola, le recrutement de plusieurs espèces comme les crénilabres (*Symphodus spp.*) ou les sparillaons (*Diplodus annularis* ; Francour et Le Diréach 1994 ; 2001 ; Le Diréach et Francour, 1998) est important en raison de la qualité exceptionnelle des habitats, respectivement les forêts de *Cystoseira spp.* et l'herbier de posidonies. Le contexte portuaire est assez particulier. Ce sont des zones généralement polluées, bruyantes et perturbées mais dont le plan d'eau est calme et agit peut-être comme un piège à larves. Aussi, les enceintes portuaires sont-elles particulièrement riches en juvéniles. Durant l'année, on constate l'arrivée successive des espèces de poissons en fonction des saisons (Le Diréach *et al.*, 2010 ; Le Diréach *et al.*, 2012 ; Fig. 4). Ces exemples, dans les AMP et dans les zones portuaires, montrent bien toute la complexité du recrutement des poissons : une juste combinaison entre une multitude de facteurs.

Références

- Francour P., Le Diréach L., 1994. *Recrutement de l'ichtyofaune dans l'herbier superficiel à Posidonia oceanica de la Réserve Naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée nord-occidentale)* - Données préliminaires. Trav. Sc. du Parc nat. Rég. des Res. Nat. de Corse, Fr., 46 : 71-91.
- Francour P., Le Diréach L., 2001. *Analyse spatiale du recrutement des poissons de l'herbier à Posidonia oceanica dans la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée nord-occidentale)*. Contrat Parc naturel Régional de Corse et GIS Posidonie. LEML Publ. Nice, Fr. : 23 p.
- Harmelin J.G., Vigliola L., 1998. *Renouvellement des populations de sars (Diplodus spp.) du Parc national de Port-Cros : évaluation du potentiel*. Contrat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie. Centre d'Océanologie de Marseille et GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 24 p.
- Le Diréach L., 2006. *Echantillonnage préliminaire de l'ichtyoplancton dans les eaux du Parc national de Port-Cros (Var - France)*. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 23 p + annexes.
- Le Diréach L., Francour P., 1998. *Recrutement de Diplodus annularis (Sparidae) dans les herbiers de posidonie de la Réserve Naturelle de Scandola (Corse)*. Trav. Sci. Parc nat. Rég. Corse, Fr, 57 : 42-75.
- Le Diréach L., Francour P., 2001. *Recrutement des poissons dans les herbiers de posidonie de Port-Cros*. Contrat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 40 p.
- Le Diréach L., de Monbrison D., Astruch P., Cantou M., Guilloux L., Bonhomme D., Ruitton S., Fourt M., Martin V., Dufour V., 2010. *Peuplements de poissons et qualité environnementale des ports de plaisance en Méditerranée. Rapport final du programme ECONAUT*. Convention Fondation d'Entreprise TOTAL pour la Biodiversité et la Mer & GIS Posidonie/BRL/Université Montpellier2/CNRS. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 192 p.

- Le Diréach L., Rouanet E., Astruch P., Bonhomme D., Bonhomme P., 2012. *Réalisation de l'état initial pour le pilote ECODIGUES dans le cadre du programme GIREL. Mise en place de pilote ECODIGUES sur les digues portuaires du Grand Port Maritime de Marseille. Rapport de phase 1 sur l'état initial des stations, septembre 2012.* Contrat d'étude EGIS EAU & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 81 p.
- Ruitton S., Harmelin J.G., Harmelin-Vivien M., Le Diréach L., 2009. *Les populations de sars (Diplodus spp.) de l'île du Levant et les apports du recrutement local. Rapport final.* Contrat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 27 p.



L'exploration des canyons sous-marins et des roches profondes de Méditerranée

**PIERRE CHEVALDONNÉ¹, MAÏA FOURT², ADRIEN GOUJARD²
ET THIERRY PÉREZ¹**

¹ INSTITUT MÉDITERRANÉEN DE BIODIVERSITÉ ET D'ÉCOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE (IMBE), STATION MARINE D'ENDOUME, AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
pierre.chevaldonne@imbe.fr ; thierry.perez@imbe.fr

² GIS POSIDONIE, AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ, INSTITUT PYTHÉAS,
CAMPUS DE LUMINY, 13288 MARSEILLE CEDEX 09
maia.fourt@univ-amu.fr ; adrien.goujard@univ-amu.fr



Accident de parcours ?

Canyons sous-marins et roches profondes, voilà qui ne coulait pas de source pour un GIS portant fièrement en guise d'emblème un organisme hautement photosynthétique, la posidonie ! Pourtant, nous allons en voir, de la posidonie et des organismes photosynthétiques, au cours de cette aventure, et le savoir-faire du GIS Posidonie allait pleinement s'exprimer ! Mais, procédons par ordre.

Connaître pour mieux protéger

En 2008, l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP) doit soudain prendre en considération le milieu profond méditerranéen quand se pose la question de l'extension au large du parc de la Côte Vermeille (aujourd'hui Parc Naturel Marin du golfe du Lion), dans une zone qui comprend la tête du Canyon de Lacaze-Duthiers. Ces canyons sont des zones profondes, souvent rocheuses, abruptes, qui entaillent le plateau continental parfois très près du littoral. A l'époque, cet environnement est l'un des plus mal connus de Méditerranée, trop profond pour les scientifiques adeptes de la plongée en scaphandre, et pas assez profond pour motiver les moyens technologiques des grandes campagnes d'exploration océanographique hauturière. Les pêcheurs, qui exploitent des ressources biologiques de plus en plus profondes, les connaissent bien ces canyons. Ils s'en approchent parfois car la vie y est riche, mais ils y perdent aussi fréquemment leur outil de travail. Parfois, ce sont les industriels qui tirent profit de ces accidents topographiques. C'est le cas par exemple dans le Canyon de Cassidaigne, un endroit discret, loin des regards où l'on déverse opportunément depuis des décennies les résidus du traitement de la bauxite, tristement célèbres sous l'appellation 'boues rouges de Cassis'. Paradoxalement, après le Lacaze-Duthiers, le Canyon de Cassidaigne était aussi envisagé



Fig. 1. Le navire Minibex de la COMEX. Photos P. Chevaldonné, T. Pérez – CNRS.

dans le périmètre d'une AMP, le Parc National des Calanques. Aussi, l'AAMP prend la décision de lancer un programme de campagnes océanographiques ayant pour but d'évaluer les caractéristiques biologiques et écologiques des têtes de canyons de la côte méditerranéenne française, Corse comprise, ainsi que de certaines roches profondes voisines. Aussi ambitieux qu'improbable, ce programme mené tambour battant par Pierre Watremez voyait le jour sous la forme des campagnes MEDSEACAN (2008-2009) et CORSEACAN (2010), et allait révéler au grand jour un patrimoine naturel caché sous 100 à 600 m de mer Méditerranée.

Ces deux campagnes reposent sur un consortium à géométrie variable : l'AAMP organise, la COMEX loue ses moyens (Minibex, ROV Super Achille, sous-marin Rémora 2000 – Fig. 1 et 2), un groupement de scientifiques intéressés s'arrange pour se relayer en fonction des lieux et des disponibilités. Le tout est sujet aux 'aléas de la mer' (météo, essais militaires, pannes...). Etonnamment, cette auto-organisation ne fonctionne pas trop mal, et après les premières semaines de rodage, les missions s'enchaînent dès que la météo le permet. De très nombreuses données sont accumulées, ce qui va rendre cruciale leur constitution en base de données. C'est là qu'intervient le GIS Posidonie qui, fort de son expérience et de ses liens étroits avec la communauté scientifique, obtient alors de s'occuper de la mise en base de données et d'une partie du post-traitement de MEDSEACAN et de CORSEACAN.

Une très grande diversité de contextes

Le principal enseignement de ces campagnes inédites, c'est qu'aucun des sites explorés ne ressemble forcément aux sites voisins. Admettons que certaines heures passées à observer la vase ont paru très longues et monotones, plus encore devant un écran en post-traitement qu'à 600 m de fond dans la sphère acrylique du Rémora. Mais quel contraste entre certains de ces canyons véritablement remplis de vase, et d'autres présentant des abîmes rocheux vertigineux ! La vie est parfois au rendez-vous, mais parfois pas ; des mystères liés à notre grande méconnaissance de la circulation des eaux à cette échelle. Sur ce sujet, deux choses étaient néanmoins connues : un

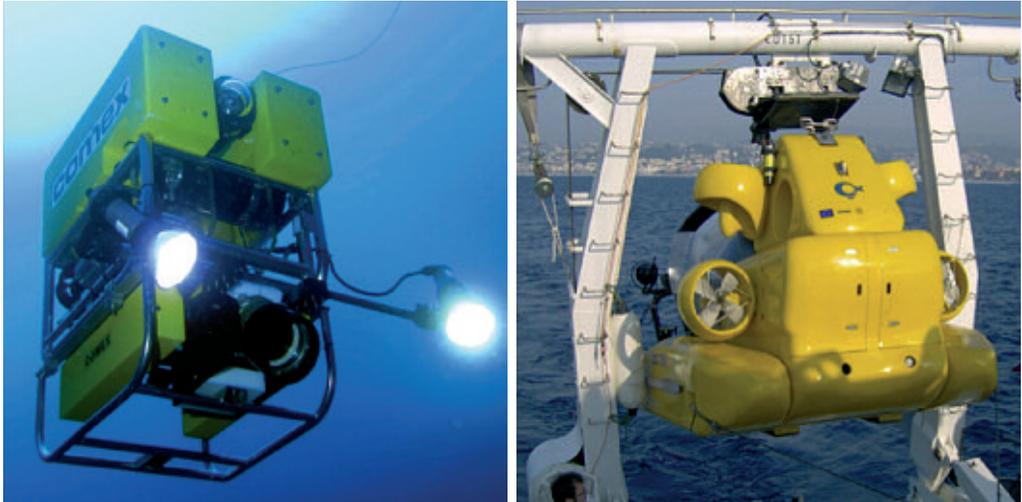


Fig. 2. Les moyens techniques de la COMEX employés pendant les campagnes MEDSEACAN : les deux engins sous-marins, le ROV Super Achille et le sous-marin biplace Rémora 2000 mis en œuvre depuis le Minibex.
Photos P. Chevaldonné, T. Pérez – CNRS.

puissant upwelling fait remonter des eaux profondes au niveau du canyon de Cassidaigne en bordure Est du golfe du Lion, et un puissant phénomène de cascading a lieu au niveau du canyon de Lacaze-Duthiers, en limite ouest de ce golfe. Or, ces zones d'accélération de courant et donc de transport accru de particules nutritives et de propagules, se sont avérées coïncider avec les zones de diversité et de biomasse maximales observées. Ce sont ces deux canyons qui abritent en particulier les plus beaux 'récifs' de *Madrepora oculata* et *Lophelia pertusa*, des scléreactiniaires emblématiques encore appelés 'coraux blancs' ou 'coraux froids', qui créent de véritables oasis de vie. Mais même dans la richesse, les deux canyons sont différents : au Lacaze, la quantité et la taille des colonies des deux espèces sont impressionnantes, mais ce sont pratiquement les seules espèces structurantes qui façonnent ce paysage. A Cassidaigne en revanche, on assiste à la rencontre spectaculaire entre des peuplements de gorgonaires et d'antipathaires transfuges du circalittoral, et les colonies de *Madrepora oculata* venant des profondeurs du bathyal. Deux mondes ont exceptionnellement la possibilité de se côtoyer, dans une bande bathymétrique relativement restreinte, autour de 200 m, et la vie y foisonne, les engins de pêche abandonnés aussi !

La rencontre entre deux mondes

Ce type de rencontre entre deux peuplements est également observé à des niveaux supérieurs, sur des roches profondes isolées ou en tête d'un canyon. Dans cette zone bathymétrique comprise entre 70 et 100 m, l'expression la plus profonde du coralligène se mue en roches du large où l'on observe les ultimes efforts de la photosynthèse. Les plus spectaculaires, beaucoup trop rares, sont déployés par la magnifique *Laminaria rodriguezii*, dont les lames recouvrent les eaux limpides du sommet du banc de Magaud (Fig. 3). Cette 'algue' brune endémique et protégée n'est connue que de très rares stations. Le champ du banc de Magaud est certainement un des plus denses connus. Il est comme une presqu'île entourée de falaises et abîmes profonds, tels le canyon des Stoéchades.

Il fait face à la dérive Nord Méditerranéenne et se trouve généralement balayé par des courants très violents. Ces caractéristiques et les communautés présentes rendent ce site tout à fait unique.

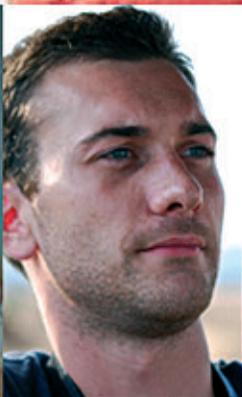
Mais le trait d'union que constituent ces zones intermédiaires entre littoral et profond prend parfois d'autres formes. Les flux ont lieu dans les deux sens : (1) vers le littoral, certaines têtes de canyons, telles celles du golfe du Lion regorgeant de petits merlus, sont visiblement des zones de frayère ou de nourricerie d'importance capitale pour les pêcheries des ports côtiers alentour. Mais dans l'autre sens, (2) vers le profond, un flux de matières très variées dégringole jusqu'au pied de ces pentes abruptes, de manière bien commode. Certaines de ces matières sont naturelles et viennent enrichir l'écosystème profond. On a pu ainsi observer des zones d'accumulation importante de feuilles de posidonies (les voilà donc, ces posidonies profondes !) au large des îles d'Hyères et dans le Canyon de Toulon. D'autres malheureusement marquent durablement les fonds de l'empreinte de l'Homme : accumulations de plastiques, engins de guerre, épaves antiques et modernes, palangres, filets perdus.

Un vaste chantier

Dans les entrailles des 5 téraoctets (du grec ancien **τέρας**, téras, 'monstre') de données enfermées dans des disques durs, un vaste monde bien inoffensif et parfois craintif a été enregistré. L'équipe permanente du GIS Posidonie a eu la chance de pouvoir revivre après coup, en traitant ces données, des instants magiques (Fig. 3) : le reflet des écailles dorées du poisson vipère (*Chauliodus sloani*), l'improbable rencontre avec le majestueux requin gris (*Hexanchus griseus*), l'observation du vol envoutant des chimères (*Chimaera monstrosa*), la brune chevelure du banc de Magaud ondulant dans le courant. Si aujourd'hui, la phase d'exploration s'est terminée, momentanément seulement, la fenêtre entre-ouverte a créé des vocations. Pour les entretenir, le GIS a façonné un dispositif qui facilite à la fois le traitement des plus de 320 kilomètres de transects vidéo, des près de 15 000 photos et qui offre un accès simplifié à ce trésor de données. Ça n'était pas chose aisée, mais c'était pourtant une étape indispensable pour faciliter l'identification des espèces, analyser les informations emmagasinées et contribuer à mieux comprendre ces mystérieux canyons. Au fur et à mesure du traitement des vidéos, avec l'aide de nombreux scientifiques, ce petit monde du silence devenait familier, comme un nouveau membre du GIS Posidonie. L'association entre ces données de campagnes, la contribution du réseau de scientifiques impliqués et du système d'information (base de données et cartographie interactive) puissant, mis au point au GIS, permet en effet de survoler littéralement ces milieux comme jamais auparavant. Cet outil sert déjà de référence. Il est surtout le point de départ, sans aucun doute, de décennies d'analyses et de recherches sur ces milieux mal connus.



Fig. 3. De gauche à droite et de haut en bas, des espèces rencontrées lors des campagnes MEDSEACAN : *Anthias anthias*, *Laminaria rodriguezii*, *Chimaera monstrosa*, *Chauliodus sloani*, *Madrepora oculata*, *Muraena helena* autour d'une *Poecillastra compressa*, *Scorpaena elongata*, *Dendrophyllia cornigera*, *Lepidopus caudatus*, *Paromola cuvieri*, *Palinurus mauritanicus*, *Lophius piscatorius*, *Etmopterus spinax*, *Octopus salutii*. Photos AAMP.



Panorama historique des ressources humaines du GIS Posidonie : capital social et aventures humaines

VINCENT GRAVEZ ¹ ET LAURENCE LE DIRÉACH ²

¹ FUNDACIÓN FUTURO LATINOAMERICANO (ONG - EQUATEUR) - vincent.gravez@ffla.net

² GIS POSIDONIE, AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ, INSTITUT PYTHÉAS,
CAMPUS DE LUMINY, 13288 MARSEILLE CEDEX 09
laurence.ledireach@univ-amu.fr



Préambule

Une analyse approximative du registre des ressources humaines du GIS Posidonie est le prétexte à un bref essai sur l'expérience humaine, personnelle et professionnelle, au GIS Posidonie.

La rigueur de la méthode scientifique ne permet pas de rendre compte d'une autre réalité, sur laquelle est pourtant fondée la production des laboratoires, celle constituée par les expériences et les relations humaines. Avant de lever une part de voile de cette autre réalité et sa signification pour le GIS Posidonie, il nous a paru opportun de commencer par un résumé de l'expérience de l'un de nous. Elle sera le prétexte à une analyse rapide des ressources humaines au GIS Posidonie.

1986, fraîchement diplômé d'un CAP d'artisan coupeur-fourreur, un peu rebelle à l'autorité militaire de mon pays (trace de ma culture rock des années 1980), j'ai initié le long pèlerinage péremptoire de l'objection de conscience au GIS Posidonie¹². Je me souviendrai toujours de ma première entrée au Laboratoire d'Ecologie du Benthos de la Faculté de Luminy¹³, où, pour mon premier entretien avec le Président du GIS Posidonie, je toquais, dubitatif, à cette porte de laboratoire littéralement courbée par les riffs d'un rock-métal assourdissant. Charles-François Boudouresque, le GIS Posidonie, la biologie marine et beaucoup d'autres choses

¹² Pour les plus jeunes, le service militaire était obligatoire jusqu'en 2001. Les conscrits qui ne désiraient pas faire un service militaire réalisaient un service civil du double de la durée légale dans une organisation agréée de la société civile (association, services de l'Etat).

¹³ Aujourd'hui, le GIS Posidonie est sous convention avec Aix Marseille Université, son siège et son équipe permanente sont hébergés au sein de l'Institut Pythéas, dans les locaux de l'Unité Mixte de Recherche MIO sur le Campus de Luminy, à Marseille.

et personnages sont alors entrés dans ma vie, début d'une incroyable histoire de développement personnel et professionnel. Mon point de départ : une éducation formelle arrêtée à 16 ans, un diplôme d'artisan en poche à 18 ans. S'en est suivie une carrière de 16 ans au GIS Posidonie (technicien-plongeur puis coordinateur de projets), qui m'a propulsé en Equateur où je vis aujourd'hui depuis 12 ans (dont 7 au Galápagos), un DESS et un diplôme de management pour bagage, 'facilitador' de dialogues pour la bonne gouvernance des aires marines protégées et côtières, membre des groupes d'experts dans les commissions de l'UICN sur la gouvernance des ressources naturelles, 'instructor' dans le cadre de cours sur la gouvernance des aires protégées en Amérique latine et Amérique Centrale etc. Un parcours inespéré, qui n'aurait pas été possible sans la mécanique, la mystique, la créativité propre au GIS Posidonie.

Cette période passée au sein du GIS Posidonie a été pour moi une rencontre avec le monde universitaire, celui de la méthode et de la rigueur, de la référence bibliographique, de la construction conceptuelle ; d'heures de plongées et de collecte de données, de nuits sans aubes à terminer un rapport en retard ; d'heures à corriger un texte, une analyse, côte-à-côte avec Charles-François, à traits sûrs de son feutre rouge, patiemment, comme on accorde une guitare. Ce temps de travail et d'apprentissage a coïncidé avec une évolution incroyable des outils de travail : l'arrivée du premier ordinateur PC (Personal Computer), qui remplaça 'Mlle Jeanne'¹⁴, l'imposant processeur de texte IBM et son imprimante à 'marguerite', le premier fax - premier pas dans un monde qui a incroyablement accéléré son rythme de production et de diffusion d'information¹⁵. Nous avons vécu d'homériques batailles aux côtés d'Alexandre Meinesz et de son laboratoire à Nice (appuyé par de nombreuses troupes), sur le front de la caulerpe, après celles moins épiques de la protection des posidonies et des espèces en Méditerranée. Et tant d'autres fronts, tant d'autres anecdotes. Le GIS Posidonie compte aujourd'hui une Direction assurée par les 12 membres de son Conseil Scientifique et d'Administration et les décisions de son assemblée générale représentative de la centaine de ses membres. Il dénombre une équipe permanente de 6 personnes (dont 1 comptable), en moyenne 2 stagiaires et un roulement d'une quarantaine de projets par an. Ce rythme de fonctionnement s'est installé il y a un certain nombre d'années et semble convenir pour assurer la mission de soutien à la recherche universitaire, de connaissance, de formation et de sensibilisation dictée par ses statuts. L'originalité de la structure est qu'elle fonctionne avec quelques piliers qui assurent la transmission du savoir-faire et d'un certain état d'esprit du GIS Posidonie et des ressources humaines, qui se forment et se renouvèlent en permanence depuis plus de trente ans. Conserver, outre les données de références acquises dans le milieu, la mémoire de son histoire et de son fonctionnement sur de longues périodes est sûrement un signe de la solidité de l'organisation. L'analyse rapide de 26 années des ressources humaines du GIS Posidonie fournit un panorama instructif sur son potentiel impact au niveau personnel et organisationnel. Durant la période 1986-2013, un total de 107 personnes ont été employées par le GIS Posidonie, soit une moyenne de 3,9 employés par an. Le nombre de mois total (employé-mois) totalise 2 333 mois, soit 195 années d'emploi. La proportion de femmes est de 44% en relatif équilibre avec le pourcentage d'hommes. Parmi les 107 personnes employées, 11 sont restés employées de 1 à 3 ans, 6 de 3 à 5 ans, 6 de 5 à 10 ans et 6 membres de l'équipe permanente sont restés plus de 10 ans (Fig. 1).

¹⁴ La machine à traitement de texte du laboratoire avait été baptisée du prénom de l'amoureuse de Gaston Lagaffe : Mlle Jeanne, dans la bande dessinée de Frankin, dont quelques exemplaires sont toujours au 6^{ème} étage à Luminy.

¹⁵ Selon le MIT le volume d'information digitale produite et stockée a été multiplié par 20 entre 2007 et 2011

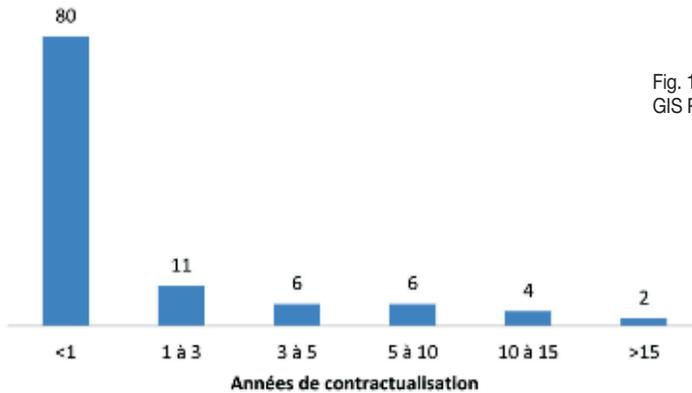


Fig. 1. Durée d'emploi du personnel au GIS Posidonie (période 1986 à 2013).

Sur une durée de 16 ans (1984-2000), un total de 48 objecteurs de conscience, soit une moyenne de 3 par an) sont venus prêter leurs services au GIS Posidonie, autant à Marseille, qu'à Nice et ont réalisé un service d'une durée moyenne de 17 mois.

Durant les 12 dernières années (2002-2013), un total de 47 stagiaires pour la plupart de licence ou de Master ont été formés en participant aux activités du GIS Posidonie, soit 4 stagiaires par an en moyenne.

Selon ces données, les forces vives du GIS Posidonie en termes de ressources humaines salariées ou étudiantes ont été constituées en moyenne d'une équipe de 11 personnes (4 salariés, 3 objecteurs de conscience et de 4 stagiaires), en plus de son Conseil Scientifique et d'Administration, de ses membres scientifiques appartenant aux laboratoires méditerranéens et de ses membres gestionnaires de l'environnement marin. L'ensemble de ces personnes ont travaillé avec des organisations, des instituts, et des bureaux d'études partenaires dans le cadre de projets scientifiques et de sensibilisation. Le GIS Posidonie a donc bien constitué un lien transversal entre les laboratoires et les instituts, entre le monde de la recherche et celui de la gestion de l'environnement marin.

Le profond impact personnel et professionnel du témoignage cité en introduction, constitue-t-il une exception ? Le capital social créé est-il éphémère ou bien consolidé et permet-il la résilience et l'apprentissage ?

Sur la base des registres de 1986 à 2013, l'équipe actuelle du GIS Posidonie est restée en contact ou peut rendre compte de la situation professionnelle actuelle pour 44% de ses ex-employés. La majorité (43%) ont intégré le domaine de la recherche ou de l'enseignement supérieur, suivis par 23%, qui ont pris des responsabilités dans les aires protégées ou la fonction publique (17%). Peu (8%) ont abordé des carrières dans le privé (e.g. bureau d'étude) ou les ONG (8%) (Fig. 2).

À travers ces chiffres, le rôle du GIS Posidonie comme espace de formation supérieure et de tremplin vers le domaine académique est évident, il est donc fidèle à ses statuts de 2006 '*soutien à l'enseignement universitaire et à la recherche publique*'. C'est probablement un des aspects les plus originaux du GIS Posidonie en tant qu'organisation de la société civile. Le fait que plus des trois quarts de ses ex-employés, objecteurs ou stagiaires soient encore dans le rayon d'action de l'organisation est également un signe que le GIS Posidonie, par son parcours historique et son modèle de gestion des ressources humaines, tend à consolider son capital social, donc son réseau, ce qui lui permet de diffuser la connaissance, de mieux répondre aux besoins d'information des

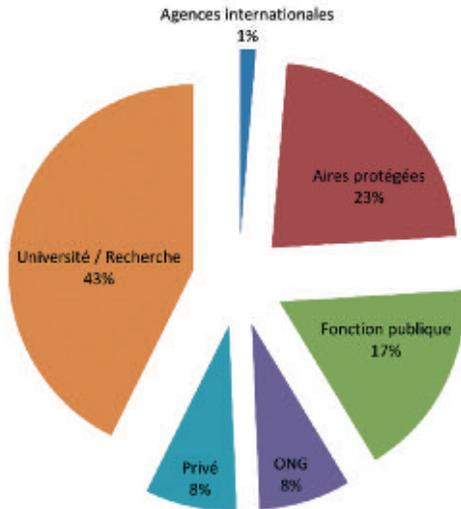


Fig. 2. Orientation professionnelle des employés et ex-employés du GIS Posidonie (période 1986-2013).

gestionnaires et donc globalement d'être effectivement un maillon d'échange entre le monde scientifique/académique et les services de l'Etat et les collectivités, la société, le secteur privé.

Qualitativement, l'impact profond de 'l'expérience GIS Posidonie' au niveau individuel et 'culturel' est important. Les témoignages et les histoires des parcours personnels liés au GIS Posidonie sont nombreux. Plusieurs objecteurs de conscience et salariés ont bénéficié du GIS Posidonie comme tremplin vers un premier emploi, ce qui se reflète dans l'analyse du registre du personnel. Parmi les employés de plus longue durée du groupement, 4 sont, de fait, d'ex-objecteurs de conscience. A l'histoire institutionnelle se superpose une succession de récits liés aux missions de collecte de données, aventures ordinaires de gens de mer, expériences originales, 'galères' de terrain, aléas des voyages, belles et moins belles rencontres humaines, histoires de cœur, aussi. Le GIS Posidonie peut s'enorgueillir d'être demeuré à travers le temps et les compétences de son personnel une équipe 'de terrain', une équipe de plongeurs ne comptabilisant plus les années passées en mer et en particulier sous l'eau, en Méditerranée. De l'aventure quotidienne des missions à courte durée, aux missions de une à deux semaines dans les aires marines protégées (Port-Cros, Scandola, Bonifacio, Côte Bleue, Banyuls en France, mais aussi Elba, Ustica en Italie, Médès, Cabo de Palos, Tabarca, Cabrera en Espagne), des missions de longue durée à l'étranger (Zembra, Ichkeul - Tunisie, Banc d'Arguin - Mauritanie) ou des missions embarquées (IFREMER, Greenpeace, COMEX), nombreuses sont les aventures personnelles hors du commun. Toutes ont été valorisées par des rapports, des cartes, des milliers de photos et des publications, qui ne pourront jamais pleinement rendre compte de toutes leurs dimensions humaines.



Vincent Gravez et Laurence Le Diréach

Liste des ouvrages édités par le GIS Posidonie

- 1983 First International workshop on *Posidonia oceanica* beds.** Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J., eds., 1984. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 454 p. ISBN : 2-905540-00-1.
- 1986 Le benthos marin de l'île de Zembra (Parc National de Zembra, Tunisie).** Boudouresque C.F., Harmelin J.G., Jeudy de Grissac A., 1986. United Nations Environnement Programme, International Union for the Conservation of Nature, Régional Activity Center for Specially Protected Areas. GIS Posidonie, Marseille, Fr. 41 p. ISBN : 2-905540-06-0.
- 1987 Checklist of the benthic marine algae of Corsica.** Boudouresque C.F., Perret-Boudouresque M., 1987. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 121 p. ISBN : 2-905540-08-7.
- 1987 Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles à Carry le Rouet.** Boudouresque C.F., GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 433 p. ISBN : 2-905540-11-7.
- 1987 Etude de l'évolution du statut du phoque moine en Tunisie et dans l'archipel de la Galite.** Proposition pour une gestion régionale. Marchessaux D. 1988. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 33 p. ISBN: 2-905540-07-9.
- 1987 Faune et flore du Parc national du Banc d'Arguin, République Islamique de Mauritanie.** Boudouresque C.F., Canrodon P., Kane M., Marchessaux D., 1987. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 46 p. ISBN : 2-905540-10-9.
- 1988 Le phoque moine sur le littoral atlantique du royaume du Maroc.** Marchessaux D., Aouab T., 1988. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr., 29 p. ISBN : 2-905540-12-5.
- 1988 Nouvelles données sur le statut du phoque moine, *Monachus monachus* dans la région de Oran (Algérie).** Boudouresque C.F., Lefevre J.R., 1988. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 29 p. ISBN : 2-905540-09-5.
- 1989 Inventaire des algues marines benthique d'Algérie.** Perret-Boudouresque M., Seridi H., 1989. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 117 p. ISBN : 2-905540-14-1.
- 1989 Recherches sur la biologie, l'écologie et le statut du phoque moine *Monachus monachus*.** Marchessaux D. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.1-280 p. ISBN-2-905540-13-3.
- 1989 The second International Workshop on *Posidonia beds*.** Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V., 1989. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 322 p. ISBN : 2-905540-15-X.

- 1991 Les espèces marines à protéger en Méditerranée.** Les deuxièmes rencontres scientifiques de la Côte Bleue. Boudouresque C.F., Avon M. Gravez V., eds., 1991. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 448 p. ISBN : 2-905540-16-8.
- 1993 Cartographie de l'herbier de Posidonie et des fonds marins environnants de Toulon à Hyères (Var). Reconnaissance par sonar latéral et photographie aérienne. Notice de présentation.** Paillard M., Gravez V., P. Clabaut, P. Walker, J.J. Blanc, C.F. Boudouresque, T. Belsher, F. Urscheler, F. Poydenot, J.M. Sinnassamy, C. Augris, J.P. Peyronnet, M. Kessler, J.M. Augustin, E. Le Drezen, C. Prudhomme, J.M. Raillard, G. Pergent, A. Hoareau & E. Charbonnel, 1993. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Conseil Régional PACA, IFREMER & GIS Posidonie. GIS Posidonie publ., Marseille Fr. 36 p. + 3 cartes annexes. ISBN : 2-905540-17-6.
- 1993 Qualité du milieu marin : Indicateurs biologiques et physico-chimiques.** Boudouresque C.F., Avon M., Pergent-Martini C., eds., 1993. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 296 p. ISBN : 2-905540-18-4.
- 1994 First international Workshop on *Caulerpa taxifolia*.** Nice, France, 17-18 janvier 1994. Programme LIFE DGXI 'Expansion de l'algue verte tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée'. Boudouresque C.F., Meinesz A., Gravez V., eds., 1994. GIS Posidonie publ., Nice, Fr. 392 p. ISBN : 2-905540-19-2.
- 1995 Une approche moderne du monde végétal.** Boudouresque C.F., Gomez A., 1995. GIS Posidonie, Marseille, Fr. 207 p. ISBN : 2-905540-20-6.
- 1996 Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*.** Barcelona, Spain, 15-17 december 1996. Research program ECC-DG XI-LIFE "Spreading of the tropical seaweed *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean". Ribera A, Ballesteros E., Boudouresque C.F., Gomez A., Gravez V., 1996. Universidad de Barcelona publ., Barcelona, Sp. 1-457 p.
- 1996 Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée.** Boudouresque C.F., 1996. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 243 p. ISBN : 2-905540-21-4.
- 1998 National and international legislation and conventions dealing with the introduction of exotic species, with special attention to *Caulerpa taxifolia*. Second edition.** 1998, GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 30 p.
- 1999 Scientific papers and documents dealing with the alga *Caulerpa taxifolia* introduced to the Mediterranean.** Eleventh edition. Boudouresque C.F. et al., 1999, GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 74 p.
- 1998 Third International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Marseille, France, 19-20 septembre 1997. Research program ECC-DG XI-LIFE 'Control of the spread of *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean sea'.** Boudouresque C.F., Gravez V., Meinesz A., Palluy F., eds., 1998. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 270 p. ISBN : 2-905540-23-0.

- 2000 Introductory guide to methods for selected ecological studies in marine reserves. Programme MAST - ECOMARE.** Goñi R., Harmelin-Vivien M., Badalamenti F., Le Diréach L., Bernard G., 2000. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 112 p. ISBN : 2-905540-24-9.
- 2001 *Caulerpa taxifolia* : éléments de synthèse.** Gravez V., Bernard G., Boudouresque, Meinesz, Cottalorda, de Vaugela J., 2001. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 32 p. ISBN : 2-905540-25-7.
- 2001 *Caulerpa taxifolia* : l'expansion d'une algue tropicale en Méditerranée.** Conséquence pour l'environnement de les activités humaines. Gravez V, Boudouresque C.F, Meinesz A, Verlaque M., Cottalorda J.M, Guitton L., Bernard G., Escoffier B., Bonhomme P., 2001. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 25 p. ISBN : 2-905540-26-5.
- 2001 Fourth International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Research program ECC-DG XI-LIFE 95/F/A31/EPT/782 'Control of the spread of *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean sea'.** Gravez V, Ruitton S., Boudouresque C.F., Le Diréach L., Meinesz A., Scabbia G., Verlaque M., eds., 2001. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 406 p. ISBN : 2-905540-27-3.
- 2001 Les espèces introduites et invasives en milieu marin. Première édition** Boudouresque C.F., 2001. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 88 p. ISBN : 2-905540-28-1.
- 2001 Les espèces introduites et invasives en milieu marin. Deuxième édition.** Boudouresque C.F., 2001. GIS Posidonie publ., Fr. 152 p. ISBN : 2-905540-29-X.
- 2002 Scientific papers and documents dealing with the alga *Caulerpa taxifolia* introduced to the Mediterranean. Thorteenth edition.** Boudouresque C.F., Le Diréach L., Monin M. Meinesz A., 2002. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 85 p.
- 2006 Préservation et conservation de l'herbier à *Posidonia oceanica*.** Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., eds., 2006. Accord RAMOGE, Monaco et GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 202 p. ISBN : 2-905540-30-3.
- 2008 Tutela e conservazione delle praterie di *Posidonia oceanica*.** Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2008. Ramoge, RAC/SPA, GIS Posidonie publ. Marseille, Fr. 202 p. ISBN : 2-905540-30-3.
- 2012 Invasión et tranfert biologiques, avec une attention spéciale au milieu marin.** Boudouresque C.F., 2012. ISBN2-905540-32-X.
- 2012 Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadows.** Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2008. RAC/SPA & GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. 202 p. ISBN : 2-905540-31-1

Liste non exhaustive des personnels salariés, objecteurs de conscience et stagiaires longue durée ayant travaillé au GIS Posidonie

Tout d'abord, que ceux qui, par erreur, auraient été oubliés nous pardonnent. Pour les personnes qui ont fait plusieurs stages ou séjours au GIS Posidonie en tant qu'étudiant, objecteur de conscience ou salarié, la date d'arrivée la plus ancienne a été sélectionnée. Les noms écrits en 'gras' correspondent aux personnes qui ont fait partie de l'équipe 'permanente' du GIS Posidonie.

Abellard	Olivier	15/09/1994	Cancemi	Luigi	15/02/2002
Abiven	Thomas	10/03/2004	Capoulade	Marie	01/10/2003
Agreil	Magali	01/10/2003	Carvalho	Nelson	04/06/1996
Angles d'Ortoli	Nicolas	24/10/2001	Casalta	Bérangère	22/01/2007
Antonioli	Paul Arthur	07/08/2009	Cassar	Nicolas	01/12/1997
Astier	Geneviève	08/11/2004	Charbonnel	Eric	01/07/1987
Astruch	Patrick	18/12/2006	Charrier	Stéphan	15/07/1994
Audoly	Gilles	27/01/1984	Chavoïn	Olivier	01/08/1997
Azzolina	Jean-François	01/01/1988	Commeau	Thierry	15/11/1994
Bardy	Benoît	30/06/1988	Coquillard	Yann	16/11/1998
Barth	Coralie	08/05/2006	Cresson	Pierre	02/11/2009
Bechagra	Abdelaziz	03/04/2007	Cuny	Philippe	04/10/1993
Bein	Aymeric	16/01/2012	de Saint Martin	Thibault	03/10/2011
Bellier	Edwige	2004	de Villèle	Xavier	01/08/1992
Bellone	Eric	21/11/1988	Defosse	Anne	01/04/1994
Benichou	Laurent	11/12/1991	Dehorter	Olivier	01/07/1993
Bernard	Guillaume	16/01/1996	Delahaye	Laurent	17/01/1994
Blachier	Jérôme	26/11/1992	Delaunay	Audrey	01/04/2003
Boissery	Pierre	01/03/1992	Delhomel	Eliette Sozic	17/05/1993
Bonacorsi	Marina	01/10/2011	Di Cecca	Pascal	06/01/1987
Bonhomme	Denis	06/06/2005	Di Santo	Fabrice	16/06/1986
Bonhomme	Patrick	26/01/1996	Diméglio	Tristan	22/02/2010
Bonnard	Marianne	01/09/2008	Divetaïn	Nicolas	15/07/1998
Bonnin	Arnaud	01/07/1995	Donato	Marco	18/06/2007
Bouaïcha	Nourredine	01/05/1993	Doré	Antony	24/04/2006
Bouladier	Eric	24/12/1987	du Boullay	Thomas	12/12/2005
Bourgeois	Solveig	01/12/2011	Dubois	Maude	02/11/2009
Boutin	Claude	01/04/1992	Dumay	Olivier	01/11/1998
Braun	Michaël	16/07/1996	Durand	Christine	16/03/1999
Bricout	Romain	07/02/2009	Escoffier	Bruno	15/05/2000
Burtaire	Laurent	21/07/1997	Espervie	Jean-Marie	04/04/2005
Cadiou	Gwenaël	15/11/1999	Fernandez	Catherine	01/07/1992

Ferrat	Lila	01/11/1998	Marengo	Michel	01/09/2011
Fournier	Simone	21/10/1992	Mari	Xavier	24/06/1991
Fourt	Maïa	01/09/2008	Martin	Vincent	17/03/2008
Frachon	Noemie	01/04/2011	Mayot	Nicolas	03/09/2007
Franch	Anthony	08/02/2006	Merino-Garcia	Ilsa	11/07/2005
Francour	Patrice	01/11/1987	Mesguiche	Véronique	01/01/1994
Ganteaume	Anne	15/11/2003	Michault	Cyril	21/07/1997
Garcia	Fabrice	13/06/1994	Mimault	Benoît	16/05/2005
Garcia	Daniel	20/07/1998	Molenaar	Heike	01/07/1998
Garin	Stéphane	01/03/1995	Monin	Marie	02/07/2002
Gerbal	Maryse	01/02/1994	Morales-Lafond	Rocio	01/11/1994
Gilleta	Laurent	01/01/2000	Mouttaki	Mounir	18/09/2000
Ginesy	Serge	17/09/1997	Musard	Olivier	01/08/1998
Glatz	Nicolas	01/03/2001	Nieri	Michel	01/12/1990
Gonzales Anadon	Gema	01/01/1995	Oblin	Hélène	03/04/2006
Goujard	Adrien	01/03/2010	Ody	Denis	01/04/1998
Gratiot	Julien	16/03/2006	O'Leary	Ciara	16/04/2003
Gravel	Renée	02/04/2007	Ollier	Cora	01/03/2009
Gravez	Vincent	29/11/1985	Ourgaud	Mélanie	20/06/2011
Guérin	Benoît	01/04/2003	Pacchiardi	Sébastien	02/07/2002
Gueroult-Bellone	Anouck	31/01/2005	Palluy	Frédéric	18/03/1997
Guettaf	Mourad	01/09/1995	Pasqualini	Vanina	01/12/1994
Guilloux	Loic	01/03/2009	Passafiume	Ornella	02/07/2007
Hesse	Bruno	28/05/1990	Passeron-Seitre	Gilles	16/11/1995
Jacob	Céline	01/10/2012	Pedrotti	Maria-Luiza	15/04/1991
Jacquin	Marine	01/03/2013	Perez	Yann	01/10/2005
Jaffrenou	Frédéric	15/11/1994	Pergent	Gérard	01/10/1987
Javel	Fabrice	15/09/2000	Pergent-Martini	Christine	01/04/1989
Joncheray	Laleh	01/12/1994	Pinoteau	Yann	01/12/1993
Kawahara	Ken	01/04/2003	Poydenot	Frédéric	01/02/1993
Koben	Marion	10/01/2005	Raimondino	Valérie	01/07/1989
Köch	Barbara	04/05/2009	Remonnay	Lionel	15/07/1994
Lafabrie	Céline	01/07/2003	Renon	Sébastien	15/11/1996
Laurent	Luc	01/11/1989	Rippert	Sébastien	15/03/1993
Le Diréach	Laurence	01/06/1991	Robert	Guy	01/09/1987
Le Diréach	Quentin	11/06/2007	Rogeau	Etienne	02/06/2009
Lemée	Rodolphe	15/11/1992	Rollin	Pierre	31/12/1986
Lenormand	Guillaume	03/05/1993	Rouanet	Elodie	01/08/2011
Leonardini	Roselyne	14/01/2008	Roubaud	Vincent	01/04/2010
Leoni	Vanina	16/08/2005	Roy	David	09/03/1999
Lescure	Lyvia	11/02/2013	Ruitton	Sandrine	01/07/1995
Liger	Pablo	16/05/2012	Salivas Decaux	Mayliss	20/02/2006
Lohr	Eric	02/05/1988	San Martin	Gustavo	01/03/1995
Macaux	Serge	16/07/1987	Sartoretto	Stéphane	01/02/1991
Marchadour	Michel	05/12/1984	Schohn	Thomas	05/03/2012

Schopps	Sébastien	02/11/1998
Schrimm	Muriel	01/10/2004
Seigneur	Eléonore	03/01/2005
Semroud	Rachid	01/07/1990
Sinnassamy	Jean-Marc	27/11/1989
Sloeck	Olivier	12/11/1991
Soler	Lucie	01/07/2008
Soltan	Dounia	01/07/1994
Sorais	Pierre	17/11/1998
Suzini	Marie-Lucie	11/09/2007
Taieb	Nadira	01/12/1993
Teissier	Olivier	01/03/2003
Thibaut	Thierry	16/07/1996
Trinkl	Béatrice	01/07/1986
Urscheler	Frédéric	20/12/1990
Valesi	Gabrielle	17/09/2012
Vaudescal	Julia	28/06/2004
Vela	Alexandre	01/10/2001
Vo Van	Mickaël	03/04/2007
Vuignier	Gérard	16/12/1987
Wafa Birje	Jamila	24/09/1993
Willsie	Delphine	au début.

Légendes des photos en tête des articles :

- p. 6 – Faisceaux de posidonie (*Posidonia oceanica*) sur roche à Montrémian (Parc national de Port-Cros)
- p.14 – Faisceaux de posidonie (*P. oceanica*) dans l'herbier de Porquerolles Montrémian (Parc national de Port-Cros)
- p. 22 – Herbier de posidonie (*P. oceanica*) au Parc national de Port-Cros
- p. 24 – Plongeur équipé d'un quadrat pour mesurer les densités de faisceaux dans l'herbier de posidonie (*P. oceanica*)
- p. 30 – Herbier de posidonie et banc de saupes (*Sarpa salpa*) au loin à l'est de l'île de Bagaud (Parc national de Port-Cros)
- p. 36 – Une lumière dans les habitats de l'ombre : les colonies de *Parazoanthus axinellae*
- p. 42 – L'oursin *Centrostephanus longispinus*
- p. 46 – Vague en bord de mer à Cassis
- p. 52 – Récif artificiel de la baie de la Palud à Port-Cros
- p. 58 – Fleur de posidonie (*P. oceanica*)
- p. 63 – Herbier à Bagaud (Parc national de Port-Cros)
- p. 64 – Cystoseires
- p. 68 – Relief et couleurs caractéristiques des rochers de schiste à Port-Cros
- p. 74 – Macrophytes dont *Cystoseira funkii* à la Tour des Lavezzi (Réserve des Bouches de Bonifacio - Corse)
- p. 83 – Mérrou *Epinephelus marginatus* à Port-Cros
- p. 84 – Fonds coralligènes à Port-Cros
- p. 92 – Herbier de zostères (*Zostera noltii*) dans l'étang de Berre
- p. 97 – Vue de l'étang de Berre, une lagune méditerranéenne particulière bordée d'installations industrielles
- p. 98 – Embarquement sur le bateau d'Alain Huguet, pêcheur professionnel dans la réserve de Scandola (Corse)
- p. 105 – Poissons (*Dentex dentex*, *Pagellus erythrinus*, *Spondyliosoma cantharus*) pêchés autour de la réserve de Scandola (Parc naturel régional de Corse)
- p. 106 – Feuilles mortes de posidonies (*P. oceanica*)
- p. 112 – La 'célèbre' macrophyte vert fluo *Caulerpa taxifolia*
- p. 120 – La lagune de l'Ichkeul (Tunisie)
- p. 126 – Thierry Perez et Pierre Chevaldonné sur le tombant et arrivant sous la contre-jetée de Monaco
- p. 132 – Rassemblement de sars (*Diplodus puntazzo*) à Porquerolles durant une opération de comptage
- p. 136 – Jacques Laborel (à gauche) et Philippe Tailleux (à droite) à Port-Cros, en 1966
- p. 144 – Banc de corbs (*Sciaena umbra*) dans le Parc national de Port-Cros
- p. 150 – Interdiction de baignade à Villefranche-sur-mer
- p. 155 – Fleurs d'eau formées par *Ostreopsis* dans les petits fonds de Ramatuelle
- p. 156 – Juvéniles de sars à museau pointu (*Diplodus puntazzo*) autour d'une pendille au port des Goudes à Marseille
- p. 162 – Coraux blancs (*Madrepora oculata*), oursin crayon (*Cidaris cidaris*), gorgone pourpre (*Paramuricea clavata*) et congre (*Conger conger*) dans le canyon de Cassidaigne
- p. 168 – Portraits de quelques membres de l'équipe permanente du GIS Posidonie

Crédits photographiques

Agence des Aires Marines Protégées : 162
Guillaume Bernard : 95, 96
Aurélié Blanfune : 152, 153, 155
Patrick Bonhomme : 71, 97
Eric Charbonnel : 55bas, 56, 172
Pierre Chevaldonné : 164, 165, 167
Jean-Michel Cottalorda : 117
Patrice Francour : 80
GIS Posidonie : 168
Roland Graille : 126, 129
Jean-Georges Harmelin : couverture, 17, 63, 84, 135, 136
Laurence Le Diréach : 98, 102, 103, 105
Alexandre Meinesz : 137
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable de Tunisie : 120
Mélanie Ourgaud : 46, 100, 101
Panayotis Panotidis : 23
Gérard Pergent : 24, 27, 29, 48
Thierry Pérez : 42, 164, 165, 167
Sandrine Ruitton : 2, 6, 13, 14, 30, 36, 52, 55, 57, 58, 66, 67, 68, 70,
72, 74, 83, 91, 92, 94, 106, 112, 114, 115, 119, 132, 134, 144, 156, 158, 159
Egidio Trenito : 64
Jean Vacelet : 136, 138, 141
Photos X : 21, 45, 76, 108, 147, 148

RÉALISATION & CONCEPTION GRAPHIQUE

Zen - www.zen-studio.com

L'objectif de cet ouvrage est d'évoquer plus de 30 années de recherche appliquée en environnement marin méditerranéen à travers les principaux thèmes auxquels la communauté de scientifiques et de gestionnaires du GIS Posidonie a contribué et collaboré. Ces grands thèmes ont fait l'objet de programmes, de partenariats, de suivis, de missions de terrain pour faire avancer la connaissance et sa diffusion. Plusieurs générations d'étudiants ont été formées en accompagnant et en participant à ces travaux. Des colloques et des ouvrages ont ponctué ces 30 années de travail pour la protection et la gestion de l'environnement marin. Outre les nombreux rapports et publications issus des travaux du GIS Posidonie en partenariat avec les laboratoires méditerranéens, ce sont aussi 30 ans d'aventures humaines et de rencontres maritimes sur l'eau et sous l'eau et une passion partagée pour la Méditerranée.

<http://www.gisposidonie.org>



GIS POSIDONIE

GROUPEMENT D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE POUR L'ENVIRONNEMENT MARIN,
EN PARTICULIER DES POSIDONIES

