LES HERBIERS DE PHANEROGAMES MARINES DE L'OUTRE-MER FRANÇAIS

Écosystèmes associés aux récifs coralliens

Hily C., Duchêne J., Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Gigou A., Payri C., Védie F.



Coordinateurs : Hily C., Gabrié C., Duncombe M.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTERE DE L'INTERIEUR, DE L'OUTRE-MER ET DES COLLECTIVITES TERRITORIALES

IFRECOR

Conservatoire du littoral

Auteurs

Christian Hily et Julie Duchêne,
LEMAR-UMR 6539 CNRS - Institut Universitaire Européen de la Mer/Université de Bretagne Occidentale
Technopôle Brest-Iroise - rue Dumont d'Urville - 29280 Plouzané.
Claude Bouchon et Yolande Bouchon-Navarro,
DYNECAR - Université des Antilles et de la Guyane
Fouillole - BP 250 - 97157 Pointe-à-Pitre.
Claude Payri,
CoReUs - Institut de Recherche pour le Développement de Nouvelle-Calédonie
1, Promenade Roger Laroque - Anse Vata BP A5 - 98848 Nouméa Cedex.
Fabien Védie,
DIREN de la Martinique
4, boulevard de Verdun - 97200 Fort-de-France.
Alexandra Gigou,
Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte
BP 103 - 97600 Mamoudzou.

Avec la collaboration de :
Franck Mazéas (délégué IFRECOR Guadeloupe) : chapitre « Iles de la Guadeloupe-Saint-Martin-Saint-Barthélemy »,
Héloïse Rouze : chapitre « Ile de la Martinique »,
Zoé Glénard (service de gestion des écosystèmes et des milieux naturels des TAAF) : chapitre « Iles Eparses »,
Patrick Frouin (laboratoire ECOMAR, Université de La Réunion) : chapitre « Ile de La Réunion »,
Nathaniel Cornuet (service des ressources et milieux aquatiques - D.D.E.E Province Nord) : chapitre « Nouvelle-Calédonie »,
Emmanuel Couture (service de la mer - Direction de l'Environnement Province Sud) : chapitre « Nouvelle-Calédonie »,
Atoloto Malau (délégué IFRECOR Wallis et Futuna) : chapitre « Wallis et Futuna »,
Annie Aubanel (déléguée IFRECOR Polynésie française) : chapitre « Polynésie française »,

Remerciements

Nombreux sont ceux qui ont apporté leur soutien ou leur contribution à cet ouvrage en recherchant des informations ou bien en nous transmettant des documents, photos ou références et tout particulièrement Bernard Salvat qui a soutenu cette initiative dès le début, Pascal Tallec, Lionel Gardes, etc. Qu'ils en soient tous chaleureusement remerciés.

Cet ouvrage doit être cité comme suit :
Hily C., Duchêne J., Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Gigou A., Payri C., Védie F., 2010. Les herbiers de phanérogames marines de l'outre-mer français. Hily C., Gabrié C., Duncombe M. coord. IFRECOR, Conservatoire du littoral, 140 pp.

Correspondance : christian.hily@univ-brest.fr.

SOMMAIRE

PRESENTATION DE L'ICRI ET DE L'IFRECOR 1

INTRODUCTION 3

CARACTERISTIQUES GENERALES DES HERBIERS DE PHANEROGAMES MARINES 5

Organisation des collectivités 5

- Grands traits physiographiques et économiques 5
- Caractéristiques communes et différences 6

Ecologie des herbiers 6

- Taxonomie 6
- Biogéographie 6
- Traits morphologiques 11
- Reproduction 12
- Grands traits de l'habitat herbier 12

Biodiversité des herbiers 13

- Diversité des phanérogames 13
- Flore et faune associées 13

Intérêt patrimonial, rôle écologique, services écosystémiques rendus .. 16

Interactions fonctionnelles avec les autres écosystèmes : récifs coralliens et mangroves 17

Perturbations, menaces et enjeux de conservation 18

- Aléas naturels 18
- Pressions anthropiques 19
- Enjeux de conservation 23

Recherche scientifique sur les herbiers 24

- Suivis 25
- Diversité des phanérogames 25
- Transplantation/restauration 26
- Augmentation des connaissances et de la reconnaissance par le public 26

Prise en considération des herbiers à l'échelle internationale 26

- Echelle internationale 26
- Echelle communautaire/régionale 27
- Echelle nationale 28
- Mesures de protection indirecte 28

Actions de protection et restauration 30

- Restauration des herbiers 30
- Création des Aires Marines Protégées (AMP) 31
- Action du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres 31

ILES DE LA GUADELOUPE - SAINT-MARTIN - SAINT-BARTHELEMY 33
Le territoire 33
Géographie 33
Population 33
Économie 34
Organisation 34
Enjeux principaux du territoire 35
Ecosystèmes marins côtiers 35
Les herbiers de Guadeloupe-Saint-Martin-Saint-Barthélemy 38
État des connaissances 38
Les espèces de phanérogames, distribution spatiale et traits particuliers de leur écologie 39
Biodiversité (faune et flore) des herbiers 40
Pressions sur les herbiers 41
État de santé et évolution 42
Recherche, actions de gestion et de conservation 42
Protection et gestion 43

ILE DE LA MARTINIQUE 45
Le territoire 45
Géographie 45
Population 45
Economie 46
Organisation 46
Enjeux principaux du territoire 46
Ecosystèmes marins côtiers 46
Les herbiers de la Martinique 48
État des connaissances 48
Les especes de phanérogames, distribution spatiale et traits particuliers de leur écologie 49
Biodiversité (faune et flore) des herbiers 50
Pressions sur les herbiers 51
Etats de santé et évolution 53
Recherche, action de gestion et de conservation 54
Protection et restauration 54

ILES EPARSES 57
Le territoire 57
Géographie 57
Population 58
Economie 58
Organisation 58
Enjeux principaux du territoire 58
Ecosystèmes marins côtiers 59
Les herbiers des îles Eparses 61
Etat des connaissances 61
Les especes de phanérogames, distribution spatiale et traits particuliers de leur écologie 61
Biodiversité (faune et flore) des herbiers 61
Pressions sur les herbiers 61
Etat de santé et évolution 62
Recherche, actions de gestion et de conservation 62
Protection et restauration 62

ILE DE MAYOTTE 63
Le territoire 63
Géographie 63
Population 63
Economie 63
Organisation 63
Enjeux principaux du territoire 64
Ecosystèmes marins côtiers 64
Les herbiers de Mayotte 65
Etat des connaissances 65
Les especes de phanérogames, distribution spatiale et traits particuliers de leur écologie 65
Biodiversité (faune et flore) des herbiers 66
Pressions sur les herbiers 67
Etat de santé et évolution 67
Recherche, actions de gestion et de conservation 68
Protection et restauration 69

ILE DE LA REUNION 71
Le territoire 71
Géographie 71
Population 71
Economie 71
Organisation 71
Enjeux principaux du territoire 72
Ecosystèmes marins côtiers 72
Les herbiers de La Réunion 74
Etat des connaissances 74
Les especes de phanérogames, distribution spatiale et traits particuliers de leur écologie 74
Biodiversité (faune et flore) des herbiers 74
Pressions sur les herbiers 75
Etat de santé et évolution 75
Recherche, actions de gestion et de conservation 76
Protection et restauration 76

NOUVELLE-CALEDONIE 79
Le territoire 79
Géographie 79
Population 80
Economie 80
Organisation 81
Enjeux principaux du territoire 82
Ecosystèmes marins côtiers 82
Les herbiers de Nouvelle-Calédonie 83
Etat des connaissances 83
Les especes de phanérogames, distribution spatiale et traits particuliers de leur écologie 84
Biodiversité (faune et flore) des herbiers 86
Pressions sur les herbiers 87
Etat de santé et évolution 88
Recherche, actions de gestion et de conservation 88
Protection et restauration 89

WALLIS ET FUTUNA 91
Le territoire 91
Géographie 91
Population 91
Economie 91
Organisation 92
Enjeux principaux du territoire 92
Ecosystèmes marins côtiers 92
Les herbiers de Wallis 94
Etat des connaissances 94
Les especes de phanérogames, distribution spatiale et traits particuliers de leur écologie 94
Biodiversité (faune et flore) des herbiers 95
Pressions sur les herbiers 95
Etat de santé et évolution 97
Recherche, actions de gestion et de conservation 97
Protection et restauration 97

POLYNESIE FRANCAISE 99
Le territoire 99
Géographie 99
Population 99
Economie 100
Organisation 100
Enjeux principaux du territoire 100
Ecosystèmes marins côtiers 100
Les herbiers de Polynésie française 101
Etat des connaissances 101
Les especes de phanérogames, distribution spatiale et traits particuliers de leur écologie 101
Biodiversité (faune et flore) des herbiers 102
Pressions, état de santé et évolution des herbiers 102
Recherche, gestion et protection 102

SYNTHESE – CONCLUSION 105
Bibliographie 109
fiches descriptives des phanérogmaes marines de l'Outre-mer fra,çais 109

PRESENTATION DE L'ICRI ET DE L'IFRECOR

L'Initiative Internationale pour les Récifs Coralliens (ICRI)

L'ICRI est un partenariat qui rassemble des gouvernements, des organisations internationales, des entités scientifiques et des organisations non-gouvernementales, ayant pour but de mettre en application le Chapitre 17 de l'Agenda 21 et d'autres conventions et accords internationaux pour une meilleure gestion des récifs coralliens et de leurs écosystèmes associés à travers le monde.

Pour ce faire, l'ICRI mobilise les gouvernements, améliore les pratiques en matière de gestion et permet la mise en commun et l'échange des connaissances sur ces écosystèmes. Cette initiative fut créée en 1994 par 8 pays (la France, les Etats-Unis, l'Australie, le Royaume-Uni, le Japon, la Jamaïque, les Philippines et la Suède), et se réunit annuellement. L'instance de mise en œuvre de l'ICRI est le Secrétariat, actuellement assuré par la France et les Samoa, en partenariat avec Monaco, depuis le 1er juillet 2009 et jusqu'à la fin 2011. Lors de cette co-présidence, un nouvel « appel à l'action » en faveur de la protection des récifs coralliens sera formulé. L'accent sera aussi mis sur le renforcement de la participation des organisations internationales et des pays à l'ICRI, sur la promotion des « instruments » internationaux de gestion des aires marines protégées et sur les écosystèmes associés (www.icriforum.org).

L'Initiative Française pour les REcifs CORalliens (IFRECOR)

La mise en place de l'IFRECOR a été arrêtée par le Premier ministre le 1er avril 1998, en parallèle à la décision de prise en charge par la France du secrétariat de l'ICRI pour la période 1999-2000. L'objectif de cette initiative française est de promouvoir la protection et la gestion durable des récifs coralliens et des écosystèmes associés présents dans 10 des collectivités de l'Outre-mer français, réparties dans 3 océans de la planète : la Guadeloupe, la Martinique, Saint-Barthélemy et Saint-Martin pour l'Océan Atlantique ; La Réunion, Mayotte et les îles Eparses pour l'Océan Indien ; la Nouvelle-Calédonie, la Polynésie française et les îles Wallis et Futuna pour l'Océan Pacifique. Pour la conduire et l'animer, un comité national et des comités locaux ont été mis en place (cf. le décret du 7 juillet 2000).

La première originalité de l'IFRECOR est son fonctionnement en réseau à deux niveaux :

- un comité local dans chacun des territoires français d'Outre-mer disposant de récifs coralliens,
- un comité national chargé de l'animation générale de l'Initiative française en faveur des récifs coralliens et écosystèmes associés, de la coordination des échanges entre et avec les comités locaux et de la définition, sur ces bases, d'un cadre général d'action.

La seconde originalité de l'IFRECOR réside dans le fait que chacun des comités locaux et le comité national rassemblent, en différents collèges et à leurs niveaux respectifs, l'ensemble des acteurs concernés par la protection et la gestion durable des récifs coralliens. Ainsi, le comité national, placé auprès des ministres en charge de l'environnement et de l'Outre-mer, réunit 38 membres répartis en 6 collèges :

- des parlementaires désignés à parité par les 2 assemblées constituant le Parlement (Assemblée nationale et Sénat),
- des représentants des 8 comités locaux,
- des représentants des départements ministériels intéressés,
- des scientifiques et techniciens,
- des socioprofessionnels (dans les secteurs de la pêche et de l'aquaculture, du tourisme, des sports et loisirs sous-marins, etc.),
- des organisations non gouvernementales de protection de la nature (uniquement nationales ou sections d'organisations internationales).

Les collectivités de l'Outre-mer y occupent une place essentielle à travers les collèges des représentants des comités locaux et des Parlementaires. Le comité de l'IFRECOR ne dispose pas de la personnalité morale et financière. Ses moyens sont fournis essentiellement par les deux ministères auprès desquels il est rattaché, auxquels peuvent s'ajouter, sur des actions précises, des financements en provenance d'autres départements ministériels, des collectivités locales de l'Outre-mer ou de l'Union Européenne, ou bien encore de structures ou organismes parties prenantes du comité.

Les comités locaux définissent chacun librement en interne leurs propres règles de fonctionnement. Ils sont organisés en collèges, à l'image du comité national.

La tâche principale du comité national est de veiller à l'application du plan d'action national, notamment :

- en favorisant la constitution de réseaux d'échanges entre les membres du comité national et les comités locaux sur les mesures de ce plan pilotées par chacun d'eux et conduites avec l'ensemble des partenaires concernés au niveau national,
- en apportant un soutien financier et un appui à la structuration et à la dynamique de ces comités locaux,
- en œuvrant à l'intégration de ses mesures dans les politiques sectorielles nationales, y compris dans leurs aspects internationaux.

Le plan national d'action pour les récifs coralliens, adopté par le comité national en 2000, s'inscrit dans le cadre de la stratégie internationale de l'ICRI. Reposant sur les constats du rapport sur "l'état des récifs coralliens dans les collectivités de l'Outre-mer" (réalisé en 1998), il s'articule suivant six axes stratégiques :

1. La planification,
2. La réduction des effets négatifs des activités humaines et leur développement durable,
3. Le développement de la recherche, de la surveillance et des outils d'aide à la décision,
4. L'information, la formation et l'éducation,
5. Le développement des moyens d'action réglementaires et financiers,
6. Le développement des échanges entre les collectivités et de la coopération régionale.

Il s'agit d'un plan cadre à long terme qui doit périodiquement être évalué et révisé. La première phase s'est déroulée de 2000 à 2005.

Pour la deuxième phase de sa mise en œuvre (sur la période 2006-2010), les 7 thèmes d'intérêt transversaux (TIT) suivants ont été retenus :

1. La connaissance et le suivi de la biodiversité corallienne,
2. Le suivi de l'état de santé des récifs coralliens,
3. Les aires marines protégées,
4. L'évaluation socioéconomique des récifs coralliens et le partage des bénéfices,
5. Les pesticides,
6. Les changements climatiques,
7. Les écosystèmes associés aux récifs.

Le 7ème thème, à l'intérieur duquel s'inscrit le présent rapport, traite des mangroves et des herbiers de phanérogames marines. L'objectif est de contribuer à une meilleure connaissance de ces écosystèmes associés en vue de leur protection et de leur surveillance.

La troisième phase (2011-2015) est en cours de programmation. Les grands thèmes transversaux déjà engagés seront poursuivis (gestion des AMP ; catalogage et mutualisation des données ; cartographies ; suivis de l'état de santé des récifs coralliens, des écosystèmes associés et des milieux ; valeurs des services écosystémiques ; changement climatique ; valorisation et communication ; gouvernance). L'accent sera mis, en particulier, sur la mise en place « d'observatoires » des mangroves et des herbiers.

INTRODUCTION

Christian Hily

Les phanérogames marines constituent un petit groupe d'une soixantaine d'espèces de plantes à fleurs Monocotylédones, dont les ancêtres terrestres sont retournées dans le milieu marin il y a environ 100 millions d'années. Malgré ce petit nombre, elles jouent un rôle considérable dans le domaine côtier dans lequel elles se développent à travers le monde, à l'exception d'un des pôles. Ce sont en effet des espèces « ingénieurs » qui permettent la mise en place d'écosystèmes particuliers d'importance majeure dans le fonctionnement des milieux marins côtiers.

Ce groupe n'a pourtant intéressé les scientifiques que relativement récemment, même si Linné décrivit les deux premières espèces *Zostera marina* et *Posidonia (Zostera) oceanica* en 1779. Les premiers travaux sur la biologie des phanérogames marines se développèrent seulement dans la deuxième moitié du 19ème siècle (P. Ascherson en particulier) et le début du 20ème siècle (C. H. Ostenfeld et W. A. Setchell). La grande pandémie qui frappa les herbiers de *Zostera marina* dans les années 1930 sur l'ensemble de sa zone de distribution géographique, ne passa cependant pas inaperçue étant donné les conséquences sur de nombreuses fonctions jouées par les herbiers, fonctions écologiques, mais aussi économiques, cette espèce étant exploitée par l'Homme pour de multiples usages.

Ce n'est que dans le début des années 70 que l'intérêt scientifique et les enjeux écologiques des herbiers furent définitivement reconnus avec la publication de C. den Hartog "Seagrasses of the world" (1970). La prise de conscience que les herbiers étaient présents sur tous les continents sauf l'Antarctique déclencha rapidement un grand nombre de travaux de recherche à la fois sur l'écologie des herbiers et sur la biologie, la physiologie et la génétique des espèces de phanérogames.

En France, de nombreux travaux furent développés très tôt sur les herbiers de posidonies (*Posidonia oceanica*) en Méditerranée du fait de leur importance et de leur visibilité dans le domaine côtier (Molinier & Picard, 1952) et où, contrairement aux milieux équivalents en domaine océanique, les grandes algues sont peu développées. Depuis les années 80, les travaux menés par les équipes de recherche de la côte méditerranéenne française ont conduit à ce que cette espèce et les biocénoses qui lui sont associées soient parmi les mieux connues (Boudouresque *et al.,* 1984). Sur les côtes Manche Atlantique françaises, les deux espèces de phanérogames marines présentes (*Zostera marina* et *Zostera noltii*) n'ont pas fait l'objet d'autant d'attention de la part des scientifiques et les travaux sont restés plus irréguliers et localisés (den Hartog *et al.*, Glémarec *et al.*, Auby, etc.). C'est véritablement dans les années 90, avec les problématiques de biodiversité et les directives européennes sur les habitats que ces espèces et les communautés faune-flore associées ont fait l'objet d'une attention particulière et de travaux de recherche coordonnés (den Hartog & Hily ; Hily & Bouteille).

Dans les collectivités territoriales d'Outre-mer, les phanérogames marines sont largement développées et, à l'exception de St Pierre-et-Miquelon, de la Guyane et de Clipperton, elles constituent des habitats remarquables dans de nombreux lagons et plus rarement sur les pentes externes des récifs coralliens.

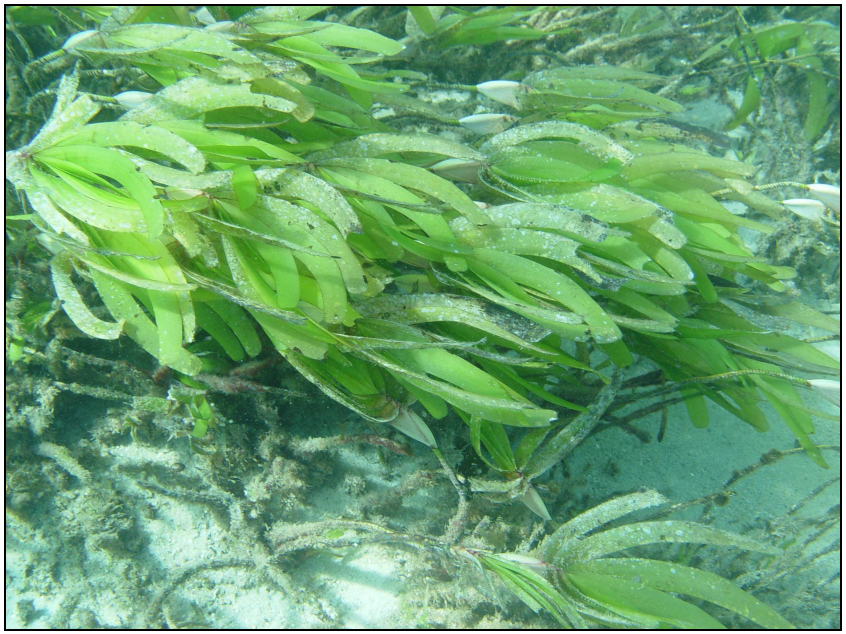
Tout comme en Méditerranée, les grandes algues sont peu développées et les herbiers constituent les principaux producteurs primaires macrophytes du milieu côtier, abritant une faune et une flore riches et abondantes. Cependant, les herbiers sont restés relativement absents des premiers travaux des scientifiques sur les milieux lagonaires : les efforts de recherche, comme partout dans le monde, se portant prioritairement sur les récifs coralliens. Les travaux sur les herbiers ont donc été plus sporadiques et ponctuels, avant les années 90 ou tout comme en Métropole, les initiatives de Rio sur la biodiversité et les menaces induites par les activités humaines sur les milieux côtiers ont déclenché une approche à la fois d'identification des espèces présentes, de localisation, de cartographie et de la diversité des communautés associées. Ces efforts ont cependant été très inégaux et l'état des connaissances aujourd'hui est donc très variable d'un territoire à l'autre.

Les menaces qui pèsent sur les milieux côtiers en général et sur les lagons en particuliers du fait des multiples agressions dont ils font l'objet, rendaient indispensable et urgente la réalisation d'un état des lieux, d'une synthèse sur les herbiers des collectivités d'Outre-mer françaises pour prendre la mesure de leur importance dans la structure, le fonctionnement et la biodiversité de leurs écosystèmes côtiers, et de la place et la responsabilité que devrait jouer la France dans leur conservation et leur gestion. C'est l'objet de cet ouvrage, qui présente le premier bilan jamais réalisé des connaissances actualisées sur les herbiers de phanérogames marines des collectivités territoriales de l'Outre-mer français.

La première partie de cet ouvrage est une synthèse sur les herbiers à l'échelle des territoires français d'Outre-mer, incluant les grands traits de leur biologie, écologie et intérêts particuliers et résumant les menaces et enjeux actuels sur ces habitats.

La deuxième partie présente une revue détaillée des connaissances sur les herbiers dans chaque territoire, incluant une description du contexte socio-économique et de l'actualité des recherches scientifiques.

Enfin, avant une annexe présentant de manière synthétique une revue de toutes les espèces de phanérogames inventoriées dans les collectivités d'Outre-mer, une discussion-conclusion permettra de proposer les grandes lignes d'un protocole de suivi de la dynamique et de l'évolution des herbiers, à l'échelle globale de l'Outre-mer français.



Herbier à *Thalassodendron ciliatum*. © R.Rolland

CARACTERISTIQUES GENERALES DES HERBIERS DE PHANEROGAMES MARINES

Christian Hily et Julie Duchêne

ORGANISATION DES COLLECTIVITES

L'Outre-mer français est composé des entités suivantes :

- **quatre départements** créés par la loi du 19 mars 1946 : la Martinique, la Guadeloupe, la Guyane et La Réunion. La loi du 2 mars 1982 érigeant la région en collectivité territoriale de plein exercice en a fait des régions, ce sont donc des départements et régions d'Outre-mer (DROM), qui sont aussi des régions ultrapériphériques (RUP) dans lesquelles le droit communautaire s'applique.
- **six collectivités** (COM) : la Polynésie française, Wallis et Futuna, Mayotte, Saint-Pierre-et-Miquelon, Saint-Martin et Saint-Barthélemy ;
- **trois territoires** (TOM) **au statut spécifique** qui ne constituent ni un DROM ni un COM :

- Clipperton : île qui relève du Domaine Public Maritime (DPM) et est inscrite au tableau des propriétés domaniales de l'État,

- les Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF) : territoire d'Outre-mer doté de l'autonomie administrative et financière, dont le 5ème district est formé par les îles Eparses,

- la Nouvelle-Calédonie : collectivité *sui generis*, qui bénéficie d'institutions conçues pour elle seule et qui se voit transférer, de manière progressive mais irréversible, certaines compétences de l'Etat.

Les COM et les TOM ne font pas partie de l'Union Européenne, contrairement aux RUP.

Ces territoires insulaires sont localisés dans trois océans : Atlantique (la Guyane, Saint-Pierre-et-Miquelon, la Martinique, la Guadeloupe, Saint-Barthélemy et Saint-Martin), Indien (La Réunion, Mayotte et les TAAF) et Pacifique (la Nouvelle-Calédonie, la Polynésie française, Wallis et Futuna et Clipperton). Ils offrent à la France son statut de seconde Zone Economique Exclusive (ZEE) mondiale. Effectivement, grâce à eux la France est dotée de plus de 11 millions de km² de ZEE. La Polynésie française à elle seule lui confère 5 millions de km² de ZEE.

Nous ne traiterons pas dans ce document de Saint-Pierre et Miquelon, d'une part à cause de son éloignement du milieu tropical mais aussi parce qu'elle ne recèle pas à notre connaissance d'herbiers de phanérogames marines. Nous ne considèrerons pas non plus la Guyane ni Clipperton dont les connaissances sur les herbiers sont trop fragmentaires. L'espèce *Ruppia maritima*, ubiquiste, est présente sur ces territoires, mais n'est pas reconnue comme espèce marine *stricto sensu.* On la rencontre en Guyane dans certaines mares salées et saumâtres des bancs de vases et jeunes marais. Un travail d'inventaire rendu nécessaire par la mise en place de la Directive Cadre européenne sur l'Eau dans les DROM et par les missions pour la mise en place d'aires marines protégées est programmé en 2010-2012 par la Direction Régionale de l'Environnement de Guyane. Cette exploration, rendue difficile par l'extrême turbidité des eaux côtières, recherchera en particulier de possibles herbiers de phanérogames marines autour des îles et îlets guyanais que fréquentent les tortues vertes connues pour se nourrir à l'âge adulte sur les herbiers.

GRANDS TRAITS PHYSIOGRAPHIQUES ET ECONOMIQUES

En termes de surface terrestre émergée, le total des îles et îlots coralliens (la Martinique, la Guadeloupe, Saint-Barthélemy et Saint-Martin, La Réunion, Mayotte, les îles Eparses des TAAF, la Nouvelle-Calédonie, la Polynésie française, Wallis et Futuna et Clipperton) s'élève à 27.150 km² environ. Elles sont réparties de manière très inégale, depuis le petit atoll de Clipperton, de 2 km², à la grande île continentale de la Nouvelle-Calédonie qui s'étend sur plus de 18.000 km² ; depuis la Polynésie, dont les 4.000 km² de terres émergées sont disséminés sur près de 120 îles et la Nouvelle-Calédonie, où la Grande-Terre représente à elle seule quasiment l'ensemble des terres émergées.

La morphologie de ces territoires est elle aussi variable, tout comme la typologie des récifs coralliens : il existe une île continentale à récif barrière (Grande Terre en Nouvelle-Calédonie), des îles hautes entourées d'un récif barrière (la plupart des îles de la Société en Polynésie française, Wallis ou Mayotte) ou entourées presque

uniquement de récifs frangeants (La Réunion, la Guadeloupe et la Martinique) et enfin des îles basses coralliennes comme les atolls des Tuamotu en Polynésie française, ou les Iles Éparses de l'Océan Indien (IFRECOR, 2007). Cette variabilité s'explique par l'âge de ces îles volcaniques qui suivent l'évolution suivante sous l'effet de la tectonique des plaques : au fur et à mesure que les îles volcaniques s'enfoncent sous le niveau de la mer, le récif initialement frangeant laisse place à un récif barrière séparé de la côte par un lagon. Enfin, au stade ultime d'atoll, ne subsiste plus qu'un lagon entouré d'une couronne récifale.

CARACTERISTIQUES COMMUNES ET DIFFERENCES

Il existe bien entendu de nombreuses autres différences entre ces territoires :

- La densité moyenne de population, principalement liée au relief montagneux de certaines îles, peut s'élever à plus de 500 habitants par km² à Mayotte (en 2007) contre 13 en Nouvelle-Calédonie. Certaines îles sont inhabitées, comme dans l'archipel des îles Eparses et certains atolls de Polynésie française. En tout, ce sont plus de 2 millions de personnes qui vivent sur ces îles coralliennes.

- Le PIB par habitant peut varier du simple au double : de 10.100 euros à Wallis et Futuna en 2005 à 22.000 euros en Nouvelle-Calédonie.

- La place du tourisme dans ces îles est plus ou moins grande : La Réunion, la Martinique et la Guadeloupe sont des destinations très prisées tandis qu'à Mayotte, la Nouvelle-Calédonie et Wallis et Futuna le poids économique du tourisme reste faible. La fréquentation des Iles Eparses est très contrôlée et le tourisme y est quasi-inexistant, pour l'instant.

Les communautés exploitent l'ensemble des ressources marines présentes dans les lagons, mais à des intensités et des fins différentes : ainsi, l'autoconsommation est majoritaire à Wallis et Futuna, tandis que la perliculture domine en Polynésie française (deuxième ressource économique).

En revanche, les collectivités présentent quelques caractéristiques communes :

- des taux de chômage élevés : par exemple, en 2009, La Martinique avait un taux de chômage de 22,1% et La Réunion de 27.2%, tandis qu'il atteignait à son maximum 9.6% en métropole.

- l'importance du secteur tertiaire dans l'emploi, ainsi que certaines pratiques agricoles, comme la culture de canne à sucre ou de banane.

ECOLOGIE DES HERBIERS

TAXONOMIE

Les herbiers marins sont constitués par des populations d'angiospermes qui ne se développent que dans le milieu marin. Le terme d'herbier est utilisé depuis de longue date par les usagers et habitants du littoral. Ils constituent un groupe écologique mais ne forment pas un seul groupe taxonomique. En effet, les phanérogames marines se distribuent dans quatre familles de plantes se situant dans le superordre des Alismatiflorae (Dahlgren *et al.*, 1985), qui comporte également de nombreuses autres espèces. Trois de ces familles, les Zosteraceae, les Cymodoceaceae et les Posidoniaceae sont constituées uniquement de phanérogames marines. La quatrième famille, les Hydrocharitacae, comprend trois genres d'espèces marines (*Thalassia*, *Enhalus* et *Halophila*), mais 14 autres genres regroupent des espèces d'eau douce. Enfin, d'autres espèces, *Ruppia sp*. (Ruppiaceae) et *Lepilaena marina* (Zannichelliaceae) ne sont pas exclusivement marines et ne sont pas reconnues systématiquement parmi les phanérogames marines *stricto sensu* (Les *et al.*, 1997).

Actuellement, 68 espèces de phanérogames marines ont été décrites (Larkum *et al.,* 2006). Toutefois, certaines font encore l'objet de recherches génétiques et morphométriques, et beaucoup sont considérées comme conspécifiques. Cette classification est donc susceptible de subir des remaniements, tant dans la taxonomie que dans la nomenclature (Green & Short, 2003). Le tableau 1 présente l'ensemble des espèces décrites (Larkum *et al.,* 2006) qui sont exclusivement marines : les trois espèces d'eau saumâtre (*Ruppia tuberosa*, *Ruppia maritima* et *Lepilaena marina*) ne sont pas prises en compte. Parmi l'ensemble des espèces de phanérogames exclusivement marines, 19 d'entre elles sont présentes en Outre-mer français, soit 8 genres et 4 familles. Aucune posidonie n'a été recensée.

BIOGEOGRAPHIE

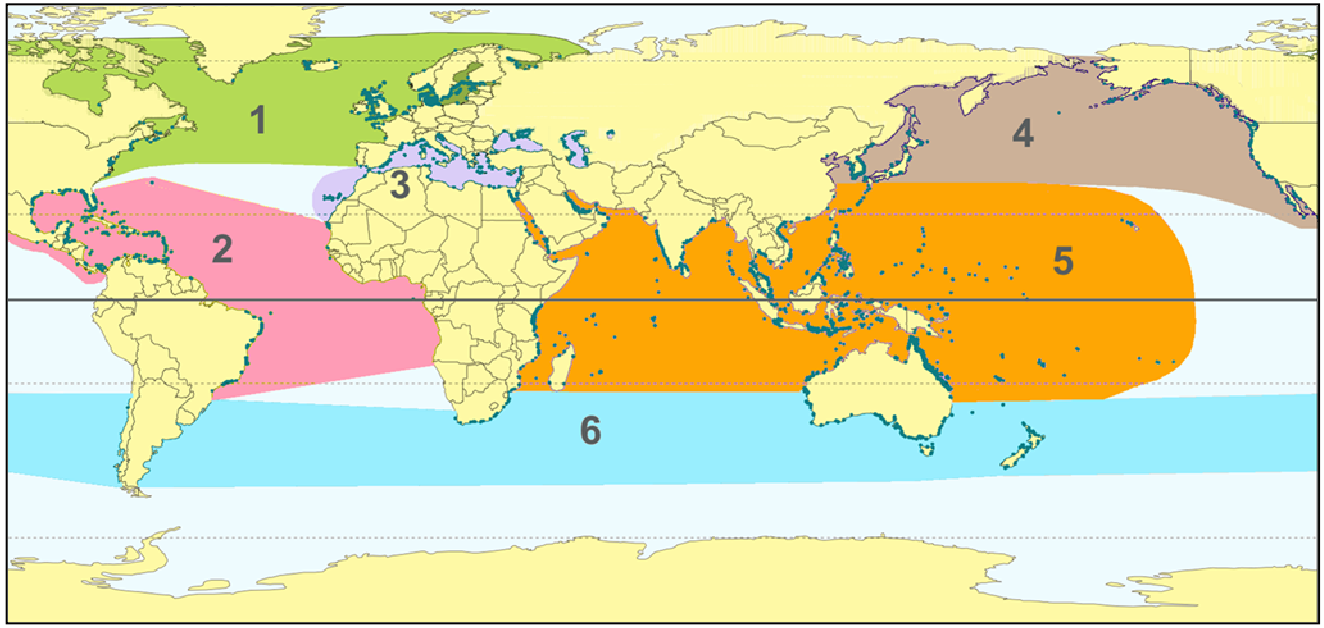
La connaissance de la distribution géographique des phanérogames marines se précise chaque année mais, sans même tenir compte de la dynamique et de l'évolution favorisée par le changement climatique, on peut affirmer que toutes les zones de distribution des espèces ne sont pas encore complètement décrites. Cependant, les grandes limites sont largement connues. Ainsi, les phanérogames marines ont colonisé toutes les mers du monde, excepté l'Antarctique (carte 1). Actuellement, elles couvrent 10% au maximum des zones côtières mondiales, soit 500.000 km² tout au plus (Green & Short, 2003). Certaines espèces sont présentes dans toutes les régions du monde, tandis que d'autres sont exclusivement présentes en zone tempérée ou bien sont pantropicales : au niveau des genres, quatre d'entre eux sont totalement inféodés aux

milieux tropicaux ou assimilés (courants chauds) (*Thalassia*, *Syringodium*, *Halodule* et *Enhalus*) et trois d'entre eux sont inféodés à ces milieux tropicaux exceptées quelques espèces (*Cymodocea*, *Halophila* et *Thalassodendron*). Cinq genres sont principalement inféodés aux côtes des milieux tempérés (*Zostera*, *Phyllospadix*, *Heterozostera, Posidonia* et *Amphibolis*). Seule *Zostera marina* franchit le cercle polaire arctique, en Europe et dans le Pacifique nord. C'est donc l'espèce la plus nordique, tandis que c'est une autre espèce du même genre, *Z. capensis*, qui possède la limite la plus méridionale.

Contrairement à beaucoup d'autres groupes de végétaux marins, très peu de phanérogames marines se sont installées accidentellement dans d'autres zones géographiques que leur aire d'origine. Deux espèces introduites, *Z. japonica* et *Halophila stipulacea*, sont cependant connues pour s'être installées de manière pérenne, la première sur la côte Pacifique nord-américaine et la seconde en Méditerranée et maintenant dans la Mer des Caraïbes.

Les développements récents des analyses génétiques (marqueurs de l'ADN) permettent désormais de mieux comprendre les questions de l'évolution et des traits adaptatifs, des stratégies de reproduction ou des réponses aux stress (Reusch, 2001). De même, ces techniques ont permis récemment de préciser le statut des espèces au sein des genres (Waycott *et al.*, 2002).

Les approches de génétique de population et de phylogéographie mettent aussi en évidence la connectivité entre les herbiers via la dispersion des graines et des fragments de plantes et fournissent ainsi des explications sur les distributions géographiques, avec des conséquences en terme de conservation (populations puis/source) et de restauration d'herbier par transplantation (Procaccini & Piazzi, 2001).



Carte 1 : Répartition mondiale et bio-régions des phanérogames marines (Source : Short *et al.*, 2007 d'après des données UNEP-WCMC 2005).
1. Atlantique Nord tempéré ; 2. Atlantique tropical ; 3. Méditerranée, 4. Pacifique Nord tempéré ; 5. Indo-Pacifique tropical ; 6. Océans tempérés du sud.

Tableau 1 : Liste des espèces de phanérogames marines dans le monde et présence en Outre-mer français

Famille	Genre	Espèce	Archipel de la Guadeloupe	Saint Martin	Saint Barthélemy	Martinique	Iles Eparses	Mayotte	La Réunion	Nouvelle Calédonie	Wallis et Futuna	Polynésie française
Zosteraceae	*Zostera*	*Z. marina*										
		Z. capricorni										
		Z. caespitosa										
		Z. caulescens										
		Z. asiatica										
		Z. noltii										
		Z. japonica										
		Z. capensis					?	♦				
		Z. muelleri										
		Z. mucronata										
		Z. novazelandica										
	Phyllospadix	*P. scouleri*										
		P. torreyi										
		P. serrulatus										
		P. iwatensis										
		P. japonicus										
		*P. juzepczukii**										
	Heterozostera	*H. tasmanica*										
		H. polychlamis										
		H. nigricaulis										
		H. chilensis										
Cymodoceaceae	*Cymodocea*	*C. rotundata*					♦**	♦		♦		
		C. serrulata						♦		♦		
		C. nodosa										
		C. angustata										

Tableau 1 : Liste des espèces de phanérogames marines dans le monde et présence en Outre-mer français (suite)

Famille	Genre	Espèce	Archipel de la Guadeloupe	Saint Martin	Saint Barthélemy	Martinique	Iles Eparses	Mayotte	La Réunion	Nouvelle Calédonie	Wallis et Futuna	Polynésie française
Cymodoceaceae	Halodule	*H. pinifolia*								♦	♦	
		H. uninervis					♦	♦		♦		
		H. beaudettei	♦	♦	♦	♦						
		H. wrightii	♦	♦	♦	♦		♦				
		H. bermudensis										
		H. ciliata										
		H. emarginata										
	Syringodium	*S. isoetifolium*					♦	♦	♦	♦	♦	
		S. filiforme	♦	♦	♦	♦						
	Thalassodendron	*T. pachyrhizum*										
		T. ciliatum					♦	♦				
	Amphibolis	*A. antartica*										
		A. griffithii										
Posidoniaceae	Posidonia	*P. oceanica*										
		P. australis										
		P. sinuosa										
		P. angustifolia										
		P. ostenfeldii										
		P. robertsoniae										
		P. coriacea										
		P. denhartogii										
		P. kirkmanii										
Hydrocharitaceae	Thalassia	*T. hemprichii*					♦	♦		♦		
		T. testudinum	♦	♦	♦	♦						
	Enhalus	*E. acoroïdes*						♦		♦		

Tableau 1 : Liste des espèces de phanérogames marines dans le monde et présence en Outre-mer français (fin)

Famille	Genre	Espèce	Archipel de la Guadeloupe	Saint Martin	Saint Barthélemy	Martinique	Iles Eparses	Mayotte	La Réunion	Nouvelle Calédonie	Wallis et Futuna	Polynésie française
Hydrocharitaceae	*Halophila*	*H. capricorni*								♦		
		H. decipiens	♦	♦	♦	♦				♦		♦
		H. minor								♦		
		H. ovalis					♦	♦		♦	♦	♦
		H. spinulosa										
		H. tricostata										
		H. australis										
		H. hawaiiana										
		H. johnsonii										
		H. stipulacea				♦		♦	♦			
		H. madagascariensis										
		H. beccarii										
		H. engelmanni										
		H. baillonis	♦	♦	♦	♦						
TOTAL			**6**	**6**	**6**	**7**	**7**	**11**	**2**	**11**	**3**	**2**

LEGENDE DU TABLEAU

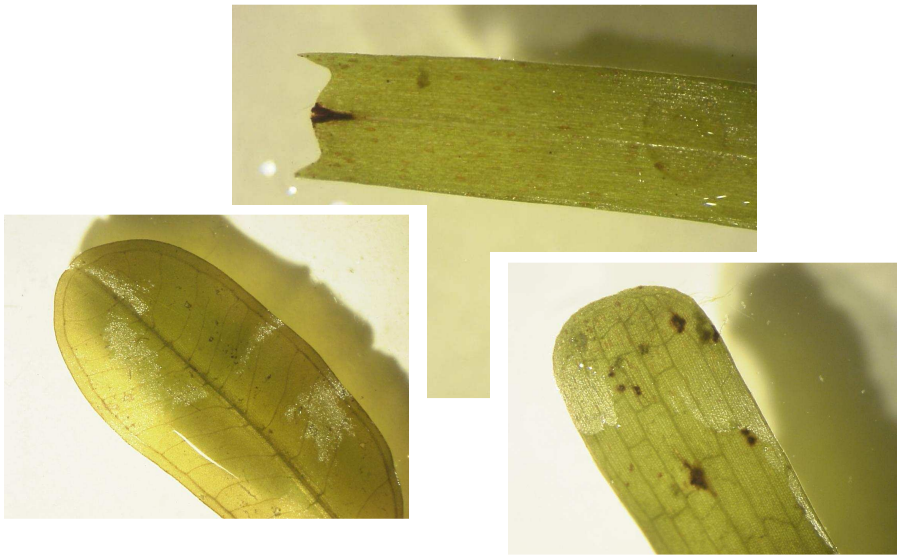
*** Non clairement décrite encore**
**** espèce en cours d'identification**
? Espèce non précisée
espèce menacée (UICN)

TRAITS MORPHOLOGIQUES

Les phanérogames possèdent les mêmes organes et tissus que les autres plantes à fleur : elles ont un système végétatif composé de parties épigées (rameaux de feuilles) et de parties endogées (rhizomes et racines). Chez la plupart des espèces, une gaine basale protège le méristème apical d'où émergent les feuilles qui sont les organes de la photosynthèse (acquisition de l'énergie) et de l'évapo-transpiration (respiration). Si les phanérogames marines ne sont pas aussi adaptées que les algues pour assurer la photosynthèse en profondeur, elles sont cependant plus performantes que les espèces d'eau douce qui dépassent rarement 10 mètres. Certains herbiers de *Thalassodendron sp.* ou d'*Halophila decipiens* peuvent atteindre 60 mètres de profondeur.

Toutefois, le milieu marin a profondément influencé leur morphologie et leur anatomie. Les espèces se répartissent dans trois types morphologiques : (1) les espèces aux feuilles non rubanées et sans rameau érigé, de petite taille (exclusivement les espèces du genre *Halophila*) ; (2) les espèces aux feuilles plus ou moins rubanées, développées à l'extrémité de rameaux érigés, rigides et fibreux (ex. : *Thalassodendron sp.*), qui sont une extension des rhizomes ; (3) les espèces aux longues feuilles rubanées qui sont directement fixées aux rhizomes au niveau d'un nœud (ex. : *Enhalus sp.*, *Zostera sp.*). Les racines sortent des rhizomes souvent au niveau d'un nœud, les systèmes rhizomes + racines sont de morphologie variable d'un genre à l'autre et sont adaptés au type de substrats dans lequel se développent les espèces. *Phyllospadix sp.* est d'ailleurs capable de s'accrocher solidement aux substrats durs dans les milieux à haute énergie.

Le système foliaire est un ensemble de feuilles réunies à leur base et formant une gaine fixée au niveau d'un nœud du rhizome. Un système lacunaire (aérenchyme) contenant des gaz (azote, oxygène, gaz carbonique) parcourt tous les organes et assure les échanges tout en contribuant à la position dressée des feuilles dans la masse d'eau.



Diversité morphologique des phanérogames marines. © J.Duchêne

REPRODUCTION

La reproduction sexuée est assurée par la floraison régulière pour la pollinisation et la fertilisation, les espèces étant pérennes à l'exception de quelques-unes qui peuvent présenter localement des populations annuelles dans des conditions particulières de l'environnement.

Les organes floraux tout comme le mode de fertilisation sont variés, la dioécie et monoécie sont présentes selon les espèces, soutenant les hypothèses de plusieurs origines différentes pour les ancêtres des phanérogames actuelles (Larkum & den Hartog, 1989).

Les pieds reproducteurs sont souvent plus longs que les rameaux foliaires pour faciliter la pollinisation. Certaines espèces ont même une pollinisation s'effectuant à la surface (*Enhalus sp.*, *Syringodium sp.*). La germination des graines produites, dispersées par les courants, boucle le cycle de vie, même si le mode de reproduction asexué (extension des clones par allongement des rhizomes) est souvent le mode principal de régénération des herbiers.

Les graines produites ont été classées dans trois grandes catégories selon les types de stockage de réserves énergétiques, de structure de la gangue de protection et du mode de germination (Kuo & Kirkman, 1996). Selon ces modes, à l'issue d'une phase de dispersion des graines par différents vecteurs physiques ou biologiques qui souvent les concentrent et les accumulent sur de petites surfaces (banque de graines), la germination peut se faire très rapidement après leur libération ou au contraire se réaliser après une période de dormance de quelques années. Si les conditions de température, de salinité, d'hydrodynamisme y sont favorables, un nouvel herbier pourra se constituer rapidement.

GRANDS TRAITS DE L'HABITAT HERBIER

L'installation d'un herbier dans une zone sédimentaire modifie profondément l'ensemble des processus physiques, sédimentologiques, physico-chimiques et biologiques de cette zone. Le métabolisme global des herbiers affecte la dynamique du carbone et des sels nutritifs dans les milieux côtiers, ainsi que les concentrations d'oxygène dans la colonne d'eau et les sédiments (Larkum *et al.*, 2006 ; Borum *et al., 2004*). La structure de la canopée des feuilles d'herbiers ralentit les courants et atténue l'impact des vagues, augmentant ainsi la sédimentation des particules en suspension, et diminue leur remise en suspension. Le dense réseau de rhizomes et racines (rhizosphère) ralentit considérablement l'érosion des sédiments par l'hydrodynamisme. Dans cette rhizosphère, la flore microbienne particulière contrôle les processus de minéralisation de la matière organique et de la régénération des sels nutritifs.



Colonisation du substrat par le rhizome d'un herbier mixte à *Halodule sp*. et *Halophila sp*. © A.Gigou

BIODIVERSITE DES HERBIERS

DIVERSITE DES PHANEROGAMES

Lorsque les aires géographiques globales de distributions se superposent, les espèces potentiellement présentes dans un site ne se retrouvent bien évidemment pas systématiquement associées dans des herbiers plurispécifiques. Chaque espèce ayant des exigences écologiques propres, la diversité spécifique des herbiers sera très variable selon les conditions locales de l'environnement, comme la granulométrie du substrat et la profondeur, etc. C'est ainsi que des conditions moyennes, quelques mètres de profondeur, sable fin, hydrodynamisme et charge sestonique modérés, seront des conditions facilitant le développement d'herbiers plurispécifiques. Néanmoins, du fait des traits de vie très différents selon les espèces, les interactions de compétition spatiales conduisent à des successions naturelles favorisant à terme la monopolisation de l'espace par une espèce.

Ce sont les perturbations naturelles et anthropiques ponctuelles qui vont maintenir des ouvertures de la couverture végétale autorisant l'implantation d'espèces moins compétitives à terme. Enfin, la variabilité locale de l'environnement va pouvoir expliquer la distribution à petite échelle spatiale des tâches plus ou moins monospécifiques. Le spectre de tolérance au substrat est très large pour des espèces telles que *Cymodocea serrulata*, *Halophila decipiens*, *Thalassia testudinum* ou *Syringodium filiforme*. Ces deux dernières constituent fréquemment des herbiers mixtes. *H. ovalis*, qui est une espèce pionnière opportuniste capable de se développer rapidement sur les sédiments nus ou altérés (Hillman & McComb, 1988), a une croissance rapide mais n'est pas adaptée à la compétition interspécifique. C'est ainsi qu'une fois le substrat colonisé, elle disparaît au profit d'autres espèces à croissance plus lente telles que *S. isoetifolium*.

FLORE ET FAUNE ASSOCIEES

- ***Epiphytes***

Les feuilles des phanérogames marines sont d'excellents supports pour les organismes épiphytes. L'ensemble de l'épiphyton qui se développe sur les feuilles est de nature variée, depuis les bactéries, champignons et protozoaires, jusqu'aux algues microphytes, la méiofaune, les algues macrophytes et les macroinvertébrés. Cet épiphyton colonise progressivement les feuilles en successions écologiques, rythmées par les saisons, tout au long de la vie de chaque feuille. La durée de vie des feuilles varie de 11 jours pour les *Halophila*, à environ 130 jours pour les *Posidonia*, à l'exception d'*Amphipolis antartica* dont les feuilles peuvent durer 3 ans (Sfriso & Ghetti, 1998). Les algues épiphytes sont un maillon important de la production primaire des herbiers, équivalents dans certains cas à celle des phanérogames elles-mêmes.

- ***Algues***

Les macroalgues présentent souvent une forte richesse spécifique : *Amphibolis griffithii* peut ainsi supporter 150 espèces différentes mais 47 espèces au maximum ont été dénombrées en un seul site et à une même période (Borowitzka *et al*., 1990). Cet exemple illustre bien les différentes échelles auxquelles la biodiversité doit être considérée.



Caulerpa fergusonii. © C.Rataud

- ***Invertébrés***

Les invertébrés qui sont fixés sur les feuilles ont été beaucoup moins bien étudiés que les algues. De nombreux groupes y sont représentés comme les bryozoaires, les tuniciers, les éponges, les foraminifères, les hydraires. Dans ce cas aussi, plus la durée de vie des feuilles est longue et plus la surface colonisable est grande (longues et larges feuilles), plus la diversité et la taille moyenne des épiphytes est forte. D'autre part, les espèces mobiles, en particulier des microbrouteurs comme de nombreux gastéropodes, se concentrent sur le biofilm constitué de bactéries, algues unicellulaires et jeunes macroalgues, certaines espèces y étant quasi exclusives.



Spheciospongia vagabunda. © J-L.Menou

Les interactions phanérogames/algues épiphytes/microbrouteurs constituent d'ailleurs un processus-clé dans le fonctionnement des herbiers, car du contrôle de la production primaire des épiphytes par les microbrouteurs, dépend la bonne croissance des feuilles. En effet, un trop fort développement des épiphytes, dans le cas des eaux côtières de plus en plus enrichies en sels nutritifs, est connu pour créer un effet d'"ombrage", limitant la photosynthèse des feuilles. Ce processus peut évoluer dans des cas d'eutrophisation à une disparition des herbiers. L'abondance et la diversité des invertébrés microbrouteurs sont des éléments essentiels dans la résilience des herbiers face à la dégradation de la qualité des eaux côtières, particulièrement visible dans les milieux lagonaires. La régression des microbrouteurs par pollution ou pêche peut induire des conséquences dramatiques pour les herbiers. Toutefois, dans le cas précis des oursins qui suivent des évènements de prolifération, les dommages sur les prairies sous-marines peuvent être d'autant plus conséquents. En effet, ils peuvent brouter jusqu'à 0,5 g de matière sèche par jour et à long terme infliger de gros dégâts si les racines sont touchées (Heck & Valentine, 1995).

- ***Macrobrouteurs***

La consommation directe des feuilles d'herbiers par les macroherbivores est un processus limité à quelques espèces et dans un certain type d'herbiers seulement. En Europe du nord et septentrionale, les oies Bernaches sont connues pour consommer les *Zostera noltii* et *Z. marina* dans les secteurs d'herbiers accessibles à basse mer. Quelques invertébrés comme certains oursins et aplysies consomment les espèces de phanérogames des milieux tempérés. En zones tropicale et intertropicale, si quelques espèces de poissons sont connues pour consommer les herbiers, ce sont essentiellement les tortues marines et les siréniens (dugongs, lamantins) qui sont les principaux consommateurs.

Espèces rares et menacées, celles-ci sont très dépendantes des herbiers pour la survie des populations et en sont bien évidemment les espèces emblématiques dans les collectivités d'Outre-mer. Elles leur donnent une forte valeur patrimoniale et constituent des espèces-parapluies permettant dans le cadre d'actions de gestion-conservation de leurs populations de conserver les herbiers, source directe de leur nourriture et par là même la biodiversité qu'ils recouvrent.

Ces mesures de conservation, en particulier dans le pour les tortues doivent se faire dans le cadre d'actions très bien menées pour éviter une surpression de broutage pouvant conduire à la régression des herbiers et menacer par cascade trophique les espèces protégées. En effet, la consommation par les tortues et les dugongs entraîne une défoliation. Certaines espèces étant consommées préférentiellement par ces herbivores, la sélectivité peut modifier durablement la composition spécifique des herbiers, en favorisant le développement des espèces les plus consommées (Ballorain, 2005). Les espèces ayant une croissance et/ou activité photosynthétique plus élevées sont les mieux armées pour compenser l'activité de broutage des herbivores. Les phanérogames subissant une forte pression de broutage seront ainsi fréquemment maintenues à des stades juvéniles dominés par les petites espèces pionnières très productives comme celles du genre *Halophila*.



Dugongs à l'Anse Vata, Nouvelle-Calédonie. © S.Andréfouët

- ***Poissons***

De nombreuses études ont été consacrées au rôle des herbiers pour les populations de poissons en particulier vis-à-vis des espèces d'intérêt commercial qui les utilisent au cours d'une phase au moins de leur cycle de vie. Effectivement, le rôle des herbiers pour les poissons varie beaucoup selon les espèces. Si quelques petites espèces y sont des résidents permanents (Syngnatidés, Atherinidés, etc.), la plupart ne fréquente les herbiers que temporairement. C'est ainsi que ces derniers constituent des territoires de chasse pour beaucoup de poissons carnivores majoritairement en période nocturne (Labridés). Certains poissons herbivores comme les mugilidés sont aussi capables d'exercer un contrôle de la biomasse des algues épiphytes des herbiers. Plusieurs études ont mis en évidence que de nombreux poissons des récifs coralliens proches pouvaient fréquenter occasionnellement les herbiers.

Pour d'autres espèces, les herbiers sont des sites privilégiés de reproduction ou encore de nurserie, le développement des juvéniles et leur survie étant favorisés d'une part par l'abondance de petites proies facilement accessibles (amphipodes, crevettes) et d'autre part grâce au couvert végétal dense qui les protège relativement bien des prédateurs (Jackson *et al*., 2001). Toutefois, la proportion des stades juvéniles dans l'ichtyofaune des herbiers est très variable selon les sites et le cortège d'espèces présentes localement.

L'abondance et la diversité des espèces de poissons sont plus élevées que dans les zones de sédiment non végétalisées mais elles sont du même ordre de grandeur que celles d'autres habitats complexes comme les champs de blocs ou certains champs de grandes algues. Selon l'espèce ou les espèces de phanérogames marines qui constituent l'herbier, leur rôle pour les poissons est également très variable. Généralement, la diversité et l'abondance de l'ichtyofaune augmente avec la complexité de l'herbier et la taille de la canopée. Les herbiers de *Thalassodendron sp.*, de *Posidonia sp.*, abritent également des individus de plus grande taille que des herbiers de *Zostera sp.*. Enfin Heck *et al*., 2003 ont montré que les taux de croissance des poissons et des invertébrés étaient plus grands dans les herbiers que sur les zones de sédiments non végétalisés. Les herbiers jouent d'ailleurs un rôle de source pour les sédiments non végétalisés, l'abondance et la diversité des poissons sur les sédiments diminuant avec un éloignement croissant de l'herbier (Ferrel & Bell, 1991).

Le cycle tidal est essentiel : si les hauteurs d'eau deviennent faibles à basse mer sur les herbiers, l'essentiel de la faune vagile se déplace, et ne restent que de petites espèces, réfugiées dans des vasques ou dans des terriers inondés. Le cycle saisonnier modifie également la présence des poissons avec les périodes de reproduction, de recrutement et les mouvements des espèces migratrices. Pour l'ensemble de l'ichtyofaune, tous ces facteurs induisent une très forte variabilité résultante à différentes échelles spatiotemporelles au sein d'un herbier et entre les herbiers. Cette forte variabilité explique aussi les résultats contrastés des études menées pour chercher des corrélations entre la perte de surface des herbiers et les diminutions des captures de poissons : la présence d'habitats de remplacement à proximité des herbiers en régression peut en particulier modérer la diminution des stocks de poissons. L'existence de populations d'intérêt commercial conduit à des pressions fortes de pêches avec des impacts non négligeables non seulement sur les populations de poissons mais sur les herbiers eux-mêmes, notamment sous l'action des dragues, chaluts et divers engins traînants. Cependant, d'une manière générale les interactions poissons/herbiers et les implications sur les usages restent un ensemble encore mal connu dans le fonctionnement global des herbiers. A l'échelle des territoires ceci est particulièrement vrai et de nombreuses perspectives de recherches sont aujourd'hui ouvertes avec la politique de conservation dans le cadre d'une approche écosystémique.

INTERET PATRIMONIAL, ROLE ECOLOGIQUE, SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS

Les phanérogames marines ont un intérêt patrimonial intrinsèque du fait de la faible diversité des espèces existant au niveau mondial. La disparition d'une seule espèce correspondrait en effet près de 0,5 % de la diversité spécifique. Les caractéristiques originales de fonctionnement biologique, mode de reproduction, adaptation au milieu marin en font des curiosités botaniques rares qui en tant qu'espèce mériteraient un effort de protection systématique. Leur répartition sporadique à l'échelle mondiale, le faible taux d'espèces ubiquistes comparé aux espèces endémiques (à l'échelle de bassins régionaux) renforce cet intérêt. Aux échelles locale et régionale, l'intérêt patrimonial des espèces se renforce puisque le nombre d'espèces y est souvent très faible (2 pour l'Atlantique nord-est) et ne dépasse guère la dizaine (Bassin Caraïbe : 6 espèces), le maximum étant probablement atteint en Australie (29 espèces).

L'intérêt patrimonial inclut également la dimension habitat puisque les herbiers permettent le développement de peuplements animaux et végétaux très particuliers et d'une très grande biodiversité spécifique et fonctionnelle. Parmi les espèces recensées dans les herbiers, certaines y sont totalement inféodées, d'autres sont présentes en plus grande abondance que dans les autres habitats qu'ils fréquentent naturellement et enfin beaucoup d'espèces de différents habitats s'y croisent. L'herbier joue en effet pour de nombreuses espèces plusieurs rôles écologiques complémentaires tels que refuge, zone de nourrissage, de nurserie, de reproduction, etc.

Pour les autres écosystèmes voisins, les herbiers sont source de matière organique : directement par les débris de feuilles qui sont exportés hors de l'herbier et par les produits de dégradation sur place des rhizomes, racines ou feuilles et indirectement par les exportations de matière organique par les animaux et végétaux des peuplements de l'herbier (cf. chapitre sur les interactions herbier/récifs coralliens/mangroves).

Pour l'Homme, les herbiers rendent un grand nombre de services écosystémiques dans chacun des quatre grands types de service considérés dans le Millenium Ecosystem Assessment : support, régulation, prélèvement et culturel. La biodiversité augmente la capacité des écosystèmes à réaliser différentes fonctions écologiques, qui sont à l'origine des services écologiques, dont l'Homme peut tirer des bénéfices directs ou indirects, des biens produits, utilisés et consommés par l'Homme et ayant une valeur économique et/ou sociale pour les sociétés humaines. Ainsi, du fait de la grande biodiversité des peuplements qui s'y développent mais aussi de la structure particulière des herbiers eux-mêmes, ils figurent parmi les écosystèmes naturels rendant le plus grand nombre de service aux sociétés humaines, rendant les enjeux de leur conservation d'autant plus forts.

En effet, l'érosion des surfaces occupées par les herbiers conduit rapidement à la baisse de plusieurs services de support (5/7) :

- bioturbation,
- productivité primaire,
- productivité secondaire,
- cycle des nutriments et de minéralisation,
- cycle de l'oxygène et du carbone.

Au niveau des services de prélèvement, il s'agira d'une érosion des services :

- poissons pour l'alimentation,
- crustacés pour l'alimentation,
- matériaux de construction (cloisons sèches),
- ressource génétique.

En termes de perte de services de régulation :

- zone de frayage pour les espèces,
- zone de refuge pour les espèces,
- contrôle des vagues et de l'énergie des courants,
- régulation de l'érosion et de l'envasement,
- dynamique de sédimentation nécessaire aux micro-organismes et à la faune benthique,
- stockage de carbone.

Enfin, au niveau des services culturels l'érosion des herbiers diminue les services de :

- source de connaissance,
- vue (paysage),
- excursions scolaires,
- pêche récréative,
- préservation de la biodiversité marine pour des raisons éthiques,
- plongée sous-marine.

L'ensemble de ces services se trouve aussi bien dans les herbiers tropicaux que dans ceux des zones tempérées où ils commencent à être étudiés (Ronnback *et al.,* 2007). Dans les zones tropicales, l'identification précise des services rendus, des impacts des contraintes anthropiques et naturelles reste à préciser. Chaque herbier ne rendant pas tous les services recensés plus haut, il conviendra de les caractériser

dans une démarche de conservation, qui nécessitera sans doute un certain nombre de recherches pour une approche quantitative de ces questions et pour comprendre les processus biodiversité/fonctions écologiques/services écosystémiques rendus ainsi que les boucles de rétro-actions associées.



Sédiments piégés par la matte d'un herbier à *Syringodium filiforme*. © F.Mazéas

INTERACTIONS FONCTIONNELLES AVEC LES AUTRES ECOSYSTEMES :

RECIFS CORALLIENS ET MANGROVES

Les trois plus importants écosystèmes marins tropicaux, récifs coralliens, mangroves et herbiers ont été largement étudiés mais la grande majorité de ces études ne se focalisait que sur un seul de ceux-ci. Les interactions entre eux n'ont été que très peu abordées et pourtant elles sont d'une importance primordiale dans le bon fonctionnement des systèmes lagonaires.

La fréquente position centrale des herbiers entre les mangroves et les récifs leur confère un rôle particulier à la fois comme zone de transit, de puits et de source pour les flux de matière et d'énergie dans les lagons. Les herbiers sont en effet des systèmes ouverts qui exportent directement par les débris de feuilles ou indirectement via les organismes qui y vivent, de la matière et de l'énergie aux écosystèmes adjacents, sédiments lagonaires, récifs et mangroves. Lors des épisodes de fortes houles, en particulier au moment des cyclones, les récifs jouent un rôle protecteur pour les herbiers, et limitent les effets d'arrachement des pieds. Réciproquement, les herbiers en stabilisant des sédiments diminuent les impacts de l'abrasion, la turbidité et la décantation de particules sur les coraux. De même, ils jouent un rôle de filtre naturel entre les eaux terrigènes, ayant transité ou non par les mangroves et les récifs coralliens. Ce processus de clarification des eaux et de diminution de la charge sestonique sur un gradient côte-récif externe favorise les organismes coralliens. Par contre, l'exportation des feuilles d'herbier vers le récif amène une matière qui se dégrade lentement sans effet notable sur la clarté de l'eau.

Toutefois, les herbiers ne sont pas seulement un puits d'accumulation de particules fines. Celles-ci peuvent être remobilisées par les courants comme l'a montré Koch (1999) sur *Thalassia testudinum* et jouer localement un rôle de source de matière en suspension. Dans les sites où les mangroves se développent à proximité des herbiers, les débris organiques produits en abondance par la mangrove, fournissent un stock de particules et de sels nutritifs favorisant la croissance des phanérogames marines, malgré des conditions proches parfois de l'eutrophisation. C'est dans ces conditions par exemple que *Thalassia testudinum* constitue des herbiers extrêmement denses. Les eaux très oligotrophes sont en effet un frein à la production des herbiers. Dans un tel environnement, l'implantation d'un nouvel herbier dans les sédiments peut se faire après une phase de colonisation pionnière induite par le développement d'algues caulerpales qui, en produisant sur place des débris organiques, facilitent le développement des herbiers.

Les herbiers constituent un écosystème particulier comme zone de migrations tidale et nycthémérale des espèces inféodées aux récifs et aux mangroves : une partie de la macrofaune mobile des mangroves se réfugie dans les herbiers à basse mer, tandis que de nombreuses espèces de récifs, les prédateurs surtout, viennent de nuit chasser dans les herbiers. Ces derniers jouent également le rôle de nurserie pour des espèces qui passeront leur vie d'adulte au niveau des récifs ou d'autres écosystèmes. C'est ainsi qu'en mer Caraïbe, les herbiers sont les nurseries des langoustes et crevettes *Palinurus argus*, *Paeneus duorarum* et différents Haemulidae et Lutjanidae. Concernant les mangroves, il a été mis en évidence que les larves d'organismes inféodés aux herbiers peuvent constituer une partie de l'alimentation des organismes filtreurs fixés en grande densité sur les racines des arbres.

De plus, les études ont mis en évidence que dans chacun de ces trois écosystèmes, les déplacements des espèces caractéristiques débordent fréquemment sur les écosystèmes adjacents, formant un "halo" autour de leur habitat privilégié. Ce processus explique aussi la forte biodiversité des herbiers qui abritent temporairement des individus erratiques d'espèces caractéristiques des récifs ou des mangroves. Enfin, d'autres espèces comme les tortues utilisent plusieurs écosystèmes dans leur cycle biologique, fréquentant largement les récifs coralliens en dehors des périodes d'alimentation passées dans les herbiers.



Palétuviers et herbiers de la baie du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe.
© M.Lejart

Beaucoup reste encore à faire pour bien comprendre les interactions en jeu entre ces trois écosystèmes majeurs des milieux côtiers tropicaux. C'est pourtant en les considérant dans ce contexte plus large que pourra réussir la conservation de leur bon fonctionnement et par conséquent le maintien de leur biodiversité et des services écosystémiques associés.

PERTURBATIONS, MENACES ET ENJEUX DE CONSERVATION

Les phanérogames marines se développant dans les zones côtières proches du littoral sont soumises à de nombreuses pressions naturelles et anthropiques, directes et indirectes, locales ou globales (comme le changement climatique). Selon les espèces, les seuils de tolérance aux diverses pressions et la résilience sont très variables.

ALEAS NATURELS

- ***Cyclones et fortes précipitations***

Toutes les régions tropicales vivent des saisons cycloniques, plus ou moins marquées selon la zone considérée : ainsi, la Polynésie française et Mayotte sont moins exposées au risque cyclonique systématique que La Réunion ou la Martinique (Météo-France, Dinhut *et al*., 2008). Au cours de ces événements, les arrivées d'eaux douces issues des fortes pluies diminuent considérablement la salinité des eaux lagonaires. Les espèces de phanérogames marines sont plus ou moins euryhalines et tolèrent de manière inégale les variations de salinité. *Halodule uninervis* et *Halophila stipulacea* s'adaptent très bien à ces changements rapides de salinité, tandis que *Cymodocea serrulata* par exemple le fait moins (Phillips *et al.*, 1988). En outre, les importantes précipitations entraînent souvent dans leur course des particules sédimentaires ou polluées et des déchets charriés lors du lessivage des sols.

L'érosion sédimentaire créée par les houles cycloniques n'épargne pas les herbiers. Même s'ils présentent une meilleure résistance que les sédiments nus grâce à leur système racinaire et rhizomateux, celle-ci est variable selon le système développé par chaque espèce. Par exemple, *Thalassia testudinum* est dotée d'un très solide réseau racinaire résistant remarquablement bien aux événements tempétueux (Cruz-Palacios et Van Tussenbroek, 2005). Par contre, des espèces à feuilles courtes telles que *Halophila ovalis,* ou à feuilles étroites comme *Syringodium filiforme,* qui plus est formant des herbiers peu denses avec de fines racines, résistent mal aux houles.

- ***Marées de vives-eaux***

Les espèces de phanérogames marines tolèrent de manière inégale la dessiccation et l'effet des UV. L'émersion à basse mer est un facteur déterminant pour la distribution des herbiers. Les évènements climatiques particuliers (fortes

marées basses barométriques lors de périodes cycloniques, grands coefficients associés à des périodes de forte chaleur et vent, etc.), qui tendent à augmenter l'émersion et le dessèchement des feuilles, vont contribuer à endommager les herbiers. Certaines espèces supportent moins bien que d'autres les longues périodes d'exondation, comme *Thalassia testudinum* (Chauvaud, 1997).

Dans l'archipel de la Société (Polynésie française), lors de la période cyclonique de 1983, les fortes marées basses barométriques avec un niveau moyen de la mer de 20 à 25 cm au-dessous du niveau habituel ont causé une mortalité importante de l'ensemble des organismes des platiers. Si les impacts sur les herbiers ne sont pas connus, ce type de phénomène est clairement susceptible d'avoir un impact important sur les herbiers, d'autant que les fortes houles associées vont agir en synergie.

• *Eruptions volcaniques et tremblements de terre*

Les éruptions volcaniques et les séismes, peuvent réduire les surfaces disponibles pour les herbiers, ou au contraire en créer de nouvelles. Par exemple, le séisme Limòn au Costa Rica en 1991 a surélevé le lagon de 0.5 m, permettant sa colonisation par *T. testudinum*. Le séisme de 1993 à Wallis et Futuna a lui aussi entraîné l'émersion du platier et causé la mort de nombreux organismes. Du fait de leur origine volcanique, les îles coralliennes ultramarines sont concernées par l'aléa sismique et parfois éruptif.

• *Changement climatique*

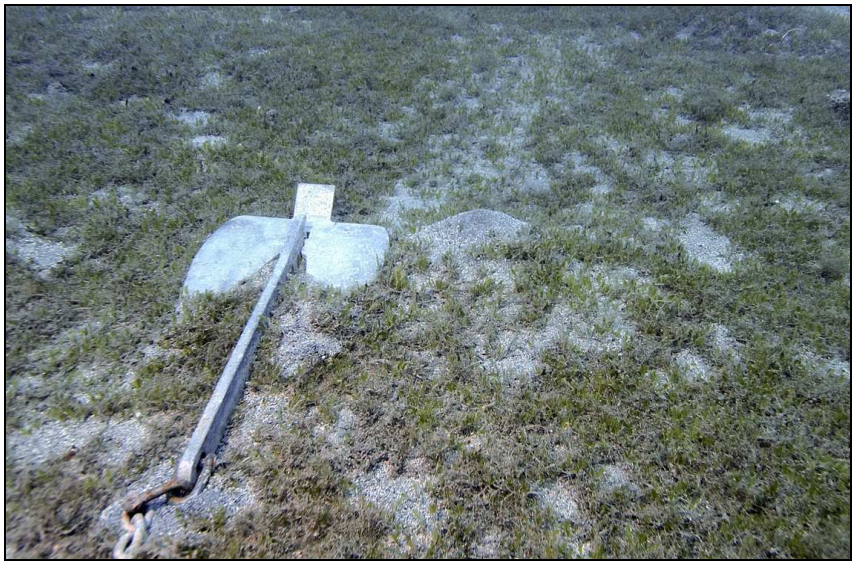
Le changement climatique global accéléré par les activités anthropiques est un facteur-clé dans la dynamique future des herbiers d'Outre-mer. La montée du niveau de la mer et des températures des eaux côtières sont deux composantes du changement climatique par lesquelles la distribution des phanérogames marines devrait être modifiée. Ces modifications seront complexes et variables selon les sites, mettant en jeu des processus d'inhibition, de tolérance et de facilitation selon les espèces. Il faut s'attendre à des variations (extensions ou régressions) des surfaces d'herbiers mais aussi à des modifications de leur composition spécifique. Les effets secondaires induits par le réchauffement des eaux seront également déterminants : les modèles climatiques prévoient davantage d'évènements cycloniques associant houles et modifications du régime des marées. En période d'El Niño, l'activité cyclonique s'étend davantage vers le centre et l'est du Pacifique, augmentant le nombre de cyclones susceptibles de toucher la Polynésie française.

PRESSIONS ANTHROPIQUES

• *Dégradation physique directe*

Arrachage : Les pieds de phanérogames marines peuvent être détériorés de manière mécanique par l'utilisation d'engins de pêche tels que les engins traînants, les casiers et les outils utilisés lors de la pêche à pied (la pêche au djarifa à Mayotte par exemple, pratiquée exclusivement par des femmes : deux maintiennent un tissu (djarifa) dans l'eau pendant qu'une troisième rabat les poissons à l'intérieur) (Kendrick *et al.,* 2002 ; Leriche *et al.,* 2006).

L'impact des mouillages et des hélices de bateaux sur les herbiers dans les secteurs où la plaisance est fortement développée, comme aux Antilles, n'est pas à négliger (Sermage, 2006). Par exemple, il a été observé une perte de 50 pieds.m^{-2} en moyenne pour un ancrage (posidonie en Méditérannée) ou encore une perte globale de 0,5% de l'herbier par année et par bateau, à l'ouest de l'Australie (Hasting *et al.*, 1995). En outre, pour le « bien-être » des touristes, les herbiers sont parfois arrachés des zones de baignade.



Mouillage sur un herbier martiniquais. © F.Mazéas

Dragage : L'extraction de matériaux coralliens ou sableux destinés à la construction, comme à Mayotte, en Polynésie française ou à Wallis et Futuna, impactent parfois directement des zones d'herbiers, ou indirectement, en induisant des processus d'érosion à proximité des secteurs d'extraction. Dans les régions les plus touristiques (Antilles, Polynésie française) ou à croissance démographique forte (La Réunion), le développement d'infrastructures comme les ports, des ouvrages de défense contre la mer, des plages artificielles à l'avant des hôtels, de chenaux de navigation ou encore des remblaiements pour gagner des surfaces constructibles se font au mépris des herbiers. Indirectement, il entraîne une modification des courants, donc de la ligne du rivage et une sédimentation plus intense.

Piétinement : La fréquentation des lagons par les baigneurs (à La Réunion, dans le lagon de N'Gouja à Mayotte) ou par les pêcheurs à pieds (Antilles, Nouvelle-Calédonie, Wallis et Futuna) est souvent synonyme de piétinement des herbiers, quand ceux-ci ne sont pas directement ciblés par les pêcheurs, étant très accessibles et abritant de nombreuses espèces d'intérêt commercial, comme des poissons, des lambis ou des oursins.

Envasement : Comme la plupart des habitats côtiers dans le monde, les herbiers doivent faire face depuis quelques décennies à une augmentation des charges particulaires dans les eaux et à la sédimentation des particules fines sur le fond. En Outre-mer français, la déforestation pour augmenter les surfaces habitables ou cultivables (à Mayotte et aux Antilles notamment), ainsi que les travaux d'aménagements des territoires (remblais aux Antilles, en Polynésie française, à Mayotte et en Nouvelle-Calédonie) et les mauvaises pratiques agricoles favorisent le ruissellement des eaux pluviales et donc l'érosion des sols.

A l'augmentation de la charge des eaux pluviales en particules charriées sur leur passage, s'ajoute la diminution du rôle de filtre et d'épuration des zones humides et des mangroves, conséquence du développement économique incontrôlé. Par conséquent, ce sont les eaux et les fonds lagonaires qui deviennent les principaux réceptacles des effluents terrigènes et qui souffrent d'une hypersédimentation. Les rejets des fermes aquacoles implantées sur le littoral, comme en Nouvelle-Calédonie, participent également à ce phénomène, tant en causant une régression de la mangrove qu'en étant source de rejets pollués. Une étude sur les éventuels impacts des effluents crevetticoles sur la mangrove a été lancée dans le cadre du programme calédonien ZoNéCo (Virly *et al.*, 2005). Une analyse diachronique depuis 1954 jusqu'en 2004 a mis en évidence sur les sites proches de fermes aquacoles un envasement important empêchant une évacuation correcte des effluents, ainsi qu'une modification de la composition spécifique en palétuviers. Cependant, cette modification de la végétation et les différences significatives intrasites et intersites des paramètres physico-chimiques ne peuvent pas être attribuées à la crevetticulture pour seule cause.

En outre, la Nouvelle-Calédonie voit ces problèmes exacerbés par l'exploitation de nickel (elle est le troisième producteur mondial) en particulier sur la côte est. Dans le lagon, les panaches turbides issus des cours d'eaux empêchent la pénétration de la lumière et inhibent la photosynthèse, réduisant les possibilités d'extension des herbiers en profondeur, et provoquant leur disparition dans certaines zones. Ce phénomène est amplifié dans les baies abritées et les lagons où le brassage des eaux est faible : les feuilles se retrouvent donc couvertes de particules fines limitant la photosynthèse. La matière organique associée aux apports terrigènes, d'origine végétale et urbaine, favorise les efflorescences phytoplanctoniques qui diminuent la clarté de l'eau et s'accumulent sur le fond. Leur dégradation peut induire une hypoxie voire une anoxie du sédiment, néfaste pour le maintien et le développement des herbiers.

Utilisation : Dans plusieurs régions du monde, les phanérogames marines sont encore utilisées par l'Homme : les rhizomes de *E. acoroïdes* servent de nourriture au Kenya et en Thaïlande, les Seris au Mexique les transforment en farine, la richesse nutritive de *Zostera sp*. en fait un composant de la nourriture dans les élevages de moutons et porcins autour de la Mer Noire, etc. Les Thaïlandais tirent profit en médecine des propriétés biologiques de nombreuses espèces. Les fibres de *Zostera sp.* et *P. iwatensis* peuvent constituer des vêtements, des cordages (filets en Micronésie par exemple), des tapis, des tissus d'ameublement, rembourrer des matelas, isoler les maisons (isolation thermique et sonore en Corse), le bétail en hiver, remplacer le chaume, etc. dans différentes régions du monde (Europe, Asie, Afrique). Elles sont utilisées comme engrais *(P. oceanica* en Tunisie, *Zostera sp.* au Japon, etc.), comme paillis en agriculture (ex. : *P. angustifolia* en Australie), comme matériau d'emballage ou encore dans la lutte contre l'érosion, dans les endiguements, etc. Il existe donc une dépendance culturelle et économique vis-à-vis des herbiers dans de nombreuses régions du monde, où ils sont exploités ce qui contribue à leur dégradation. Cependant dans l'Outre-mer français, aucune utilisation des phanérogames marines par les populations n'a été rapportée.

Introduction d'espèces : Certaines algues introduites deviennent envahissantes comme la caulerpe ou la sargasse en Europe. Elles entrent directement en compétition spatiale et pour la lumière avec les phanérogames marines. Ainsi, dans les années 80, *Caulerpa Taxifolia* a été la cause de la mortalité de vastes zones d'herbiers en Méditerranée. En Polynésie française, on observe un envahissement depuis une vingtaine année, d'une algue brune, *Turbinaria ornata*, qui s'étend dans plusieurs lagons d'atoll de la région des Tuamotu (Stiger & Payri, 1999a) et une prolifération depuis quelques années de *Sargassum mangarevense* au détriment des coraux (Stiger & Payri, 1999b). Partant de ce constat, la Nouvelle-Calédonie est désormais vigilante sur l'évolution des populations de sargasses sur les récifs (Mattio, 2006). De même, ces espèces peuvent devenir envahissantes de manière saisonnière sur les barrières récifales à Mayotte (Gigou *et al.*, 2009).

- ***Dégradations indirectes***

Pollution agricole : Les engrais, à destination des cultures terrestres, sont entraînés lors du lessivage des sols par les fortes pluies et terminent leur course en mer. Les eaux côtières subissent alors un enrichissement en nutriments phosphatés et azotés, qui peut stimuler la croissance des plantes marines. L'enrichissement des zones oligotrophes peut donc favoriser la croissance des herbiers. En revanche, elle participe également au développement du phytoplancton et des macroalgues, dont les épiphytes sur les feuilles des phanérogames. Leur présence couplée à celle de matière en suspension augmente la turbidité et le taux de matière organique à dégrader et a pour conséquence une compétition pour l'espace et pour l'accès à la lumière.

Par le même processus, les pesticides, à la toxicité non sélective sont transportés jusque dans les lagons. Une étude australienne a montré que l'atrazine et le diuron entraînent une perte des feuilles et une réduction de la photosynthèse chez une espèce de phanérogame, *Halophila ovalis* (Haynes *et al*., 2000). Ces contaminants chimiques sont légion dans les régions où les cultures sont développées, telles que celles de la canne à sucre et de la banane en Guadeloupe, celle de la canne à sucre, de la vanille et de l'ananas à La Réunion, de la banane, de l'ylang-ylang et de la vanille à Mayotte. Les phanérogames des herbiers sont des macrophytes aquatiques et sont donc sensibles aux herbicides transportés par le ruissellement des eaux de pluie.

Pollution domestique : Les eaux usées chargées en détergents, en matières organiques, en bactéries d'origines fécales, etc. passent par un réseau d'assainissement avant d'être rejetées en mer, partiellement épurées, ou bien peuvent être directement déversées en mer, sans avoir subi de traitement. Il arrive souvent lors de fortes précipitations ou de périodes de grande fréquentation que les stations d'épuration soient surchargées et débordent, relarguant ainsi des effluents non traités directement dans le milieu. Les composés qui arrivent dans les eaux marines ont des conséquences sur les herbiers, puisque les particules en suspension limitent la pénétration de la lumière et certaines sont toxiques ou nuisibles pour les êtres vivants. L'accroissement démographique et l'accélération de la consommation sont à l'origine d'une augmentation des macro-déchets de type sac plastique, bouteilles de verre ou en plastique, papiers, emballages divers, etc. Le manque de sensibilisation de la population et d'organisation de la collecte et du recyclage de ces déchets, comme à Mayotte, expliquent qu'ils sont de plus en plus présents dans l'environnement littoral. Le lixiviat, liquide résiduel qui provient de la percolation de l'eau à travers les déchets, est chargé de polluants solubilisés organiques, minéraux et métalliques et d'autant plus que les déchets sont en cours de dégradation biologique. Il est dispersé dans les sols, les nappes phréatiques et les cours d'eau, donc tôt ou tard dans le milieu marin, une fois encore. Les herbiers jouent un rôle de piège pour ces macro-déchets après le premier filtre des mangroves.

Pollution industrielle : Les sites industriels et les ports rejettent de nombreux hydrocarbures et métaux lourds, et l'Outre-mer français n'est pas épargné. Les mécanismes d'accumulation et de détoxication des métaux lourds dans les phanérogames marines sont très complexes et leurs impacts restent mal connus. Ils varient sensiblement selon le type de composé et selon les processus physiologiques (photosynthèse, croissance, etc.) des plantes (Pergent-Martini & Pergent, 2000). Il semble que ces types de polluants les affaiblissent, réduisent la tolérance aux autres facteurs de stress (Zieman *et al.*, 1984) et favorisent le développement d'infections diverses (bactéries, champignons), causant de très fortes mortalités (Cambert, 2003 *in* Mazataud 2005). Ils ont tendance à s'accumuler dans les sédiments et à se diffuser lentement.

Certaines industries, les huiles de vidange dont on se débarrasse dans la nature et l'emploi de peintures anti-fouling dans certains ports ultramarins sont source de pollution. Par exemple, le tributylétain, une peinture antisalissure utilisée sur les coques des navires a été interdit d'application en 2003, mais c'est seulement en 2008 que tous les navires en ont été nettoyés [Convention internationale sur les systèmes antisalissures (convention AFS) adoptée le 5 octobre 2001 par l'Organisation maritime internationale (OMI)].

En outre, la Nouvelle-Calédonie fait face à un apport important d'un métal lourd, le nickel. En effet, il arrive lors de forts épisodes pluvieux que cet élément soit transporté jusque dans les lagons. Cependant, les pratiques d'extraction minière tendent à s'améliorer.

Stress environnemental et parasitisme : Dans les années 1930, une maladie appelée « wasting disease » a tué près de 90% de la biomasse de *Zostera marina* de l'Atlantique. Elle est causée par un protozoaire parasite *Labyrinthula zosterae* et fait apparaître des tâches noires sur les feuilles de zostères, qui finissent par se détacher. Des travaux ont montré que ce parasite présent de manière assez générale dans les feuilles à l'état cryptique pouvait présenter des phases de développement rapide, diminuant les possibilités de photosynthèse de la plante de 50%. Les rhizomes, privés d'apports nutritifs finissent par mourir (Ralph & Short, 2002).

Selon certains auteurs (den Hartog, 1987 ; Tutin, 1938), l'apparition de cette maladie est la conséquence de l'affaiblissement de la plante, et non la cause. Celle-ci trouve son origine dans la combinaison complexe de plusieurs facteurs environnementaux associant probablement une diminution de l'insolation, une augmentation de la température moyenne de l'eau de 1 à 3 °C, des eaux turbides et de mauvaise qualité. A l'inverse, Peter J. Ralph et Frederick T. Short en 2002 démontrent que les facteurs environnementaux ne font qu'aggraver l'état de santé des herbiers infestés par *Labyrinthula zosterae*. Depuis, les symptômes de la « wasting disease » sont visibles dans de nombreux herbiers mais seuls quelques sites en Europe et en Amérique du Nord ont montré ces dernières années quelques épisodes de forte infestation occasionnant des régressions. En milieu tropical, les espèces de phanérogames n'ont pas subi de telles infestations massives et aucune régression marquée n'a été expliquée par des problèmes de ce type à ces grandes échelles géographiques.



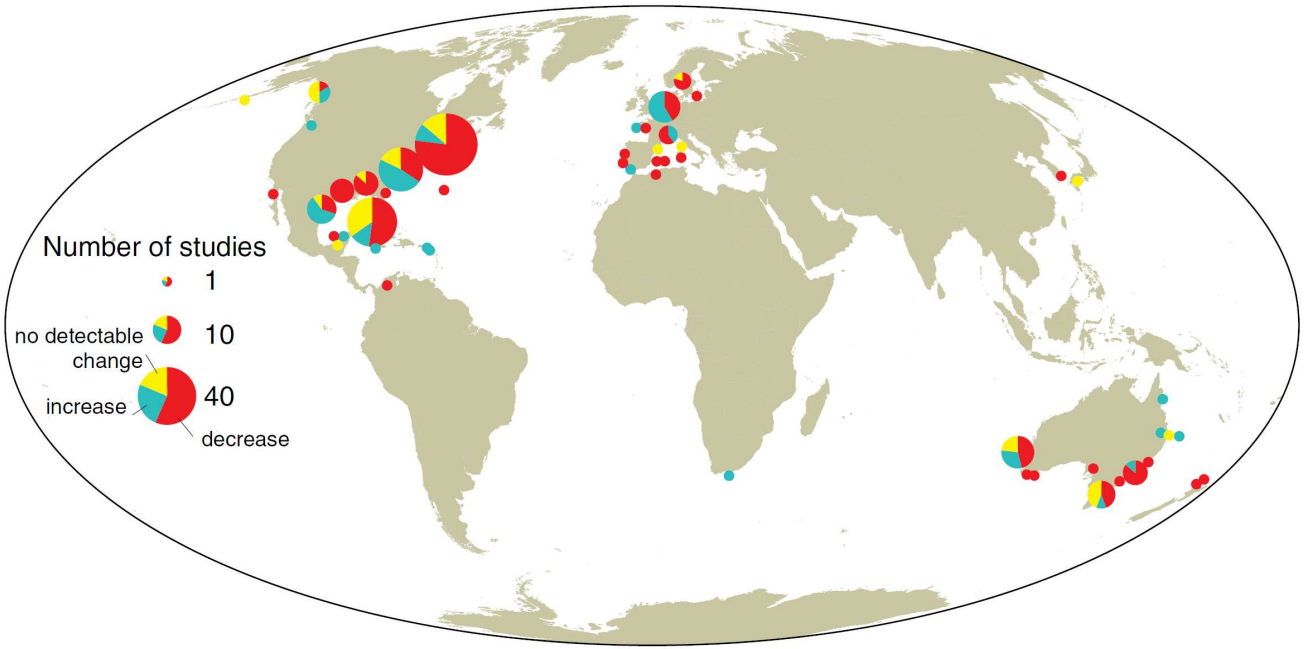
Multiplication des menaces d'origine humaine (Vasière des Badamiers, Mayotte).
© IGN

ENJEUX DE CONSERVATION

Leurs rôles fonctionnel et structurant confèrent aux herbiers de phanérogames marines une importance majeure dans les milieux côtiers tropicaux. Certaines espèces sont endémiques : 13 espèces en Australie ne se rencontrent nulle part ailleurs dans le monde, six des sept espèces caribéennes sont endémiques à cette région. Les enjeux de conservation de ces plantes marines sont forts, puisque assurer leur pérennité c'est assurer le maintien de tout l'écosystème qui leur est associé.

Les herbiers de phanérogames marines sont aujourd'hui vulnérables voire en déclin (Walker *et al.*, 2006) : situés à l'interface terre-mer, ils subissent de plein fouet les effets du développement des activités humaines et y sont très sensibles.

Dans les régions les plus peuplées du monde, les scientifiques ont constaté une diminution des surfaces occupées par les herbiers en un siècle (carte 2). Bien que des surfaces aient été détruites alors même que l'on ignorait leur existence, des auteurs (Short & Wyllie-Escheverria, 2000) ont extrapolé une perte en herbiers de l'ordre de 12.000 km² tandis qu'elle était référencée à 2.900 km² entre le milieu des années 80 et le milieu des années 90. Waycott *et al.* (2009) font état d'un taux de perte en surface occupée par les herbiers depuis le début des années 80 de 110 km² par an et d'une disparition de 30% de cette aire depuis leur premier recensement en 1879. En outre, ils ont noté que cette diminution allait à un rythme de 0.9% par an avant 1940 et que depuis 1990 elle atteint 7% par an.



Carte 2 : Les changements de surface occupée par les herbiers (131 sites en Amérique du Nord, 34 sites en Europe et 40 sites en Australie) : en rouge les zones de régression, en vert les zones d'extension (>10%) et en jaune les zones stables (+/- 10%) (Source : Waycott *et al.,* 2009).

Dans l'Outre-mer français, les herbiers régressent à cause de la croissance démographique importante que connaissent généralement les littoraux. L'aménagement du territoire pour accueillir les populations se fait au détriment de certains écosystèmes mal perçus, comme les mangroves et les herbiers. En effet, les pressions sur les herbiers augmentent : la fréquentation par le public est accentuée (plaisanciers, baigneurs, pêcheurs, etc.), de même que les pollutions de diverse origine, et ils ne bénéficient pas d'une bonne image. Ils souffrent d'un manque de considération par le public : dans les média, les herbiers bénéficient de l'attention la plus faible (1.3%), suivis des prés salés (6.5%), puis des mangroves (20%) et enfin des récifs coralliens (72.5%), qui sont le thème principal des sujets portant sur les écosystèmes côtiers (Duarte *et al.,* 2008). Le manque de prise de conscience par le public à propos des pertes que subissent les écosystèmes qui sont négligés contribue à leur déclin. Il devient essentiel d'accroître la communication autour des herbiers pour leur assurer une gestion efficace (Duarte *et al.,* 2008). Il faut étayer les connaissances et sensibiliser l'opinion publique sur l'importance des herbiers et les menaces auxquelles ils sont exposés, afin que des mesures soient instaurées pour leur protection, au même titre que les récifs coralliens ou les mangroves (Orth *et al*., 2006). En outre, toutes ces biocénoses marines sont connectées entre elles et sont interdépendantes. Une prise en compte globale dans les recherches et dans les sujets destinés au public devrait être privilégiée, puisque si l'une de ces biocénoses vient à être menacée, les conséquences se répercuteront sur les autres et c'est l'ensemble de l'écosystème qu'elles forment qui sera inquiété.

RECHERCHE SCIENTIFIQUE SUR LES HERBIERS

Différents organismes français mènent des études sur les herbiers ou y participent : des laboratoires universitaires ultramarins (pour les îles qui en sont équipées), l'IFREMER, certains services de l'Etat, comme la Direction de l'agriculture et de la forêt (DAF), la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN), etc. ou encore des associations de protection du milieu marin. Il existe un observatoire du milieu marin Martiniquais (OMMM) qui intègre les herbiers. Le grenelle de la mer veut créer, dans le respect des compétences des collectivités d'Outre-mer, un observatoire des milieux marins dans celles qui n'en disposent pas. Les herbiers devraient y figurer au titre des habitats d'intérêt particulier (biodiversité et services écosystémiques entre autres).

Actuellement, les thèmes principaux de recherche concernant les herbiers portent sur les sujets suivants :

- suivis scientifiques,
- menaces, résilience,
- techniques de restauration,
- augmentation des connaissances, de la reconnaissance par le public,
- étude de la biodiversité, etc.

Diverses associations ont à cœur les problématiques concernant les herbiers de phanérogames marines :

- la World Seagrass Association, qui est un réseau de scientifiques et de gestionnaires voué à la recherche, la protection et la gestion des herbiers du monde entier.

- Seagrass 2000, dont les objectifs sont de promouvoir la protection et la conservation des phanérogames marines de la Méditerranée et d'augmenter la communication autour d'elles. Elle organise les Mediterranean Seagrass Workshops, dont la première édition a eu lieu en 2006 et la deuxième et dernière à Hvar, en Croatie, en septembre 2009.

Depuis 1993, il y a eu huit International Seagrass Biology Workshops, le dernier s'est tenu à Trang, en Thaïlande, en 2010. Des experts internationaux sur les herbiers et des scientifiques de toutes les régions du monde y discutent de la conservation et de la restauration des herbiers de phanérogames marines. Les 76 participants du troisième International Seagrass Biology Workshop en 1998 ont signé une charte pour les herbiers marins, appelée la Convention de Bolinao, pour encourager les pays à mieux considérer les phanérogames marines dans la gestion de la zone côtière.

La World Seagrass Conference est ouverte à tous, la dernière s'est déroulée à Phuket, en Thaïlande en 2010. Y participent des gestionnaires, des scientifiques, des ONG, des étudiants, qui sont encouragés à présenter leurs travaux, leurs expériences de gestion, de sensibilisation, etc.

SUIVIS

• *Echelle internationale*

Il existe plusieurs programmes de suivi des herbiers de phanérogames marines à travers le monde (Espagne, France, Danemark, Estonie, Mer Baltique, Caraïbes, Australie, Nouvelle-Zélande, USA, etc.) parfois organisés en réseau. Leurs fonctionnements et objectifs peuvent varier : certains sont menés par des scientifiques, d'autres par des techniciens ou encore par des volontaires (ex. : Seagrass-Watch, qui a le mérite de sensibiliser le public). Les superficies et les paramètres considérés sont plus ou moins étendus. Il s'agit généralement d'étudier la surface occupée et la densité en phanérogames marines, afin de déceler d'éventuels changements, par le biais d'observations directes le long de transects. Pour de vastes champs d'étude, la télédétection peut être employée (photographie aérienne ou satellitaire) ou même l'acoustique à l'aide de sonars latéraux.

Dans certains programmes, des études portant sur la qualité de l'eau et/ou des sédiments sont faites simultanément. Elles permettent de faire le lien entre les tendances d'évolution des herbiers et la qualité de leur milieu de vie (Borum *et al.*, 2004). Quelques exemples de programmes de suivi :

- Seagrass-Watch, entrepris en 1998 en Australie. Désormais, 259 sites font l'objet d'un suivi en Micronésie, Nouvelle-Guinée, îles Solomon, Fidji, Nouvelle-Calédonie, Palau, Japon, Chine, Viet Nam, Philippines, Thaïlande, Malaisie, Indonésie, Myanmar, Bangladesh, Inde, Érythrée, Koweït, France, Espagne, Comores, Maldives, Caraïbes, USA et Singapour. Il a pour but de sensibiliser sur l'importance des herbiers, sur leur gestion, sur le changement climatique ainsi que de standardiser les méthodes scientifiques, de mener un suivi à long terme de ces habitats et d'apporter des mesures de conservation pour assurer leur résilience. Quatre magazines par an sont publiés.

- SeagrassNet est un programme de suivi des herbiers à travers le monde (110 sites dans 30 pays, dont un à Mayotte), amorcé en 2001. Soutenu par des fondations américaines, il a pour but d'établir un monitoring d'herbiers témoins pour accroître les connaissances scientifiques et la prise de conscience du public, pour une meilleure préservation des herbiers. Un protocole standardisé de suivi ainsi qu'une base de données ont été développés.

• *Echelle communautaire*

Le projet "Monitoring & Managing of European Seagrass Ecosystems (M&MS)" (il s'est terminé en 2004) : les objectifs de ce projet, mené par des universités européennes et des instituts de recherche, étaient de définir les enjeux des herbiers européens, les menaces actuelles auxquelles ils sont confrontés et leur résilience, afin de renforcer les prévisions et de définir des stratégies de gestion. Une approche pluridisciplinaire a été menée pour compiler et analyser les données existantes, définir des champs d'études, mener des études et des expériences de laboratoire et de terrain. Les connaissances déjà acquises ont été synthétisées dans un manuel à destination des gestionnaires, afin de les assister dans le suivi et la gestion durable de ces écosystèmes (Borum *et al.,* 2004).

• *Echelle nationale*

Le REBENT (RESeau BENThique), assure un suivi des changements à long terme des principales biocénoses benthiques côtières, dont les herbiers de *Zostera marina*. Il met les données à disposition des scientifiques, des gestionnaires et du public. Il a permis l'élaboration d'un Atlas des herbiers de zostères en région Bretagne**,** à l'état des connaissances de leur localisation en 2007. Il complète les suivis des herbiers mis en place dans le cadre de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) qui caractérise les populations de phanérogames et l'extension des herbiers dans des sites témoins du littoral français.

Le GIS Posidonie, composé de scientifiques et de gestionnaires du littoral marin méditerranéen est à l'initiative de la création du réseau de surveillance posidonie, qu'il coordonne depuis 1984. Il emploie cette phanérogame comme bioindicateur de la qualité globale du littoral, sur 33 points de suivis sur la côte méditerranéenne française et a servi de modèle à d'autres pays européens comme l'Espagne et l'Italie. Ce réseau permet de diagnostiquer l'état général des herbiers face aux conditions du milieu et d'évaluer les conséquences des nuisances d'origine anthropique.

DIVERSITE DES PHANEROGAMES

Le Centre Mondial de Surveillance pour la Conservation de la Nature (World Conservation Monitoring Center, WCMC) du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) a été mis en place en 2000 et est en charge de l'évaluation de la biodiversité. Il est co-financé par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), la World Wildlife Fund (WWF) et le PNUE. Il effectue des recherches scientifiques et conseille les décideurs dans leur choix de gestion de la biodiversité. Il est à l'origine de l'Atlas mondial des herbiers marins « World Atlas of Seagrasses » (Green & Short, 2003), qui a permis pour la première fois de dresser un bilan mondial de la distribution (cartographie) et de l'état des herbiers de phanérogames marines. Cinquante-huit auteurs à travers le monde ont participé à sa rédaction.

TRANSPLANTATION/RESTAURATION

La Seagrass Recovery est une entreprise vouée à la restauration et à la croissance des herbiers marins. Elle utilise et développe des techniques innovantes basées sur des données scientifiques de la National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) et de la Florida Fish and Wildlife Conservation Commission. Elle travaille en partenariat avec The Ocean Foundation (TOF) pour restaurer les herbiers à travers le monde, par le biais de l'initiative « seagrass grow ».

Le centre de restauration de la NOAA a été fondé en 1991, pour restaurer les habitats américains tels que les mangroves, les prés salés, les herbiers, les récifs coralliens, les forêts de laminaires et les rivières. Dans ce but, il allie recherche scientifique et technologie, il fédère la population locale, les partenaires privés et publics et assure un suivi scientifique pour évaluer le succès de la restauration.

AUGMENTATION DES CONNAISSANCES ET DE LA RECONNAISSANCE PAR LE PUBLIC

Afin d'accroître les connaissances sur les phanérogames marines des îles de l'ouest de l'Océan Indien (qui bénéficient de peu de recherches relatives aux milieux côtiers), a été mis en place en 2007 le programme de recherche HILOI (Herbiers des Iles de l'Océan Indien), sous l'égide la Fondation française pour la recherche sur la biodiversité et ayant pour terrain d'étude La Réunion, Mayotte, les Seychelles et Madagascar. Les objectifs de ce projet, d'une durée de 3 ans, ont été (1) de caractériser la biodiversité intrinsèque de la macrofaune des herbiers de phanérogames marines, (2) de quantifier l'impact de l'anthropisation sur les herbiers (perte de diversité, recouvrement) par approche spatiale comparative (gradient de sites perturbés) et historique (pour certaines îles), (3) d'identifier les mécanismes de stimulation de la biodiversité des systèmes coralliens avoisinants (traits biologiques et histoire de vie des espèces, modification des peuplements et groupes fonctionnels) et (4) de quantifier, par une analyse sociologique, les services et produits écosystémiques associés aux herbiers et plus largement les liens réciproques Homme-herbiers (incluant une analyse institutionnelle) et d'évaluer l'évolution éventuelle des usages liés aux modifications de la diversité. Le laboratoire de recherche en écologie marine ECOMAR et le Centre de Recherche et d'Etude en Géographie de l'Université de La Réunion (CREGUR), le centre IRD de La Réunion et KELONIA (ancien Centre d'Etude et de Découverte des Tortues Marines) ont participé à ce programme, avec d'autres partenaires internationaux.

Des scientifiques de la Coastal and Estuarine Research Federation étudient les stratégies à développer afin d'augmenter les connaissances et d'attirer l'attention du public sur ces écosystèmes, par le biais de cours dispensés aux élèves, des media, d'internet, etc. Ils proposent différents types de supports adaptés pour assurer une bonne communication sur les herbiers.

PRISE EN CONSIDERATION DES HERBIERS A L'ECHELLE INTERNATIONALE

Les herbiers marins sont soumis à de nombreuses menaces et figurent parmi les habitats marins les plus vulnérables car leur existence dépend d'une espèce vivante. Ils sont cependant très peu considérés en termes de conservation (Green & Short, 2003). En effet, certains habitats comme les récifs coralliens ou les mangroves, ainsi que les espèces emblématiques que les herbiers abritent, telles que les mammifères marins, les hippocampes ou encore les tortues bénéficient de statuts de protection, tandis que les herbiers suscitent moins d'intérêt. Ceci est notamment dû au fait que certaines espèces de phanérogames sont encore peu connues, que leur répartition est mal documentée et que leur rôle dans le maintien de la biodiversité, leur productivité et les ressources qu'elles abritent est sous-estimé. Parmi la soixantaine d'espèces de phanérogames marines existante, seules trois sont sur la liste rouge de l'UICN : *Halophila johnsoni* et *Halophila baillonis* (classées Vulnérable) ainsi que *Phyllospadix serrulatus* (classée Rare) (Walter & Gillet, 1997). Les herbiers sont rarement pris en compte dans les politiques de gestion intégrée de la zone côtière (GIZC).

Quelques textes réglementaires à différentes échelles offrent tout de même un statut de protection direct aux herbiers. On reconnaît ainsi leur utilité et le besoin de les protéger. L'ensemble des mesures juridiques reste assez faible comparé à d'autres types d'habitats et est inégal selon les régions du monde considérées. De plus, il ne cible que quelques espèces de phanérogames.

ECHELLE INTERNATIONALE

- ***La convention RAMSAR***

Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, élaborée et adoptée par les nations participantes lors d'une réunion à Ramsar, en Iran, le 2 février 1971. Elle est entrée en vigueur le 21 décembre 1975. Elle promeut la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources. La surface totale des sites désignés actuellement s'élève à 184.944.789 hectares. Il a été défini différents types de zones humides, dont certaines sont classées « zone humide marine/côtière » et

comprennent les lagunes, les marais intertidaux, les récifs coralliens, etc. Certaines abritent des herbiers, mais ces derniers sont aussi préservés directement grâce à leur qualité d'habitat dans le type « Lits marins aquatiques subtidaux » (Frazier, 1999).

La France a ratifié la convention en 1986. Il existe 7 sites Ramsar en Outre-mer français : à Basse-Mana (59.000 ha), le marais de Kaw (137.000 ha) et l'estuaire du fleuve Sinnamary (28.400 ha) en Guyane Française, l'étang des Salines (207 ha, comprend des herbiers) en Martinique, le Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe (20.000 ha, comprend des herbiers), le lagon de Moorea (5.000 ha) en Polynésie française et la Réserve Naturelle Nationale des Terres Australes Françaises *(*2.270.000 ha) (Liste des zones humides d'importance internationale, RAMSAR.org).

- ***La Convention de Carthagène***

Convention pour la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région des Caraïbes, a été signée à Carthagène (Colombie) le 24 mars 1983 et est entrée en vigueur en 1986 (ratifiée par la France en 2002). Elle impose aux pays signataires de prévenir, réduire et combattre les pollutions de tout type. Le protocole SPAW, signé en 1990, est l'un des trois protocoles pour la mise en œuvre de la convention. Il a pour objectifs la protection, la préservation et la gestion durable des espaces sensibles et des espèces sauvages menacées, dont les phanérogames marines de cette région font partie (annexe 3 de la convention).

ECHELLE COMMUNAUTAIRE/REGIONALE

- ***La convention de Berne***

Elle a pour but d'assurer la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe par une coopération entre les États. Elle a été signée le 19 septembre 1979 à Berne en Suisse et est entrée en vigueur le 1er juin 1982. Ses buts sont d'assurer la conservation de la flore et de la faune sauvages et de leurs habitats naturels ainsi que de protéger les espèces migratrices menacées d'extinction. Parmi la flore strictement protégée en Méditerranée figurent *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* et *Posidonia oceanica.* Il n'existe pas d'espèce tropicale protégée par cette convention.

- ***La Convention OSPAR***

Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique nord-est, entrée en vigueur le 25 mars 1998. Entre autres espèces et habitats menacés et/ou en déclin on retrouve les herbiers de *Zostera sp.* (liste OSPAR, OSPAR.org). Elle vise l'application des grands principes de la politique environnementale internationale pour empêcher et éliminer la pollution marine et pour gérer de façon durable la zone maritime.

- ***La Convention de Nairobi***

Pour la protection, la gestion et le développement de l'environnement marin et côtier de la région de l'Afrique de l'Est (Nairobi, le 21 juin 1985). Elle participe à la protection des phanérogames marines de ce secteur.

- ***La Convention d'Apia***

Convention sur la protection de la nature dans le Pacifique Sud. Signée à Apia, le 12 juin 1976, amendée à Guam le 9 Octobre 2000. Elle vise la création de zones protégées (parcs nationaux, réserves nationales) permettant la sauvegarde des espèces de la faune et de la flore menacées, ainsi que des « paysages remarquables, des formations géologiques frappantes et des régions ou objets présentant un intérêt esthétique ou une valeur historique, culturelle ou scientifique » (art. II.1). L'article V.1 concourt à la sauvegarde des herbiers marins : « En dehors de la protection donnée aux espèces de faune et de flore indigènes dans les zones protégées, les Parties contractantes s'efforcent de protéger de telles faune et flore (une attention particulière étant portée aux espèces migratrices) de manière à les sauvegarder de toute exploitation inconsidérée et d'autres menaces pouvant aboutir à leur extinction ».

- ***La Convention de Nouméa***

Convention sur la protection des ressources naturelles et de l'environnement de la région du Pacifique Sud, signée *à* Nouméa, le 25 novembre 1986, stipule que les Parties prennent, individuellement ou conjointement, toutes les mesures appropriées pour protéger et préserver dans la zone d'application de la Convention les écosystèmes rares ou fragiles et les espèces de faune et de flore en régression, menacées ou en voie d'extinction, ainsi que leur habitat. À cet effet, les Parties établissent, si besoin, des zones protégées telles que parcs et réserves, et interdisent ou réglementent toute activité susceptible d'avoir des effets néfastes sur les espèces, les écosystèmes ou les processus biologiques que ces zones sont censées protéger. L'établissement de telles zones ne porte pas atteinte aux droits des autres Parties ou d'États tiers en vertu du droit international. En outre, les Parties procèdent à l'échange d'informations sur l'administration et la gestion de telles zones.

- ***NATURA 2000***

C'est un réseau européen de sites naturels ou semi-naturels ayant une grande valeur patrimoniale, par la faune et la flore exceptionnelles qu'ils contiennent. Il s'appuie sur l'application des directives Oiseaux (1979) et Habitats (1992). La première fixe les Zones de Protection Spéciale (ZPS), nécessaires au bon état de conservation des espèces d'oiseaux menacées, vulnérables ou rares. La seconde désigne les Zones Spéciales de Conservation (ZSC) qui sont des sites présentant des habitats naturels ou semi-naturels d'intérêt communautaire ou accueillant une faune et une flore d'intérêt communautaire. Ses objectifs sont de préserver la diversité biologique et valoriser le patrimoine naturel des territoires. Les herbiers à posidonies (*Posidonia oceanica*) figurent comme habitat prioritaire dans la directive « Habitats ». L'extension en mer de ce réseau est le réseau NATURA 2000 en mer. Les directives «Habitats» et «Oiseaux» s'appliquent sur le territoire européen des États membres. En conséquence, les eaux adjacentes aux départements d'Outre-mer (DOM) français et aux territoires mentionnés à l'annexe II du traité instituant la Communauté Européenne sont exclues (Commission Européenne, 2007). Néanmoins, Il est prévu, dans le cadre de l'application du grenelle de la mer, d'étendre ce réseau d'ici 2015 en Outre-mer français (MEDDM, 2009).

ECHELLE NATIONALE

En France, la loi Littoral (loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral) détermine les conditions d'utilisation des espaces maritimes et terrestres du littoral. Néanmoins, il existe des différences entre son application sur le territoire métropolitain et en Outre-mer. En effet, dans les DROM, la loi Littoral est applicable dans les Schémas de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) mais avec des dispositions particulières en matière de planification spatiale autorisées par la Constitution (loi n° 96-1241 du 30 décembre 1996 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur de la zone dite des 50 pas géométriques). Elle est plus souple en ce qui concerne l'extension en continuité et l'interdiction de construction dans les espaces naturels et de protection. De plus, les projets de décret devant étendre les servitudes de passage permettant l'accès au littoral prévues par le code de l'urbanisme n'ont pas abouti. Par ailleurs, le Domaine Public Maritime (DPM) ultramarin est différent de celui de la France métropolitaine, puisqu'il est régi par la loi des 50 pas géométriques. La loi du 30 décembre 1996 permet la cession de parcelles dans cette bande au bénéfice des communes, d'occupants privatifs ou d'organismes ayant pour objet la réalisation d'opérations d'habitat social dans les DROM.

Dans les autres territoires ultramarins, les lois nationales ne s'appliquent que lorsqu'elles le prévoient expressément, ce que la loi Littoral ne fait pas : elle ne s'y applique donc pas, sauf à Mayotte, et peu de dispositions locales parfois nécessaires ont été entreprises dans ce sens (Martinez, 2006). Ceci est préjudiciable pour les herbiers de l'Outre-mer, puisque cette loi a le mérite de réduire l'urbanisation sur le littoral, donc de les préserver des pollutions urbaines.

MESURES DE PROTECTION INDIRECTE

L'ensemble des réglementations visant à protéger le milieu marin à travers le monde concourt à améliorer l'état de santé des phanérogames marines, notamment celles portant sur l'amélioration de la qualité de l'eau, sur l'aménagement des territoires, sur les pratiques de pêche, la protection des récifs coralliens, des mangroves, etc. En guise d'exemple, citons la Convention de Bonn, signée en 1979. Ce texte est entré en vigueur le 1er novembre 1983. La France y a adhéré en 1990. La Convention a pour objectif la conservation des espèces migratrices à l'échelle mondiale. Elle permet entre autre de « conserver ou restaurer l'habitat de l'espèce menacée ».



Tripneustes gratilla, espèce prisée, dans un herbier. © C.Hily

- ***Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique***

De portée nationale, ce sont des « secteurs du territoire particulièrement intéressant sur le plan écologique, participant au maintien des grands équilibres naturels ou constituant le milieu de vie d'espèces animales et végétales rares, caractéristiques du patrimoine naturel régional ». Elles n'ont pas de valeur juridique directe mais permettent une meilleure prise en compte de la richesse patrimoniale dans l'élaboration des projets susceptibles d'avoir un impact sur le milieu naturel. Elles constituent en outre une base de réflexion pour l'élaboration d'une politique de protection de la nature, en particulier pour les milieux les plus sensibles : zones humides, landes, etc.

Il existe deux types de Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) : La ZNIEFF de type I est un territoire correspondant à une ou plusieurs unités écologiques homogènes abritant au moins une espèce ou un habitat caractéristique remarquable ou rare, justifiant d'une valeur patrimoniale plus élevée que celle du milieu environnant ; la ZNIEFF de type II réunit des milieux naturels formant un ou plusieurs ensembles possédant une cohésion élevée et entretenant de fortes relations entre eux. Elle se distingue de la moyenne du territoire régional environnant par son contenu patrimonial plus riche et son degré d'artificialisation plus faible. Les ZNIEFF de type II sont donc des ensembles géographiques généralement importants, incluant souvent plusieurs ZNIEFF de type I qui elles correspondent a priori à un très fort enjeu de préservation voire de valorisation de milieux naturels.

- ***Grenelles***

Dans l'axe « adaptation et renforcement des outils existants » du plan d'action Outre-mer, le Grenelle de l'environnement (Ministère de l'Intérieur *et al.*, 2007) prévoit d'achever les inventaires ZNIEFF en vue de la mise en place d'un dispositif s'inspirant des principes du réseau Natura 2000 dans les départements d'Outre-mer, à Saint-Martin, à Mayotte et à Saint-Pierre et Miquelon et d'inciter et accompagner en ce sens les collectivités du Pacifique.

En plus de quelques propositions locales, le Grenelle de la mer s'est engagé plus généralement pour l'Outre-mer à entreprendre les actions suivantes, qui contribueront au maintien des herbiers de phanérogames marines :

- Renforcer la protection des récifs coralliens : en favorisant la prise en compte de l'ICRI dans les enceintes internationales, en impliquant l'Union européenne dans l'ICRI, en élargissant sa composition et sa représentativité ; en allouant davantage de moyens humains et financiers à l'IFRECOR ; en poursuivant l'initiative pour la gestion et la protection des récifs coralliens du Pacifique (CRISP).
- Mieux intégrer les collectivités d'Outre-mer dans leur bassin régional : permettre aux instances caribéennes de siéger avec les pays voisins au nom de l'Europe ; adapter l'application du droit communautaire à la spécificité ultra marine.
- Réduire fortement tous les effluents polluants en mer : mettre en place un plan de gestion des déchets ; viser un objectif de « zéro rejet » urbain non traité en mer à l'horizon 2030 et travailler à l'amélioration de l'objectif pour les rejets de navire en mer.
- Renforcer les moyens du CELRL : dans le cadre du plan national de l'estran, lancement par le CELRL en 2010 de 10 opérations pilotes de gestion écologique des estrans et des plages (en métropole et Outre-mer) ; limiter l'urbanisation au droit des zones sensibles.
- Adapter les outils aux spécificités de l'Outre-mer : organiser la gouvernance pour la création d'une ville durable, permettant sa nécessaire densification et une verticalisation modérée et acceptée par tous ; développer les démarches contractuelles Etat-collectivités type GIZC et développer la coopération régionale en matière de gestion intégrée.
- Impliquer les pêcheurs dans la surveillance environnementale : rendre plus explicite le travail de surveillance de l'environnement et les services rendus de façon volontaire par les pêcheurs et aquaculteurs (sentinelles des mers) afin d'encourager et de valoriser ce type de démarches.
- Développer à l'attention du grand public l'événementiel sur la mer en s'appuyant sur les « journées de la mer » ; mieux le diffuser et l'encourager ; soutenir les associations environnementales en leur donnant les moyens de renforcer leur action d'éducation à l'environnement et de diffusion des connaissances auprès du grand public.
- Renforcer les moyens d'observation.
- Développer la connaissance des impacts et des risques dans certains domaines sensibles : développer la connaissance nationale et locale de l'évolution des phénomènes climatiques et la mesure et la compréhension du trait de côte afin d'améliorer la prise de décision et l'élaboration de stratégies de gestion.
- Adapter les moyens de recherche et d'études à la taille et à la diversité des milieux concernés, dans le respect des compétences des collectivités : faire de l'Outre-mer, un centre de référence pour le développement durable de la mer, en créant des pôles expérimentaux de recherche, d'évaluation et d'exploitation des ressources, à même d'accompagner, de contrôler (au plan sanitaire) et de soutenir les initiatives locales en matière de pêche, d'aquaculture, de pisciculture, etc. ; Articuler les moyens des

centres scientifiques et techniques au sein de « pôles » ; Accroître l'importance des problématiques ultramarines dans la programmation des pôles de compétitivité Mer existants.

- ***International coral reef initiative***

Les récifs coralliens et les écosystèmes associés, les mangroves et les herbiers, ont été déclarés par l'ICRI « écosystèmes en danger, nécessitant d'être conservés et gérés » (*in* Dight & Scherl, 1997). Elle a participé à l'évaluation de la valeur économique de ces trois biocénoses en 2008 (Conservation International, 2008), pour estimer leurs biens et services rendus à l'échelle globale, régionale et locale (valeurs pour le tourisme et activités récréatives, pêche, protection des côtes, biodiversité et fixation du CO2).

De nombreux ateliers se sont tenus dans les Caraïbes, en Asie, dans les régions bordant la Mer Rouge, dans le Pacifique sud et dans les région du sud-ouest de l'Océan Indien, après lesquels des cadres pour les politiques régionales ont été élaborés et des programmes d'action pour la protection et la gestion des récifs coralliens, des herbiers et des mangroves ont vu le jour.

- ***Initiative française pour les récifs coralliens***

Pour la deuxième phase de la mise en œuvre du plan d'action national de l'IFRECOR sur la période 2006-2010, les 7 thèmes d'intérêt transversal (TIT) ont été retenus (IFRECOR, 2006) :

1. La connaissance et le suivi de la biodiversité corallienne.
2. Le suivi de l'état de santé des récifs coralliens.
3. Les aires marines protégées.
4. L'évaluation socio-économique des récifs coralliens et le partage des bénéfices.
5. Les pesticides.
6. Les changements climatiques.
7. Les écosystèmes associés aux récifs.

Le dernier thème concerne les mangroves et les herbiers de phanérogames marines. L'objectif est de renforcer les connaissances afin de contribuer à leur protection et à leur gestion durable, dans le cadre d'une gestion intégrée de la zone côtière. Pour cela, 3 actions sont programmées dans le plan d'action IFRECOR 2006-2010 :

- réaliser un état des lieux des mangroves et des herbiers de phanérogames marines,
- réaliser et diffuser un inventaire des travaux français sur les écosystèmes associés, notamment sur leurs interactions avec les récifs coralliens,
- promouvoir la création d'aires marines et côtières protégées assurant une complémentarité récifs/écosystèmes associés.

ACTIONS DE PROTECTION ET RESTAURATION

RESTAURATION DES HERBIERS

Elle consiste à améliorer leurs conditions de croissance, par exemple en réduisant l'arrivée d'effluents néfastes dans leur milieu de vie, en les transplantant directement ou bien en ensemençant un lieu donné. Elle fait parfois office de mesure compensatoire en réponse au fort développement de la zone côtière. Les essais de transplantation ont généralement un faible taux de réussite, demandent beaucoup de travail, puisqu'il faut que le lieu d'accueil soit adapté, et ont un coût élevé. Des travaux sont en cours sur différentes espèces afin d'améliorer les conditions de succès de la restauration des herbiers, mais dans de nombreuses situations la mauvaise qualité des eaux est récurrente et est un facteur limitant. Il est donc nécessaire et moins coûteux de préserver les herbiers que d'envisager de les restaurer.

Diverses expérimentations de transplantations de pieds de différentes espèces ont été faites en milieu tempéré et tropical, dans des buts de restauration ou de compensation :

- *Zostera marina* sur la côte est nord-américaine, en réponse à la construction d'un port (certains plants sont morts peu de temps après avoir été réimplantés, d'autres vivaient encore plus de 8 ans après) (Davis & Short, 1997) ; en 2002 dans l'ouest de la mer de Wadden, au Japon, à partir de graines germées en aquarium ou de boutures (Kawasaki *et al.*, 1988) ; dans la lagune de Venise,
- *E. acoroïdes* dans la Banten Bay, à l'ouest de Java en 1998, où seuls les rhizomes transplantés dans des substrats vaseux ont survécu plus de 5 mois,
- *Thalassia testudinum,* en Floride, à partir de graines, dans un site où l'espèce avait été détruite par une pollution thermique. Quatre ans après, l'herbier reconstitué entrait en floraison (Thorhaug, 1979),
- *Halodule wrightii, Syringodium filiforme* sur les côtes est et sud-est des Etats-Unis, dans des zones peu profondes (moins de 6 m),
- *Cymodocea nodosa, Zostera noltii*, en Méditerranée, par transplantation de mottes (Meinesz & Verlaque, 1979 ; Jeudy de Grissac, 1984) ; dans la lagune de Venise (Faccioli, 1996).
- *Posidonia oceanica* en Méditerranée (Meinesz *et al.*, 1990).

Certaines espèces transplantées peuvent occuper plusieurs hectares, selon leur vitesse de colonisation du milieu et de croissance. Ainsi, les réimplantations de posidonie ne donnent pas de résultats réellement satisfaisants, alors que celles de zostère et des espèces tropicales *Thalassia testudinum, Halodule wrightii* et *Syringodium filiforme* peuvent être efficaces (Boudouresque *et al.*, 2006). Pour autant, aucune tentative de restauration pour ces espèces n'a été faite en Outre-mer français, mais un projet d'essai de restauration des herbiers guadeloupéens par des bureaux d'étude est en cours, sur l'initiative de la DIREN.

CREATION DES AIRES MARINES PROTEGEES (AMP)

Ce sont des espaces délimités en mer pour lesquels un objectif de protection de l'environnement à long terme a été défini. Pour l'atteindre, des mesures de gestion sont mises en œuvre : les activités humaines sont contrôlées voire interdites afin de protéger le milieu et la ressource. Des suivis scientifiques, une surveillance et une sensibilisation du public sont organisés. L'intensité du niveau de protection de ces zones est variable. Il varie en fonction des besoins du milieu et des moyens alloués à chaque AMP pour mettre en œuvre la politique de gestion.

En 2001, l'UNEP a répertorié plus de 4.000 AMP dans le monde. Ces structures ne visent pas la protection des herbiers de phanérogames marines directement, mais ceux-ci font partie des habitats-clés à protéger. En effet, les recommandations portent sur la création de réseaux d'aires marines protégées, avec un objectif pour 2012 de couvrir 20 à 30% de chaque habitat (en particulier en milieu tropical : récifs coralliens, herbiers et mangroves).

Les herbiers peuvent être intégrés dans une AMP dont le but est de préserver une autre biocénose, comme un récif corallien ou une mangrove. En 2003, il y avait 247 AMP réparties dans 72 pays à travers le monde incluant, volontairement ou non, des herbiers. Ce nombre est faible au regard du nombre d'AMP englobant des récifs coralliens (plus de 660) et des mangroves (plus de 1.800) (Green & Short, 2003).

En France, sont considérés comme des AMP :

- les parcs nationaux ayant une partie maritime,
- les réserves naturelles ayant une partie maritime,
- les arrêtés préfectoraux de biotopes ayant une partie maritime,
- les parcs naturels marins,
- les parties maritimes du domaine relevant du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres,
- les sites NATURA 2000 en mer.

Parmi les îles de l'Outre-mer français considérées dans le présent état des lieux, on compte 35 AMP en 2009 (4 dans les Caraïbes, 6 dans l'Océan Indien et 25 dans le Pacifique), dont 16 comprennent des herbiers de phanérogames marines (4 dans les Caraïbes, 4 dans l'Océan Indien et 8 dans le Pacifique).

Le Grenelle de la mer s'est engagé à créer de nouvelles aires marines protégées, notamment en Polynésie française et en Nouvelle-Calédonie (aux îles Marquises, à Rapa et dans la mer de Corail), en concertation avec les collectivités et sous réserve de leur accord, ainsi que dans les îles Eparses. En outre, l'un des objectifs de l'IFRECOR pour 2010 était la création de nouvelles aires marines et côtières protégées en Outre-mer, en assurant une complémentarité terre-mer et notamment entre les écosystèmes associés (récifs coralliens, herbiers, mangroves) (IFRECOR, 2006).

ACTION DU CONSERVATOIRE DE L'ESPACE LITTORAL ET DES RIVAGES LACUSTRES

Il s'agit d'un établissement public à caractère administratif créé en 1975. Il mène une politique foncière de sauvegarde des espaces naturels et des paysages des rivages maritimes et lacustres, des communes riveraines des estuaires et des deltas, et des lacs de plus de 1.000 hectares. En acquérant des sites fragiles ou menacés à l'amiable, par préemption, exceptionnellement par expropriation, par dons ou par legs, il permet leur maintien et leur équilibre écologique. Le Conservatoire du Littoral détermine les orientations de gestion des terrains acquis et définit les usages qui y sont faits, notamment agricoles et de loisir, afin qu'ils soient compatibles avec les objectifs fixés. La gestion des sites est ensuite confiée aux communes, à d'autres collectivités locales, à des associations.

Le Conservatoire du Littoral intervient en métropole mais aussi dans les quatre DROM et dans deux collectivités ultramarines : Mayotte et St-Pierre-et-Miquelon. Ce sont plus de 20.000 ha répartis sur environ 150 sites en Outre-mer, qui étaient préservés à la fin 2008 par le Conservatoire du Littoral. Depuis 2002, il est compétent sur le DPM, afin de constituer des entités de protection globale associant des espaces terrestres et des espaces maritimes, dans une perspective de gestion intégrée des zones côtières. Les sites terrestres du Conservatoire du Littoral permettent de préserver en amont certaines zones d'herbiers en Outre-mer, puisqu'il s'agit le plus souvent de sites mesurant plusieurs hectares exempts d'urbanisation et où les activités humaines sont contrôlées, limitant ainsi la pollution et la fréquentation. En aval, certains sites situés sur le DPM où la juridiction du Conservatoire du Littoral s'exerce, peuvent abriter des herbiers de phanérogames marines.

ILES DE LA GUADELOUPE - SAINT-MARTIN - SAINT-BARTHELEMY

Claude Bouchon et Yolande Bouchon-Navarro

LE TERRITOIRE

GEOGRAPHIE

- ***Archipel de la Guadeloupe***

Bordé par l'Océan Atlantique à l'est et la mer Caraïbe à l'ouest, l'archipel de la Guadeloupe est situé approximativement au milieu de l'Arc Antillais par 16°30' N et 61°30 W. Cet archipel regroupe deux îles principales (la Basse-Terre et la Grande-Terre) qui constituent la Guadeloupe *stricto sensu.* Les deux îles principales sont séparées par un étroit bras de mer (la Rivière Salée) dont la largeur n'excède pas 200 m. À l'ouest, la Basse Terre (848 km^2) présente un grand axe orienté nord-sud et possède un relief montagneux d'origine volcanique avec un point culminant à 1.467 m (la Soufrière). À l'est, la Grande Terre (590 km^2), de forme grossièrement triangulaire est constituée par un plateau calcaire, d'origine récifale, au relief peu élevé (point culminant : 135 m). Le chenal de la Rivière Salée s'ouvre au nord sur la baie du Grand Cul-de-Sac Marin et au sud sur la baie du Petit-Cul-de-Sac Marin. La Guadeloupe est entourée par les îles de Marie-Galante (158 km^2), les Saintes (13 km^2), la Désirade (20 km^2) et Petite-Terre (1,7 km^2).

- ***Saint-Barthélemy***

L'île de Saint-Barthélemy est située par 17°55' N et 62°50 W, à 230 km au nord-ouest de la Guadeloupe et à 25 km à l'est de Saint-Martin. D'une superficie totale de 21 km^2, son point culminant est le morne Vitet (281 m). L'île est entourée par de nombreux îlots (île Fourche, île Bonhomme, île Frégate, etc.).

- ***Saint-Martin***

L'île de Saint-Martin est située à 250 km au nord de l'archipel de la Guadeloupe et à 240 km à l'est de Puerto Rico par 18°03' N et 63°04 W. Sa superficie est de 87 km^2 (dont 53 km^2 pour la partie française). Le point culminant de l'île est le Pic Paradis (424 m). Des îlots inhabités (île Tintamarre, îlet Pinel) sont situés sur la côte est de l'île en partie française. Des îlots de moindre importance bordent également la côte de la zone hollandaise.

POPULATION

Au premier janvier 2009, la population totale de l'archipel de Guadeloupe s'élevait à 400.736 habitants (189.529 habitants sur la Basse-Terre et 211.207 habitants sur la Grande Terre). Sur la Basse terre, la densité de population est de 204,8 hab. km^{-2}, alors qu'en Grande Terre, elle s'élève à 367 hab.km^{-2}. Sur les îles environnantes, les populations sont respectivement de 12.005 habitants à Marie-Galante (22,6 hab.km^{-2}), 2.969 hab. aux Saintes (228 hab/km^2) et 1.660 hab. à la Désirade (83 hab.km^{-2}). Les îles de Petite-Terre sont inhabitées. En 2009, la population de Saint-Barthélemy a été estimée à 8.398 habitants, soit une densité de 400 hab. km^{-2} et celle de Saint-Martin à 35.692 habitants (partie française), soit une densité de 673 hab. km^{-2} (partie française).

ÉCONOMIE

Guadeloupe

L'activité économique de la Guadeloupe s'articule autour des secteurs de production de la banane (premier produit d'exportation en volume) et de la filière canne-sucre-rhum. La surface totale des terres cultivées s'élevait à 22.443 ha en 2005 et à 43.532 hectares, soit 26% de la surface totale du département en 2008. Les cultures industrielles en couvrent plus de la moitié et le reste est représenté par les cultures fruitières semi-permanentes (2.873 ha), les cultures légumières (2.776 ha) et les cultures florales (211 ha) (INSEE, 2008a).

En ce qui concerne le secteur touristique, la capacité d'hébergement en 2006 était d'environ 3.720 chambres réparties dans 43 hôtels. De nombreuses activités touristiques liées à la mer sont proposées, notamment la plongée sous-marine. La pêche représente un secteur d'activité notable en Guadeloupe, à la Désirade et aux Saintes. En 2007, le nombre de pêcheurs professionnels enrôlés était de 960. À cette population s'ajoute un millier environ de pêcheurs plaisanciers. Sur le nombre total de bateaux armés (800), 91% sont de petites embarcations de moins de 9 m (barques « saintoises »), 8% sont des navires de 9 à 12 m, permettant quelques jours d'éloignement du port et 6 navires de plus de 12 m sont équipés pour de longues campagnes à la mer. En 2006, le PIB s'élevait à 7.685 millions d'euros, soit 17.400 € par habitant.

Saint-Barthélemy

L'économie de Saint-Barthélemy est essentiellement basée sur le tourisme de luxe (70.000 visiteurs par an). Le parc hôtelier de l'île est constitué par une quarantaine d'hôtels de luxe disséminés dans toute l'île, ainsi que par des villas de location (plus de 600) gérées par quelques sociétés. Les 2.124 entreprises recensées en 2006 sont réparties de la façon suivante : 25,8% pour des activités de service aux entreprises, 25,5% dans la construction, 23,4% de commerce et 7,6% pour l'hôtellerie et la restauration.

La pêche à Saint-Barthélemy est une activité artisanale qui s'exerce avec de petites embarcations non pontées. Une vingtaine de pêcheurs est enrôlée dans la pêche professionnelle. Le PIB estimé de l'île s'établit à 179 millions d'euros, soit un PIB par habitant de 26.000 euros.

Saint-Martin

L'économie de Saint-Martin est en grande partie liée aux activités touristiques. De nombreux croisiéristes fréquentent cette île (plus d'un million de passagers par an) car elle représente une destination très appréciée dans les Caraïbes. De nombreuses activités tournées vers la mer sont proposées aux touristes. En 2006, 4.134 entreprises ont été recensées : commerce (24,6%), hôtellerie-restauration (23,6%), services (23,1%) et construction (11,5%). La pêche ainsi que l'agriculture et l'élevage ne constituent que des activités marginales à Saint-Martin. La pêche artisanale est souvent exercée de façon informelle. Une douzaine de pêcheurs professionnels est inscrite officiellement au registre des Affaires Maritimes. Le PIB de l'île a été évalué à 421 millions d'euros, soit un PIB d'environ 14.500 euros par habitant.

ORGANISATION

La Guadeloupe, avec la Guyane et la Martinique, fait partie des DFA (Départements français d'Amérique). Ces régions font partie de l'AEC (Association des états de la Caraïbe créée le 24 juillet 1994) comprenant 25 états membres (dont les pays d'Amérique Centrale, le Venezuela et la Colombie).

La Guadeloupe est un Département et une région d'Outre-Mer (loi du 19 mars 1946), érigée en région par la loi du 31-12-82. Elle est administrée par un Préfet, un Conseil Régional et un Conseil Général. Elle constitue une région ultra-périphérique.

Avant le 15 juillet 2007, les îles de Saint-Barthélemy et Saint-Martin étaient rattachées administrativement à la Guadeloupe. Depuis cette date, Saint-Barthélemy et la partie française de l'île de Saint-Martin ont acquis le statut de Collectivité d'Outre-mer (COM). Cependant, à Saint-Martin, la compétence environnement est toujours rattachée à l'Etat. La partie sud de l'île (Sint Marteen) est rattachée aux Antilles néerlandaises.

ENJEUX PRINCIPAUX DU TERRITOIRE

Depuis quelques années, un processus de dégradation lent mais continu des trois grands types d'écosystèmes de la cette zone est en cours. Les récifs coralliens, majoritairement présents autour de l'île de la Guadeloupe (78 km²) sont envahis par les algues, subissent un blanchissement, etc. et seuls 15 à 20% des récifs sont considérés comme étant en bon état. Les phanérogames marines, dont certaines sont endémiques du centre de l'Amérique et ont ainsi un intérêt patrimonial élevé (*Syringodium filiforme*, *Halophila baillonis* et *Thalassia testudinum),* voient leur surface se réduire avec le temps. Il en est de même pour les mangroves, qui abritent une forte biodiversité. Celle-ci est fortement menacée partout sur ces îles par l'action de l'Homme.

ECOSYSTEMES MARINS COTIERS

- ***Archipel guadeloupéen***

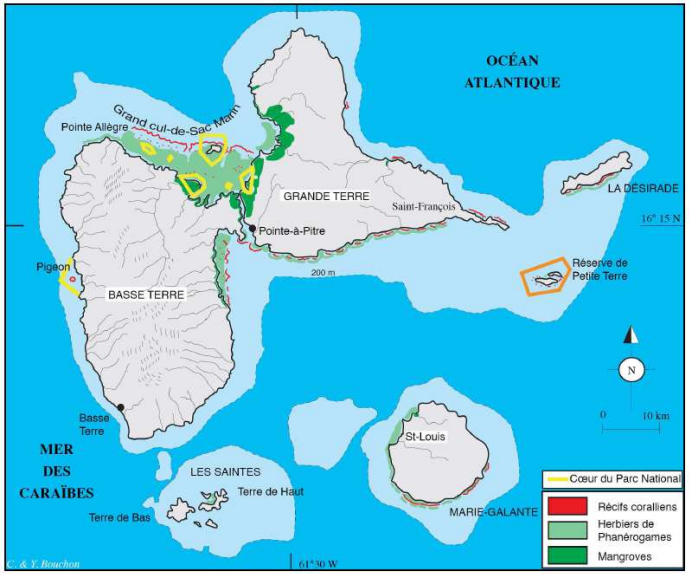
La Guadeloupe : La Basse-Terre et la Grande-Terre sont bordées par des récifs coralliens frangeants sur leurs côtes au vent et par des communautés coralliennes non bioconstructrices sur les côtes abritées. Ces communautés sont souvent celles où l'on observe la biodiversité récifale maximale. Au large de la baie du Grand Cul-de-Sac Marin, s'étend une barrière récifale de 29 km de long qui enserre un lagon de 15.000 ha. Les herbiers de phanérogames marines (9.726 ha) sont très étendus, notamment dans le Grand Cul-de-Sac Marin. Les mangroves (6 espèces de palétuviers : *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* et *Avicennia germinans, Avicennia schaueriana* et *Pterocarpus officinalis*) sont essentiellement développées sur les rivages des baies du Grand et du Petit Cul-de-Sac Marin, sur près de 4.000 ha (carte 3).

L'archipel des Saintes : Il comprend 6 petites îles dont les deux principales sont habitées (Terre-de-Haut et Terre-de-Bas). Les côtes de ces îles ne possèdent pas de récifs à proprement parler, mais des fonds rocheux colonisés par des communautés coralliennes non-bioconctructrices. Les fonds de sable sont colonisés par des herbiers de phanérogames marines. La mangrove est absente des Saintes (carte 3).

Petite-Terre : Elle est formée de deux îlots (Terre-de-Haut et Terre-de-Bas) séparés par un chenal étroit (150-200 m) et peu profond (6 m maximum). Les îles sont bordées de récifs, de type embryonnaire à frangeant, très étroits. Au large, les fonds sont à dominance sédimentaire et occupés par des herbiers à *Syringodium filiforme*. Près du rivage, il existe quelques herbiers peu développés à *Thalassia testudinum* et *Halodule beaudettei.* Sur Terre-de-Bas, des lagunes isolées de la mer par un cordon sableux sont bordées par des mangroves (*Rhizophora mangle, Conocarpus erectus, Avicennia germinans)* bien développées (carte 3).

Marie-Galante : Des récifs frangeants peu développés sont situés sur les côtes est, sud-est et sud de l'île. Des herbiers de phanérogames marines occupent de façon discontinue les dépressions d'arrière-récif et les fonds de sable de la plateforme continentale. Quelques formations de mangrove, peu étendues, existent sur la côte ouest de l'île (carte 3).

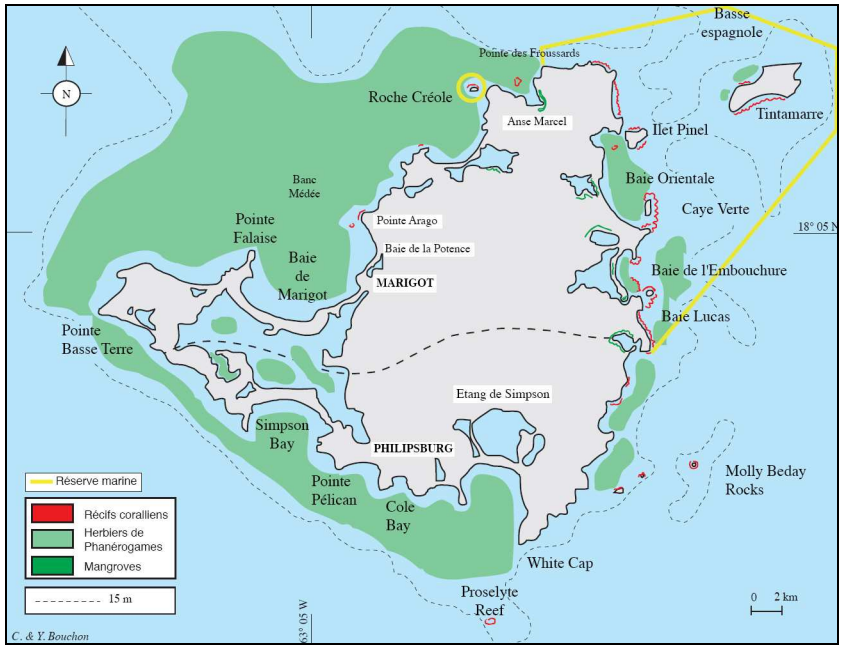
La Désirade : Elle possède des récifs frangeants peu développés sur sa côte sud. Les fonds meubles sont instables et occupés seulement par endroits par des herbiers à *Thalassia* et *Syringodium*, souvent clairsemés. La côte nord est constituée par des falaises battues par la houle. La Désirade ne possède pas de formations de mangrove (carte 3).



Carte 3 : Les écosystèmes marins côtiers de l'archipel guadeloupéen (Réalisation : C. & Y. Bouchon).

- ***Saint-Martin***

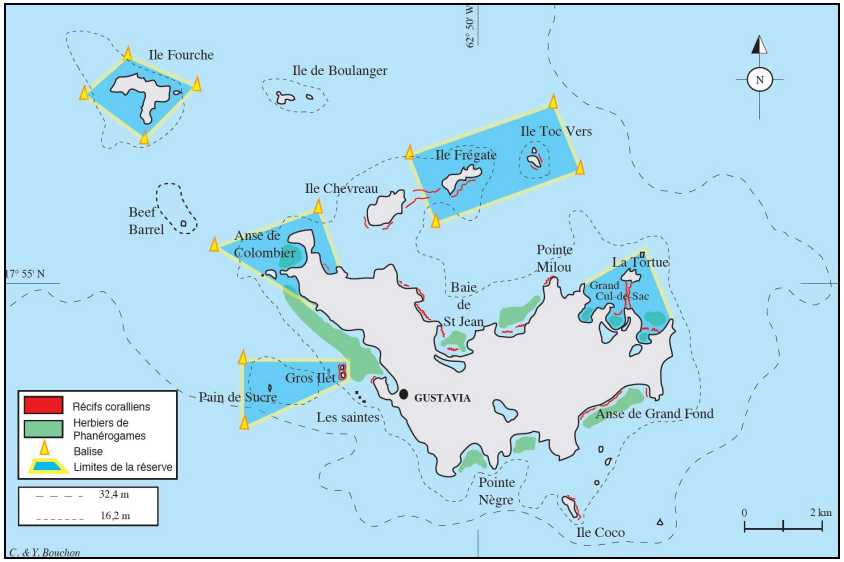
Les formations coralliennes sont également peu développées autour de Saint-Martin et du même type qu'à Saint-Barthélemy (récifs frangeants, embryonnaires et communautés coralliennes non bioconstructrices. Saint-Martin est entouré par un vaste plateau continental sableux. Les herbiers (*Thalassia testudinum* jusqu'à 10 m et *Syringodium filiforme* jusqu'à 30 m) y sont très présents. Ces derniers occupent également les fonds des nombreuses lagunes côtières de cette île (*Halodule sp.*). Les formations de mangrove bordent les rives des lagunes littorales (Simpson lagoon, étang aux Poissons, etc.) et de certaines baies (Anse Margot, Oyster Pond, etc.) (carte 4). Il existe 4 espèces de palétuviers à Saint-Martin : *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* et *Avicennia germinans*.



Carte 4 : Les écosystèmes marins côtiers de Saint-Martin
(Réalisation : C. & Y. Bouchon).

- ***Saint-Barthélemy***

Les récifs coralliens sont jeunes et peu étendus : ils sont tous de type frangeant ou embryonnaire. En dehors de ces formations, les fonds rocheux sont occupés par des communautés coralliennes non-bioconstructrices. Les herbiers de phanérogames marines, essentiellement à *Thalassia testudinum* et à *Syringodium filiforme* occupent les fonds de baie et les épandages sédimentaires du plateau continental. Des *Halodule sp.* sont présentes dans les lagunes côtières. Les mangroves (4 espèces de palétuviers : *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* et *Avicennia germinans*) sont de faible extension et forment de minces cordons autour des étangs et lagunes côtières (carte 5).



Carte 5 : Les écosystèmes marins côtiers de Saint-Barthélemy
(Réalisation : C. & Y. Bouchon).



Mangroves et herbiers du Grand Cul-de-Sac marin. © M.Lejart

LES HERBIERS DE GUADELOUPE-SAINT-MARTIN-SAINT-BARTHELEMY

ÉTAT DES CONNAISSANCES

Les études scientifiques relatives aux herbiers de phanérogames marines dans les Antilles françaises relèvent surtout du domaine de la cartographie et de celui de l'ichtyologie. Des inventaires de leur macroflore et macrofaune d'invertébrés ont également été réalisés. Les herbiers qui ont été les plus étudiés sont ceux de la baie du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe.

En 1992, une cartographie par télédétection des écosystèmes marins de Saint-Barthélemy, Saint-Martin et Anguilla a été réalisée (Courboulès *et al.*, 1992). À la même période, une étude des formations sédimentaires superficielles du plateau insulaire de la Guadeloupe et de ses îles environnantes a fait l'objet d'une cartographie (Augris *et al.*, 1992). Une autre portant sur la frange littorale et du milieu marin peu profond de la Guadeloupe et des îles proches a également été réalisée (Carex, 1999, 2001a,b). Les fonds marins aux alentours des îles de Petite Terre ont été cartographiés à l'occasion de la création de la réserve marine (Bouchon *et al*., 1995). L'analyse de données SPOT a permis de représenter la répartition des différents écosystèmes marins côtiers de la Guadeloupe et des Saintes (Chauvaud, 1997 ; Chauvaud *et al.*, 1998 ; 2001). Ce travail a par la suite été réactualisé pour la baie du Grand Cul-de-Sac Marin en 2005 (Chauvaud *et al.,* 2005). Les biocénoses marines côtières de la réserve de Saint-Barthélemy ont été cartographiées par télédétection aérienne (Chauvaud, 2001 ; Delord, 2004) et celles du plateau continental de la Basse terre l'ont été par vidéo-transect (Boutry, 2001 ; Bouchon & Boutry, 2001). A sa demande, une cartographie des biocénoses marines et terrestres de la réserve naturelle de Saint-Martin a été réalisée en 2005 et 2006 (Chauvaud, 2007).

Des données sur la biomasse et la productivité primaire des herbiers à *Thalassia testudinum* en Guadeloupe sont disponibles (Barans, 1990; Chauvaud, 1997).

Un manuel de méthodologie comprenant, entre autres, des techniques d'étude des herbiers a été élaboré (Bouchon *et al.*, 2003b). Les protocoles proposés dans ce manuel ont depuis été utilisés pour le suivi des phanérogames : le réseau des réserves marines de Guadeloupe créé par la DIREN en 2002 a permis la mise en place d'un suivi annuel (depuis 2007) sur des stations dans les réserves et hors réserves des herbiers de Petite Terre et du Grand Cul-de-Sac marin en Guadeloupe, ainsi que ceux des réserves naturelles de Saint-Martin et de Saint-Barthelémy, basés sur le manuel sus cité (Mège & Delloue, 2007).

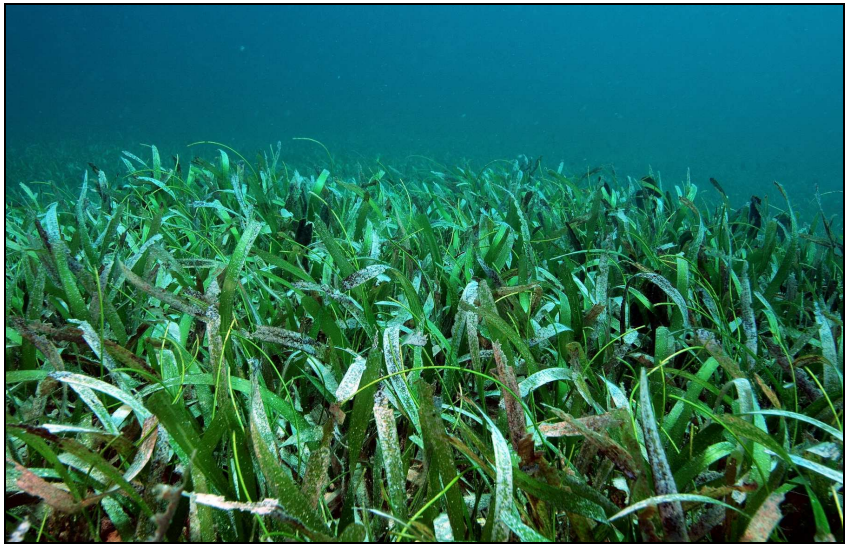
Le compartiment faunistique le plus étudié a été celui des poissons. Les travaux ont débuté dans les années 1980 et ont surtout concerné l'étude de la distribution spatiale et temporelle des poissons des herbiers de phanérogames marines (Aliaume 1990, Aliaume *et al*., 1990, 1993 ; Bouchon-Navaro *et al*., 1996, 1997, 2004, 2005 ; Bouchon-Navaro, 1997 ; Calichiama, 2002 ; Rocklin, 2004). Bouchon *et al.* (1991, 1994) ont évalué l'influence du passage du cyclone Hugo sur les communautés de poissons des herbiers du Grand Cul-de-Sac Marin. Des études plus récentes se sont intéressées aux variations nycthémérales des peuplements de poissons des herbiers, ainsi qu'aux échanges avec les mangroves et récifs voisins (Kopp, 2003 ; Kopp *et al.*, 2007). De plus, des travaux portant sur la biologie d'espèces de poissons vivant dans les herbiers ont été réalisés (Baelde & Louis, 1987 ; Diaz, 2000 ; Bouchon-Navaro *et al.*, 2006). Des informations sur les poissons des herbiers existent également dans des études portant plus spécifiquement sur les poissons vivant dans les mangroves jouxtant les herbiers du Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe (Baelde, 1986, 1990 ; Vaslet, 2005, 2009).

Des travaux d'inventaires de la macroflore et la macrofaune d'invertébrés benthiques des herbiers ont été réalisés à l'occasion d'expertises environnementales en Guadeloupe (Bouchon *et al.,* 1987a ; Bouchon *et al.*, 1986, 1991, 1993, 1998a,b,c), à Saint-Barthélemy (Bouchon et Bouchon-Navaro, 1992 ; Bouchon *et al.,*1998) et à Saint-Martin (Bouchon et Bouchon-Navaro, 1987 ; Bouchon *et al.*, 1987b ; 1988, 2003a, 2004). D'autres études, effectuées en vue de la création de réserves marines (Bouchon *et al.,* 1990, 1995a,b) ainsi que des rapports de stages de Master (Lagouy, 2001 ; Bugajny, 2007), fournissent également des données sur la flore et la faune benthique des herbiers.

LES ESPECES DE PHANEROGAMES, DISTRIBUTION SPATIALE ET TRAITS PARTICULIERS DE LEUR ECOLOGIE

Parmi les 13 genres et 65 espèces de phanérogames exclusivement marines recensées dans le monde, six espèces appartenant à quatre genres sont présentes dans les Antilles. Il s'agit des genres *Halodule (H. beaudettei, H. wrightii), Halophila (H. decipiens, H. baillonis)*, *Syringodium (S. filiforme)* et *Thalassia (T. testudinum).*

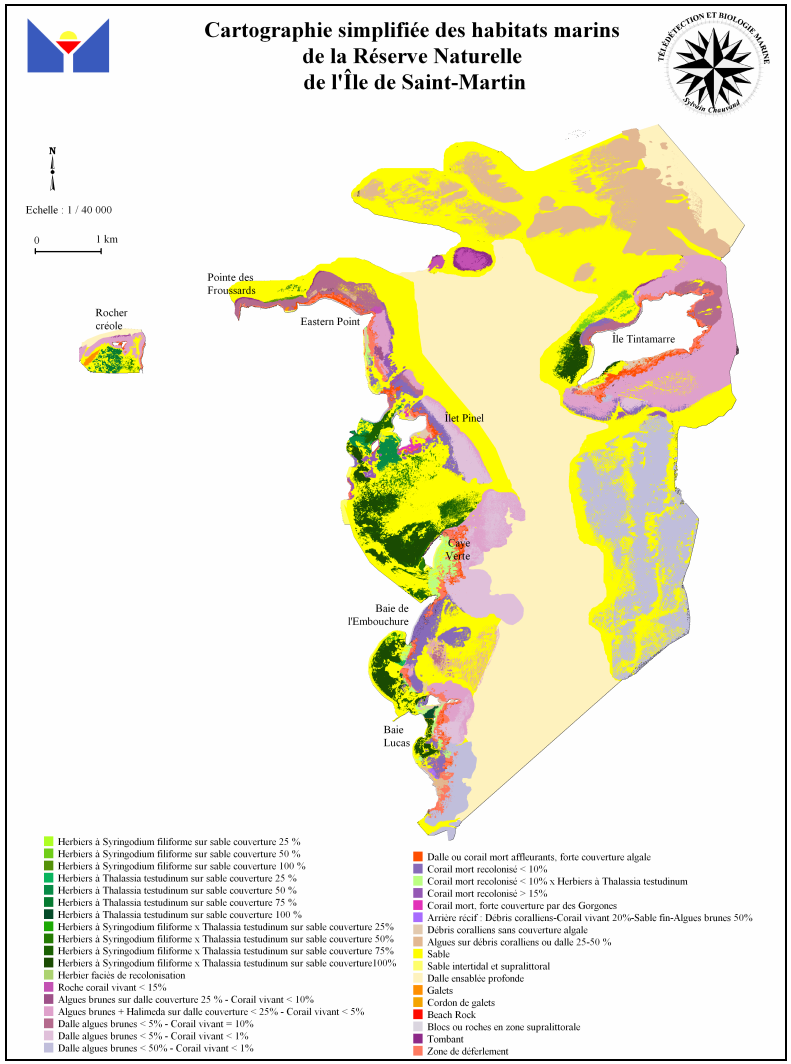
La grande majorité des herbiers des Petites Antilles est constituée par *Syringodium filiforme,* sur les fonds de sable pauvres en matière organique, et par *Thalassia testudinum*, une fois ceux-ci enrichis par la décomposition des rhizomes et des racines de la première. Il existe donc de nombreux herbiers mixtes constitués par le mélange des deux espèces. Les herbiers à *Thalassia*, qui constituent le stade climacique dans l'évolution des communautés d'herbiers de la Caraïbe, sont les seuls à présenter une biodiversité élevée.



Herbier mixte à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* à Saint-Martin.
© F.Mazéas

Halodule beaudettei, espèce pionnière qui colonise les milieux instables, est souvent installée en bordure de plage, là où la nappe phréatique percole dans la mer. Une autre espèce décrite dans les Caraïbes, *Halodule wrightii* (Ascherson, 1868) est considérée comme synonyme de *H. beaudettei*. On rencontre *Halophila decipiens* sur des fonds de sable corallien ou volcanique souvent envasés, négligés par les autres phanérogames. Elle constitue des herbiers très clairsemés. On rencontre des *Halophila* depuis 1 à 2 m de profondeur jusqu'à 65 m. Elles présentent la plus large distribution bathymétrique dans les Antilles. Une autre espèce d'*Halophila* (*H. baillonis* Ascherson, 1906) a été observée mais elle est difficile à distinguer de *H. decipiens* et sa validité taxinomique est remise en cause par certains auteurs.

Les surfaces occupées par les herbiers autour de l'archipel guadeloupéen et des îles de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy ont été estimées par traitement d'image à partir de certains travaux de cartographie des biocénoses benthiques effectués autour de ces îles. Il s'agit d'études réalisées par télédétection aérienne ou spatiale (Courboulès *et al*., 1992 ; Chauvaud, 1997, 2007 ; Chauvaud *et al*., 1998 ; 2001 ; 2005), par vidéo-transects sous-marins (Boutry, 2001 ; Bouchon & Boutry, 2001) et par sonar latéral (Augris *et al.,* 1992). Les surfaces calculées représentent un minimum puisque certains herbiers à *Syringodium sp.* installés entre 20 et 30 m ont pu échapper aux cartographes utilisant des techniques par télédétection dont les limites bathymétriques d'utilisation sont situées entre 15 et 20 m dans les Antilles.
D'après la cartographie des biocénoses marines réalisée en 2005 et 2006 (Chauvaud, 2007), les herbiers de la réserve naturelle de Saint-Martin se développent dans des secteurs relativement protégés comme les lagons et l'ouest de l'île de Tintamarre. Ils sont généralement composés à la fois de *Thalassia testudinim* et *Syringodium filiforme* (177 ha). Les herbiers monospécifiques à *Thalassia testudinum* (32,6 ha) ou *Syringodium filiforme* (11,24 ha) sont moins bien représentés. Dans les secteurs dégradés, se développe un faciès de re-colonisation à *Halodule sp*. (3,4 ha) et *Syringodium filiforme* (carte 6). Les herbiers couvrent 222 ha dans les secteurs toujours immergés. Les herbiers denses et très denses couvrent 178 ha soit 80 % de la surface occupée par les herbiers. Les herbiers peu denses (couverture 50 %) couvrent 18 ha et les herbiers clairsemés 3,1 ha soit 1,4 % des herbiers. On rencontre ces deux derniers types dans les zones les plus profondes.



Carte 6 : Cartographie des habitats marins de la réserve naturelle de l'île de Saint-Martin : distribution des différents types d'herbiers (Réalisation : TBM, 2007).

En ce qui concerne Marie-Galante, seules les biocénoses de la côte ouest de l'île ont été cartographiées et aucune pour la Désirade. Les surfaces ainsi obtenues correspondent essentiellement à des herbiers à *Thalassia testudinum*, à *Syringodium filiforme* et à des herbiers mixtes composés des deux espèces. Avec près de 20.000 ha, les herbiers de phanérogames marines représentent en surface de fond occupée, le principal écosystème marin côtier de ces îles (Bouchon *et al.,* 2002). Le tableau 2 résume ces résultats.

Tableau 2 : Surfaces occupées par les herbiers dans l'archipel guadeloupéen et dans les îles de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin (Source : Bouchon, données personnelles).

Iles	Surfaces (ha)
Guadeloupe	12997
Les Saintes	165
Marie-Galante	150
Petite-Terre	0.9
St-Barthélemy	176
St-Martin	6152
Total	19641

BIODIVERSITE (FAUNE ET FLORE) DES HERBIERS

Il n'existe pas dans les Antilles d'espèces de macro-algues vivant exclusivement dans les herbiers. On y rencontre des espèces caractéristiques de la biocénose des fonds de sable qui est dominée par des algues vertes calcifiées (*Udotea sp., Penicillus sp., Halimeda sp.,* etc.). Dans les Antilles françaises, environ une trentaine de ces espèces a été observée dans les herbiers.

Concernant les coraux, 18 espèces peuvent être couramment aperçues dans les herbiers, dont quatre sont des espèces caractéristiques des fonds de sable. Six espèces d'actiniaires y sont également rencontrées, de même qu'une dizaine d'espèces de gorgones.

Un certain nombre d'éponges vit dans les herbiers. Certaines sont communes avec la faune des récifs coralliens, d'autres semblent être spécifiques des herbiers. Du fait de leur difficulté d'identification, leur biodiversité n'est pas connue. La faune d'échinodermes est abondante dans les herbiers. On y rencontre fréquemment 5

espèces d'oursins réguliers, 4 espèces d'oursins irréguliers, 6 d'espèces d'holothuries, 3 espèces d'astéridés et un nombre non recensé d'ophiuridés. Les mollusques (surtout les micro-mollusques) et les crustacés ont probablement une diversité élevée dans les herbiers. Vivant à l'abri des feuilles, enfouis dans la litière de feuilles mortes ou dans les sédiments, ils n'ont pas fait l'objet de recensements exhaustifs et la biodiversité de ces groupes est mal connue.

Environ 200 espèces de poissons ont été observées ou échantillonnées dans les herbiers à *Thalassia testudinum* des Antilles françaises, pour une vingtaine dans les herbiers à *Syringodium filiforme* qui sont beaucoup plus clairsemés. Les communautés de poissons sont constituées par un petit noyau d'espèces résidentes qui représente environ 50% de la biomasse de poissons des herbiers, complété par des espèces saisonnières (surtout des juvéniles d'espèces récifales) et par des visiteurs occasionnels effectuant des raids alimentaires ou étant simplement de passage dans les herbiers.

Les reptiles marins fréquentant les herbiers des Antilles sont réduits à la tortue verte (*Chelonia mydas*) qui y pâture la nuit et à la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*), plutôt récifale, mais qui y fait des incursions.

PRESSIONS SUR LES HERBIERS

• *Pressions naturelles*

Les phénomènes naturels susceptibles de porter atteinte aux herbiers sont essentiellement les houles cycloniques et les pluies torrentielles.

Les genres *Syringodium, Halophila* et *Halodule*, à cause de leur système racinaire superficiel, sont particulièrement sensibles aux fortes houles engendrées par les ouragans qui les arrachent facilement. Toutefois, ces espèces pionnières recolonisent rapidement les zones dévastées. A l'inverse, *Thalassia testudinum* possède des racines et des rhizomes profondément enracinés qui lui procurent une bonne résistance vis-à-vis des ouragans (Bouchon, 1990 ; Bouchon *et al.*, 1991).

• *Pressions anthropiques*

Destruction physique des herbiers : En bordure de côte, les herbiers sont souvent victimes de constructions de ports, de marinas et de réalisation de plages artificielles devant les infrastructures hôtelières. Certains hôteliers font draguer les herbiers littoraux dont le contact est considéré comme étant désagréable pour les baigneurs. Dans certaines zones, le piétinement des phanérogames marines par de trop nombreux baigneurs fait disparaître les herbiers. Par exemple, dans la Baie de l'Embouchure à Saint-Martin, la présence d'herbiers à *Halodule wrightii* témoigne de l'instabilité du sédiment. Enfin, les hélices des bateaux de plaisance font des dégâts non négligeables dans les herbiers installés sur des hauts-fonds insuffisamment signalés à la navigation.
Plus au large, les mouillages forains des navires de plaisance, cargos et paquebots constituent une cause de destruction massive des herbiers profonds localement. Dans le secteur de Tintamarre, les ancres des bateaux de plaisance ont un impact notable sur l'herbier. Ils disparaissent également des zones d'extraction de sable par dragage.

Turbidité et envasement : Les eaux côtières des îles antillaises subissent une augmentation de leur turbidité et de leur charge en matières minérales liée à la déforestation et à des travaux d'aménagements côtiers mal conçus. L'augmentation de la turbidité se traduit par une diminution de la profondeur de compensation de la photosynthèse des plantes marines et par conséquent par une diminution de l'extension bathymétrique des herbiers. Ce phénomène est amplifié dans les baies abritées et les lagons lorsque, par hypersédimentation, les feuilles des phanérogames sont recouvertes de vase, bloquant ainsi la photosynthèse.

Eutrophisation des eaux côtières : Un usage mal maîtrisé des fertilisants agricoles, lié à une mauvaise, voire à une absence d'épuration des eaux usées entraîne une eutrophisation des eaux côtières des Antilles. Contrairement aux algues qui puisent directement leurs nutriments dans l'eau de mer, les phanérogames marines sont peu sensibles à l'augmentation du taux de nitrates et de phosphates dans l'eau. Une eutrophisation importante du milieu entraîne un développement excessif d'algues (souvent d'algues vertes filamenteuses) au sein des herbiers qui finissent par étouffer les herbiers.

Surexploitation des ressources : Certaines espèces pêchées dans les herbiers font l'objet d'une surexploitation générale dans les Antilles françaises : il s'agit du lambi, des langoustes et de l'oursin blanc. Certains pêcheurs pratiquent la pêche à la senne dans les herbiers afin d'utiliser les jeunes poissons qui y vivent comme appâts, au mépris du rôle de « nurserie » de cet habitat.

Pollution chimique : Si les effets potentiels des différents contaminants chimiques (hydrocarbures, métaux lourds et métalloïdes, pesticides, etc.) sur les herbiers sont relativement bien documentés, l'état de contamination des herbiers des Antilles et

son impact éventuel sur le fonctionnement de l'écosystème est mal connu (cf. programmes en cours).

Réchauffement climatique : Pour le moment, les variations des températures de la mer associées au changement climatique global ont été contenues dans la fourchette de tolérance de températures connues pour les espèces de phanérogames antillaises. Il est difficile de prévoir quelles seront à terme les incidences du changement climatique sur la phénologie de ces plantes.

ÉTAT DE SANTE ET EVOLUTION

Compte tenu des pressions anthropiques précédemment évoquées, les herbiers ont tendance à régresser de façon générale dans l'archipel guadeloupéen, à Saint-Barthélemy et à Saint-Martin. Chauvaud *et al.* (2005) ont prouvé, par télédétection, l'existence d'une régression des herbiers de la baie du Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe, par rapport à une étude précédente réalisée en 1997 (Chauvaud, 1997). Au vu du faible niveau de protection général des herbiers et de la pression humaine croissante sur les milieux côtiers, il est à craindre que cet écosystème continue de régresser.

Il apparaît urgent d'apporter un statut de protection plus élaboré aux herbiers. La protection devrait porter sur les phanérogames marines elles-mêmes, en tant qu'espèces clés de la biocénose, ainsi que sur les espèces associées et tout particulièrement les juvéniles qui effectuent une partie de leur cycle de vie dans les herbiers. Certaines mesures peuvent être efficaces : même si dans quelques secteurs comme Tintamarre, les herbiers sont impactés par les activités humaines, ils sont aujourd'hui dans un bon état de conservation dans la réserve naturelle de Saint-Martin (Chauvaud, 2007).

RECHERCHE, ACTIONS DE GESTION ET DE CONSERVATION

L'Université des Antilles et de la Guyane (UAG) est un organisme d'enseignement et de recherche. Depuis son implantation en Guadeloupe, ses chercheurs ont mené de nombreuses études, tant fondamentales qu'appliquées, sur le milieu marin de la Guadeloupe et de la Martinique. Les recherches concernent les thèmes suivants : courantologie et dynamique des sédiments côtiers, analyse des polluants, étude de la mangrove, cartographie par télédétection des écosystèmes marins côtiers, étude des communautés benthiques et ichtyologiques des mangroves, herbiers de phanérogames marines et récifs coralliens.

L'INRA : le centre INRA de Guadeloupe a mené de nombreuses études, sur l'environnement naturel de Guadeloupe et tout particulièrement sur l'écosystème de la mangrove. Le BRGM a réalisé des études concernant l'exploitation des gisements de granulats marins autour de la Guadeloupe et de la Martinique.

L'IFREMER n'est pas implanté en Guadeloupe, mais en Martinique. Toutefois, cet organisme a développé des programmes de recherche dans le département de la Guadeloupe (aquaculture, pêche, géologie marine, recherche de gisements de granulats marins, prospection de ressources profondes, mise au point de Dispositifs Concentrateurs de Poissons (DCP), etc.). Cet organisme développe actuellement un programme de suivi des pêches en Guadeloupe (Système d'Informations Halieutiques).

Enfin, l'IRPM (Institut Régional de Pêche et de Marine) mène des actions de recherche en développement dans les domaines de la pêche et de l'aquaculture en Guadeloupe.

Dans les réserves naturelles de Saint-Barthélemy, Saint-Martin et Petite-Terre, ainsi que dans le Parc National de la Guadeloupe, des herbiers sont protégés à la fois contre les destructions physiques et les prélèvements. Le personnel de ces aires marines protégées assure un suivi biannuel de l'évolution des herbiers, ainsi que des espèces-clés associées (lambis, oursins, étoiles de mer). Un programme de recherche développé conjointement par le Parc National de la Guadeloupe et l'Université des Antilles et de la Guyane est en cours pour mesurer le niveau de contamination des herbiers de la baie du Grand Cul-de-Sac Marin par les hydrocarbures, les métaux lourds et les pesticides.

En Guadeloupe, un réseau de mesures de paramètres physico-chimiques a été mis en place dans le cadre de la DCE. Il prend en compte les éléments suivants sur 4 stations dans le Grand Cul-de-Sac Marin : température, salinité, nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, MES, O2 dissous, chlorophylle a et pour la matière vivante : organochlorés, métaux lourds et Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques. Parallèlement au Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO), la CQEL (Cellule Qualité des Eaux Littorales) de la DDE réalise des prélèvements sur 17 points autour de l'île : DCO, DBO5, O2 dissous, ammonium, nitrate, phosphate, matières en suspension MES, pH, température, turbidité, salinité.

Un réseau de suivi des masses d'eau (protocole DCE) est en cours de mise en place. Un projet d'essai de restauration d'herbiers est mené en Guadeloupe par des bureaux d'étude à l'instigation de la DIREN.

PROTECTION ET GESTION

• *Outils réglementaires*

Réglementations internationales : Les phanérogames marines font partie des espèces protégées par la Convention de Carthagène dans la région caraïbe. La plupart des autres conventions internationales sont applicables (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), RAMSAR, etc.). Toutes les espèces de scléractiniaires, le lambi (*Strombus gigas*) et toutes les espèces de tortues marines sont concernées par la convention CITES. Le Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe est classé sous convention RAMSAR (carte 7) et fait également l'objet d'une réserve MAB (Man And Biosphere).

Réglementations européennes : En tant que département français, La Guadeloupe constitue un territoire européen dans lequel s'applique la plupart des accords, directives et règlements fondateurs de l'Union Européenne, ainsi que ceux plus spécifiquement conçus pour les régions ultra-périphériques. La Directive "Habitats" ne s'y applique pas pour l'instant.

Réglementations nationales et locales : L'exercice de la pêche maritime côtière dans les eaux du département de la Guadeloupe est réglementé par l'arrêté n° 98-1082, modifié en 2002. Cet arrêté réglemente la pêche professionnelle (utilisation de filets trémail, filets droits, de nasses, de DCP), la pêche de loisir et la pêche sous-marine. Il prend également des dispositions relatives aux poissons vénéneux et propres à prévenir la conservation des phanérogames marines et de certaines espèces marines susceptibles d'être pêchées dans les herbiers, comme les lambis, les casques, un triton, l'oursin blanc, les tortues marines, etc. Les autres groupes concernés par cette réglementation sont : les coraux, les gorgones, les éponges et les végétaux marins pour lesquels seul le ramassage des organismes présents en épave sur le littoral est autorisé.

La pêche à la senne est interdite sur les fonds inférieurs à 10 m, ce qui a pour but de protéger en partie les herbiers qui constituent des zones de nurserie.

Des dispositions spéciales concernent les zones protégées : la pêche est réglementée dans la réserve du Grand Cul-de-Sac marin, le banc "Flandre" (nord-est de la Désirade) et les alentours des îlets Pigeon (de la Pointe Mahaut à la Pointe de Malendure, îlets inclus).

Le non-respect de ces réglementations est un facteur préoccupant. De nombreux procès-verbaux, souvent sans suite, sont dressés. La surveillance est assurée par la brigade nautique de la Gendarmerie, l'Administration des Douanes, l'Administration des Affaires Maritimes ainsi que par les gardes-moniteurs des zones marines protégées.

• *Aires marines protégées*

Guadeloupe : La réserve naturelle du Grand Cul-de-Sac Marin a été créée en 1987. Elle est située au sein d'un vaste lagon de 15.000 ha fermé par le plus long récif corallien des Petites Antilles. Elle occupe 2.115 ha de mer territoriale et 1.622 ha de formations forestières, soit au total 3.800 ha environ (carte 7). L'ensemble de la réserve est éclaté en 6 unités : îlets de Carénage, îlet de la Biche, îlet Fajou, îlet Christophe, estuaire de la Grande rivière à Goyave, mangroves et marais des Abymes. En 1993, elle a été classée par la convention de RAMSAR en zone humide d'importance internationale pour les oiseaux. Depuis 1994, elle fait également partie de la réserve de la Biosphère (MAB). Elle a la particularité de regrouper les trois principaux écosystèmes marins côtiers de la Caraïbe : les récifs coralliens, les herbiers de phanérogames marines et la mangrove. Cette réserve vient d'intégrer la zone « cœur » du Parc National de la Guadeloupe à laquelle se rattache une autre zone centrée sur les îlets Pigeon de la côte Caraïbe. À ces deux zones « cœurs » se rajoute une zone périphérique maritime étendue, appelée « aire marine adjacente ».

La réserve naturelle de Petite-Terre, créée en 1998, s'étend sur 990 ha dont 48 ha de partie terrestre et 842 ha de partie marine, jusqu'à l'isobathe des 10 m. Elle est co-gérée par un établissement public (l'ONF) et une association (association « Ti-tè »).

Un projet de réserve naturelle est en cours pour Marie-Galante. La réserve comporterait 1.680 ha dont 380 ha de parties terrestres et 1.300 ha de partie marine. Cette réserve se situerait dans la partie nord-ouest de l'île.

Saint-Barthélemy : L'île possède une réserve naturelle marine, créée en 1996 et gérée par une association (association GRENAT). Elle s'étend sur 1.200 ha et ne concerne pas les zones terrestres (carte 7). Elle est éclatée en 5 pôles :

- Un triangle incluant les trois baies de Marigot, du Grand Cul-de-Sac et du Petit Cul-de-Sac Marin et les alentours de l'île de la Tortue ;
- Les îles de Toc Vers et Frégate sur une distance de 500 m des côtes de ces îles ;
- L'île Fourche sur une distance de 500 m de chaque pointe en direction des points cardinaux ;
- Les alentours de l'îlet Pain de Sucre et des gros îlets ;
- L'anse de Colombier.

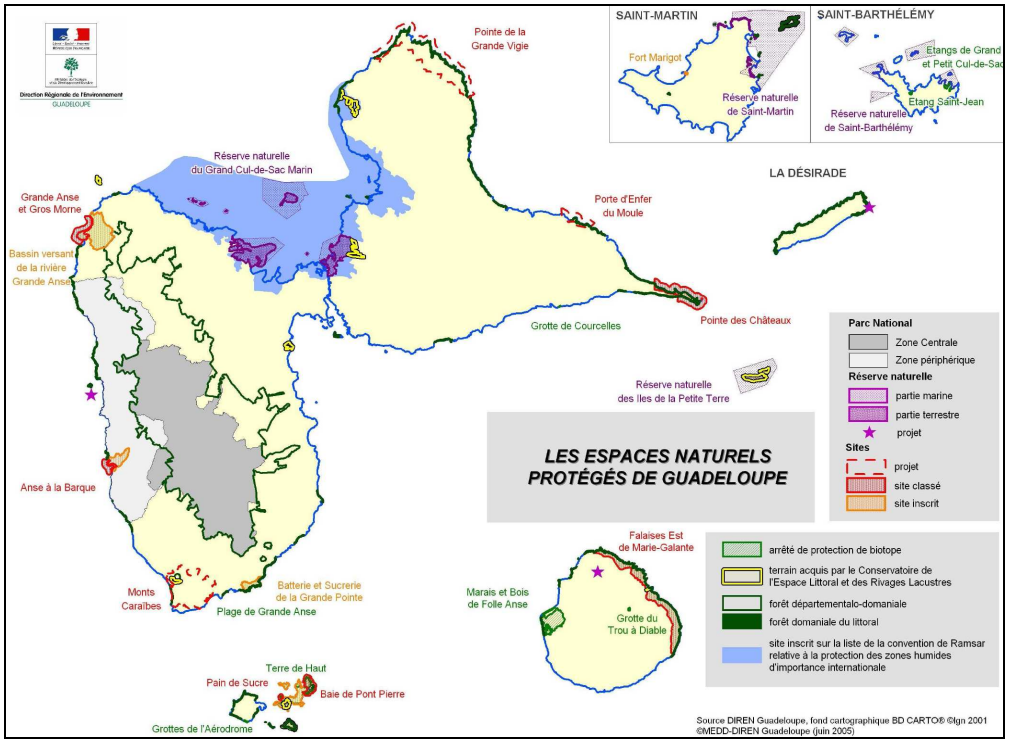
Saint-Martin : Depuis le 3 septembre 1998, Saint-Martin possède une réserve naturelle de 3.060 ha, située à la pointe nord-est de l'île, comprenant une partie terrestre englobant les îles de Pinel et Tintamarre, les étangs côtiers (153 ha) et une partie marine (2.907 ha) (cartes 6 et 7). Cette réserve est également gérée par une association.

En Guadeloupe, une trentaine de sites a été acquise par le conservatoire du littoral, un à Saint-Barthélemy, un à Saint-Martin, ainsi que 14 étangs littoraux dans cette dernière île. Récemment, le Conservatoire du Littoral a vu son domaine de gestion s'étendre au DPM. La gestion des herbiers de phanérogames marines les plus côtiers entre ainsi dans leur juridiction.

- ***Mesures de gestion indirecte***

Un atelier de travail s'est tenu en novembre 1997, en Guadeloupe, pour valider la méthode et lancer officiellement la mise en place des ZNIEFF-mer des DOM (Guillaume, 2000).

Cette méthodologie a fait l'objet d'une phase d'essai d'application en Guadeloupe, où trois zones tests ont été retenues : Ilets Pigeon, Ilets de Petite-Terre, Ilet Tintamarre. Depuis, trois autres zones ont été décrites : Morne Deshaies, les Saintes et la pointe Lézarde.



Carte 7 : Les espaces naturels protégés de Guadeloupe (Réalisation : DIREN de Guadeloupe, 2005).

ILE DE LA MARTINIQUE

Fabien Védie

LE TERRITOIRE

GEOGRAPHIE

La Martinique est une île d'origine volcanique située dans l'archipel des Petites Antilles (14°40'N et 61°W) et s'étend sur 1.128 km². Elle est bordée à l'Est par l'Océan Atlantique et à l'Ouest par la mer des Caraïbes. L'île est l'un des plus petits départements français puisqu'elle mesure 65 km de long sur 30 km de large, pour un linéaire côtier de 470 km. Son relief est très diversifié à commencer par un massif montagneux au Nord, dominé par les pitons du Carbet (1.207 m) et la Montagne Pelée (1.397 m). Cette dernière est un volcan toujours en activité, qui figure parmi ceux les plus surveillés au monde. Dans le reste de l'île, les reliefs sont moyens avec des altitudes ne dépassant pas les 505 m (Montagne du Vauclin) et sont caractérisés par le terme de "mornes". Une seule plaine se dégage de cet ensemble accidenté, celle du Lamentin, au centre, où se concentrent l'aéroport international et plusieurs zones industrielles.

La Martinique bénéficie d'un climat tropical rythmé par l'alternance d'une saison chaude et sèche et d'une saison plus humide caractérisée par un risque cyclonique important. La régulation des amplitudes thermiques se fait sous l'influence océanique des alizés. Ainsi, la température moyenne annuelle est de 26°C et l'hygrométrie varie de 80% en mars-avril à 87% en octobre-novembre.

POPULATION

D'après le dernier recensement effectué par l'INSEE (2008b) en janvier 2007, la population sur l'île est estimée à 401.000 habitants, équivalent en terme de densité à 365 habitants.km^{-2}. Les enquêtes annuelles de recensement en Martinique permettent de mettre en évidence une croissance démographique importante depuis les années 80. Cette tendance est caractérisée par une évolution annuelle moyenne de 0.73% (de 1999 à 2006), soit plus de trois fois celle de la Métropole. L'accroissement s'explique en partie par le solde naturel, soit un taux de naissance supérieur au taux de décès. Néanmoins, en comparaison aux autres départements d'Outre-mer cette évolution est relativement faible puisque la Guyane suit une évolution annuelle de 3,8%, suivie de La Réunion avec 1,5% puis de la Guadeloupe 0,8% (INSEE, 2008b).

Face à cette croissance démographique, répartie de façon hétérogène sur l'île (concentration à Fort-de-France), le nombre de logements a augmenté depuis 1999 et cela de manière encore plus importante avec un accroissement de 22.000 unités. Ainsi, l'évolution du logement, bien plus marquée que celle de la population avec 14,2% contre seulement 4,6% pour la population, est caractérisée par une majorité de maisons individuelles. L'île suit donc une urbanisation importante, facteur à prendre en compte notamment pour les problèmes de pollutions que cela implique.

ECONOMIE

En comparaison avec la France entière, l'économie martiniquaise se distingue essentiellement par une importante part de services administrés (32% contre 20%) en opposition à une faible part de l'industrie (7,4% contre 20%). De plus, il apparaît des taux légèrement plus importants au niveau du commerce, de la construction et de l'agriculture, avec des différences respectives de 3%, 1,8% et 0,5%. En revanche, les parts dans les services marchands sont plus faibles en Martinique avec une différence de 5%. Finalement l'île s'oriente principalement sur le tourisme et les services représentant à eux seuls plus de 80% de la Valeur Ajoutée Brute de l'économie martiniquaise. Néanmoins, les activités traditionnelles telles l'agriculture et la pêche demeurent actives. La culture de la canne à sucre et de la banane représente à elle seule 40% de la surface totale destinée à l'agriculture. Toutefois, la situation du marché de l'emploi est toujours difficile puisque 22% de la population active était au chômage en 2009, les jeunes étant les plus touchés.

Selon l'INSEE (2008b), en 2007, le PIB par habitant s'élevait à 19.700 € environ, soit une progression de 0,3% seulement. Ce PIB par habitant reste malgré tout inférieur de 35% à la moyenne nationale. Le produit intérieur brut de la Martinique a progressé de seulement 0,9 % cette même année, alors qu'il augmentait parallèlement de 2,2% pour l'ensemble de la France. Il représente environ 0,4% du PIB français total.

ORGANISATION

La Martinique est l'un des quatre départements d'Outre-mer, créés par la loi du 19 mars 1946. La loi du 2 mars 1982 érigeant la région en collectivité territoriale de plein exercice a fait de la Martinique une des vingt-six régions françaises. Elle est représentée au niveau national par 4 députés, 2 sénateurs et un conseiller économique et social. En tant que département français, la Martinique fait partie de l'Union Européenne au sein de laquelle elle constitue une région ultrapériphérique. A ce titre, elle bénéficie de "mesures spécifiques" qui adaptent le droit communautaire en tenant compte des caractéristiques et contraintes particulières de ces régions.

Le département est découpé en quatre arrondissements (Fort-de-France, Trinité, Le Marin et Saint-Pierre), subdivisés en 45 cantons et 34 communes. Tous les textes législatifs nationaux y sont applicables mais peuvent faire l'objet de mesures d'adaptation "nécessitées par leur situation particulière" (Art. 73 de la Constitution).

ENJEUX PRINCIPAUX DU TERRITOIRE

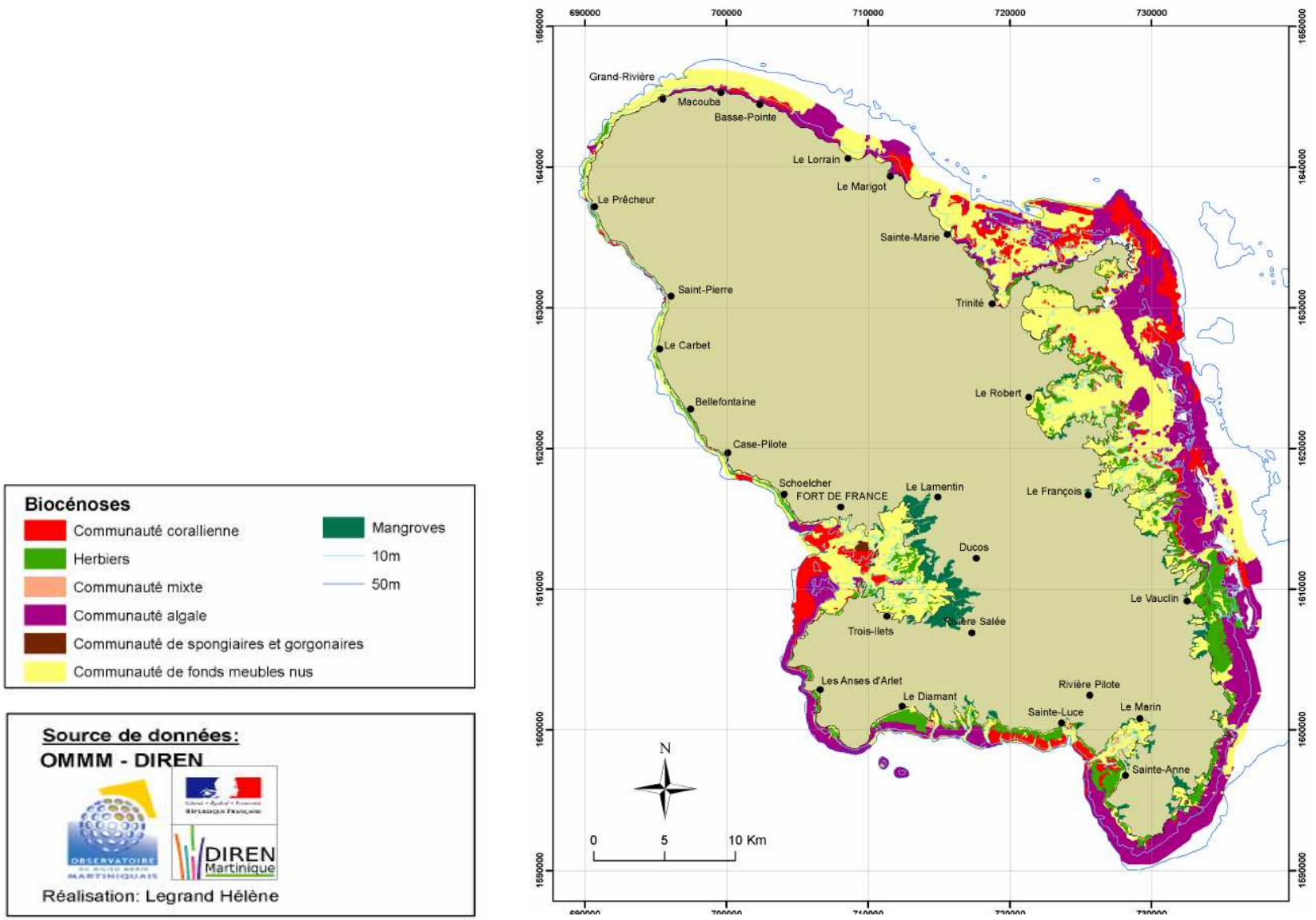
On trouve en Martinique la juxtaposition des trois écosystèmes (récifs, mangroves et herbiers) qui confère aux côtes un intérêt écologique majeur. La Martinique possède de grandes baies profondément découpées (Fort de France, Robert, Galion, Le Marin, Trésor, etc.) où se sont développées de vastes étendues d'herbiers de phanérogames marines et de mangrove.

Les principaux enjeux environnementaux concernent la surpêche et la pollution des eaux côtières. La gestion des ressources et la protection des habitats semblent aujourd'hui indispensables pour améliorer la biodiversité ichtyologique actuellement en déclin et assurer la pérennité d'une pêche raisonnée. La réduction des pollutions d'origine domestiques, industrielles et agricoles est indispensable pour enrayer la dégradation des milieux côtiers constatée depuis plusieurs décennies. Le tourisme doit, quant à lui, se tourner vers l'éco-tourisme responsable afin de mettre en valeur les richesses naturelles de l'île, tout en les préservant. La mise en place d'une gestion intégrée et du développement durable est aujourd'hui incontournable pour protéger au mieux le milieu marin martiniquais. Ainsi, l'un des futurs projets de l'île, la création d'un parc marin pourrait contribuer à la protection des herbiers.

ECOSYSTEMES MARINS COTIERS

Le littoral martiniquais offre trois principales biocénoses marines : les récifs coralliens, les herbiers de phanérogames et les mangroves. Le Sud Atlantique et le Sud de l'île présentent une grande richesse de communautés coralliennes et d'herbiers tandis que le Nord Caraïbe plus rocheux, avec des pentes plus fortes, présente des fonds marins plus spécifiques à ce type d'habitat.

On peut également noter la différence des biocénoses entre la façade Caraïbes et Atlantique (carte 8), en raison des conditions géomorphologiques et climatiques.



Carte 8 : Répartition des écosystèmes marins côtiers de la Martinique (Réalisation : H.Legrand, 2009).

- ***Récifs coralliens et herbiers***

D'après les travaux de Legrand (2009), sept catégories principales de substrats sont présentes sur l'île (définies pour la cartographie) :

- roche : plateformes ou blocs de roche,
- corail : substrat constitué de squelettes de colonies coralliennes (vivantes ou mortes),
- sable : substrat constitué de sable fin ou grossier,
- détritique : substrat de granulométrie variable constitué de débris de coraux, coquilles de mollusques, algues calcaires ou galets,
- sablo-vaseux : substrat constitué de sable très fin à argileux,
- vase : substrat constitué de vase,
- sable et Roche/Corail : substrat sableux avec alternance de blocs, avancées rocheuses ou massifs coralliens.

Ainsi, sur l'ensemble du littoral martiniquais, le sable réparti sur 19.909 ha est le substrat dominant puisqu'il représente 44% de la totalité de la surface cartographiée entre 0 et 50 m. Ces fonds sableux caractéristiques d'une forte exposition correspondent en général à des communautés de fonds meubles nus, d'herbiers ou encore d'algues. En revanche les substrats de type corallien, détritique et vaseux ne représentent qu'une très faible proportion surtout dans les zones supérieures à 7 m de profondeur (respectivement 5%, 3% et 7%).

De la même manière, les biocénoses peuvent être classées selon 6 catégories (Legrand, 2009) :

- la communauté corallienne : la couverture corallienne est dominante sur substrat dur corallien ou rocheux. Elle peut être constituée d'une association de coraux, éponges et gorgones,
- l'herbier de phanérogames marines : association plus ou moins dense de phanérogames marines,
- la communauté mixte : peuplements de coraux, éponges, gorgones formant des massifs coralliens en association avec des herbiers de phanérogames marines ou d'algues vertes calcaires,
- la communauté algale : association d'algues sur substrats variables,
- la communauté de spongiaires et de gorgonaires : association de gorgones et de spongiaires sur substrat dur ou meuble,
- la communauté de fonds meubles nus : association clairsemée d'algues, de phanérogames et d'échinodermes sur dépressions de sables détritiques.

En terme de biocénose, les communautés des fonds meubles nus dominent largement avec un taux de 45%, suivi des communautés algales représentées à 31%, puis des communautés coralliennes présentes à 12%. Ces trois biocénoses ont alors des répartitions d'autant plus importantes sur la zone des 7-50 m. En revanche, les herbiers représentés sur quasiment 5.000 ha, soit un taux de 11%, suivent une aire de répartition quasi exclusive dans la zone peu profonde entre 0 et 7 m. Ils sont formés par 7 espèces différentes appartenant à 3 familles et à 4 genres différents. Parmi elles, une est invasive.

- ***Mangrove***

La mangrove de Martinique s'étend sur une superficie d'environ 1.850 ha et représente environ 6% de l'espace forestier de l'Ile, soit 1,5% de la surface de l'île. Elle est présente au niveau des baies et des anses abritées de la côte Atlantique (au Robert, au François, Baie des Anglais et Presqu'île de la Caravelle) et au sud de l'île (Cul-de-sac du Marin et Diamant), mais surtout dans le fond de la baie de Fort-de-France avec une répartition proche des 1.200 ha (Brossard *et al.*, 1991).

Au sein des mangroves, qui renferment 6 espèces différentes de palétuviers, une succession typique de ceintures de végétation peut être distinguée : une ceinture maritime à *Rhizophora*, suivie d'une ceinture arbustive à *Rhizophora*, *Avicennia* et *Laguncularia*, puis d'une ceinture forestière interne dominée par *Rhizophora* et enfin d'une ceinture forestière externe dominée par les genres *Avicennia* et *Laguncularia* (Brossard *et al.*, 1991).

LES HERBIERS DE LA MARTINIQUE

ÉTAT DES CONNAISSANCES

Les études sur les écosystèmes marins de la Martinique ont débuté dans les années 70 (Battistini, 1978 ; Laborel *et al.*, 1984 ; Bouchon & Laborel, 1986). Cependant, les connaissances actuelles sur les herbiers de phanérogames sont assez récentes et sont donc peu approfondies.

Les herbiers ont été largement abordés lors d'une première mission "CORANTILLES II" faites en 1983-1984. Durant cette mission, les phanérogames, les spongiaires, les coraux, les gorgones, les mollusques et les poissons ont été inventoriés.

En 1991, la Région de la Martinique et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement ont lancé un projet sur "la protection et valorisation du milieu naturel de la baie de Fort de France". Les études portaient sur la géologie de la baie, les écosystèmes de la mangrove et des herbiers de phanérogames marines, la qualité des eaux et des sédiments, le niveau de pollution des chaines trophiques, etc.

Durant les années 2002-2003, un premier inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique en zone marine a été fait notamment sur des zones à herbiers. Les dernières études ont porté sur l'écologie des herbiers en côte sud (Sermage, 2006) et sur la répartition des herbiers sur l'ensemble de l'île par cartographie (Legrand, 2009).

Tous ces travaux ont permis d'apporter d'avantage de précision sur le milieu marin martiniquais et des travaux sont actuellement en cours pour compléter les connaissances sur les herbiers de l'île (thèse de Legrand non soumise).

LES ESPECES DE PHANEROGAMES, DISTRIBUTION SPATIALE ET TRAITS PARTICULIERS DE LEUR ECOLOGIE

En Martinique, les herbiers couvrent approximativement 4.956 ha de l'île (Legrand, 2009). Les côtes de la moitié sud de l'île, entre les anses d'Arlet et la baie du Robert, représentent les plus grandes étendues de prairies sous marines ou d'herbiers avec environ 4.636 ha, tandis que la baie de Fort-de-France est recouverte sur 320 ha (OMMM, 2006a). Dans ces secteurs, les lagons, largement développés en arrière du récif, constituent un environnement propice au développement de cette biocénose (carte 8).

Il existe 7 espèces de phanérogames marines en Martinique, dont une est invasive. Les herbiers de l'île sont essentiellement composés de *Thalassia testudinum* (herbe à tortue) et de *Syringodium filiforme* (herbe à lamantin). Celles-ci peuvent être présentes séparément ou ensemble dans le cas d'herbier mixte. Les autres espèces présentes sont : *Halodule wrightii*, *Halodule beaudettei, Halophila baillonis, Halophila decipiens et Halophila stipulacea,* espèce invasive, qui couvre désormais de vastes superficies.

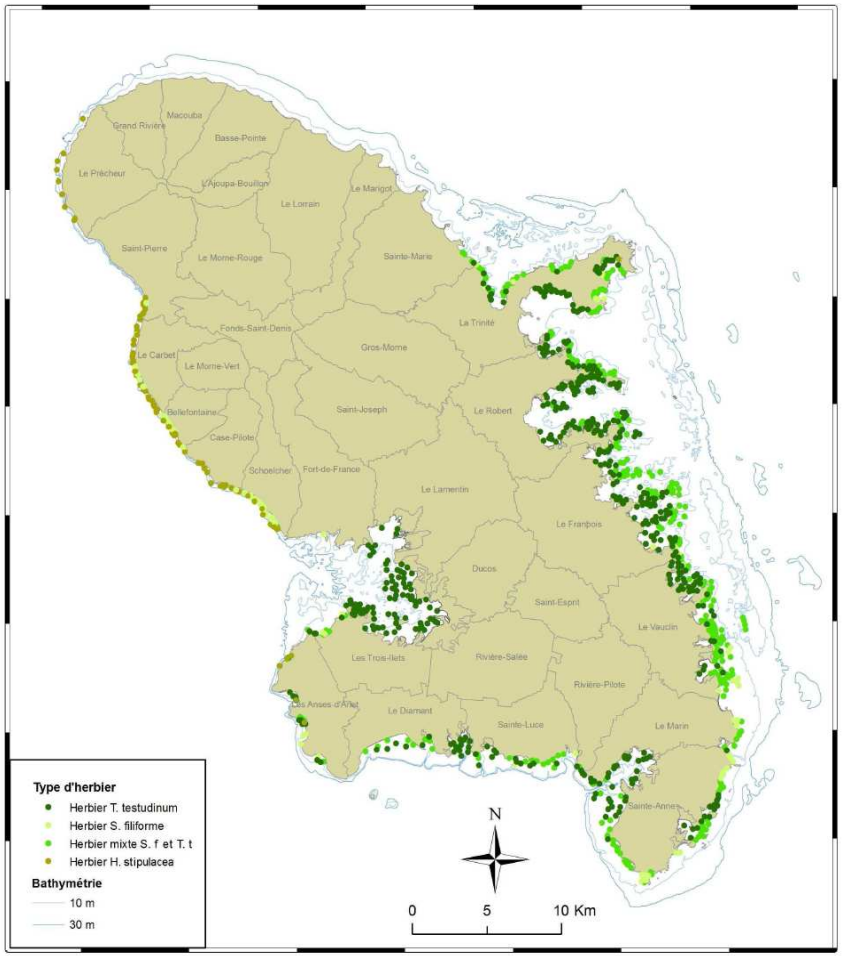
D'après Laborel-Deguen (1984), *Thalassia testudinum* est climacique, résistante aux stress environnementaux tels l'envasement et la turbidité, mais serait sensible à l'échauffement, à l'émersion et aux pollutions notamment de type organique (Chauvaud, 1997). Néanmoins, d'après la cartographie sur la répartition des différents types d'herbiers effectuée par Legrand (thèse non soumise), les fonds de baies sont uniquement constitués d'herbiers de *T. testudinum* stricts (carte 9). Or les fonds de baies font parties des sites les plus riches en matières organiques ce qui laisse supposer une résistance plus importantes de ces plantes à ces conditions particulières.

Quant à *Syringodium filiforme,* elle est faiblement présente en herbiers stricts, mais se localise sur les deux côtés de l'île (carte 9). Les herbiers mixtes, composés de ces deux espèces sont bien représentés sur l'île. Ceux-ci suivent une répartition majoritaire sur la côte atlantique et sur le sud de l'île. En revanche, les observations faites par Legrand (thèse non soumise) montrent que les herbiers mixtes semblent inexistants sur la côte caraïbe (carte 9).

Halophila stipulacea est l'espèce dominante sur la côte nord caraïbe (*Halophila decipiens* couvre des superficies beaucoup moins étendues à plus faible profondeur), comme le montre la carte 9. On la trouve également au sud au niveau des anses d'Arlet mais également côté Atlantique au niveau de la baie du Trésor, mais seule la côte nord caraïbe a fait l'objet d'une reconnaissance spécifique de cette espèce. Il se peut donc qu'elle ait colonisé d'autres sites en Martinique non échantillonnés récemment. Cette espèce, originaire de la Mer Rouge, a envahi la Méditerranée. Elle a été observée dans les Caraïbes pour la première fois en 2002 sur l'île de Grenade (Ruiz&Ballantine, 2004 *in* Willette *et al.*, 2009), puis autour des deux îles de la Dominique (juin 2007) et Sainte-Lucie, entre lesquelles est située la Martinique. Sa vitesse d'expansion très rapide est souvent comparée à celle de l'algue invasive *Caulerpa taxifolia* (Boudouresque&Verlaque, 2002 ; Anderson, 2005 *in* Willette *et al.*, 2009). Le vecteur de propagation de cette phanérogame invasive serait les bateaux récréatifs en provenance de la Méditerranée (Willette *et al.*, 2009).

La période à laquelle *H. stipulacea* est apparue en Martinique n'est pas connue, mais elle est absente des inventaires de 1984 (mission CORANTILLES). Compte tenu des superficies recouvertes (non estimées encore précisément), elle pourrait être assez ancienne, bien que Willette et collaborateurs (2009) aient observé des vitesses de croissance de cette espèce de plus de 6cm/jour sur certains sites de Dominique. Les témoignages des plongeurs indiquent une invasion antérieure à 2006.
Les anses où cette espèce a été identifiée sont des sites de mouillages très fréquentés par les plaisanciers. Il est possible qu'il y ait un lien de cause à effet entre cette présence et une dissémination par bouturage. Elle a été observée entre 3 et 26 mètres de profondeur, parfois jusqu'à plus de 35 mètres sur certains sites.

Halophila decipiens est également présente sur la côte ouest, mais en bien moindre proportion. Elle vit sur des substrats variés et à plus faible profondeur, formant des peuplements moins denses que *H. stipulacea*. *H. decipiens* est souvent la première à coloniser les substrats disponibles mais semble n'avoir qu'une faible capacité à stabiliser le sol (den Hartog, 1970 ; Fonseca, 1989).



Carte 9 : Répartition des types d'herbiers majoritaires de la Martinique (Source : Thèse de Legrand non soumise).

BIODIVERSITE (FAUNE ET FLORE) DES HERBIERS

• *Poissons*

La faune ichtyologique des herbiers à *Thalassia testudinum* de la baie de Fort-de-France a été étudiée dans deux stations (la caye de San Justan et la pointe de la Croix Bigotte) de mars 1990 à mars 1992. Au total 65 espèces de poissons appartenant à 28 familles ont été observées. Plus précisément, les familles les plus retrouvées sont les Scaridae, les Lutjanidae et les Haemulidae (Bouchon-Navaro *et al.,* 1992).

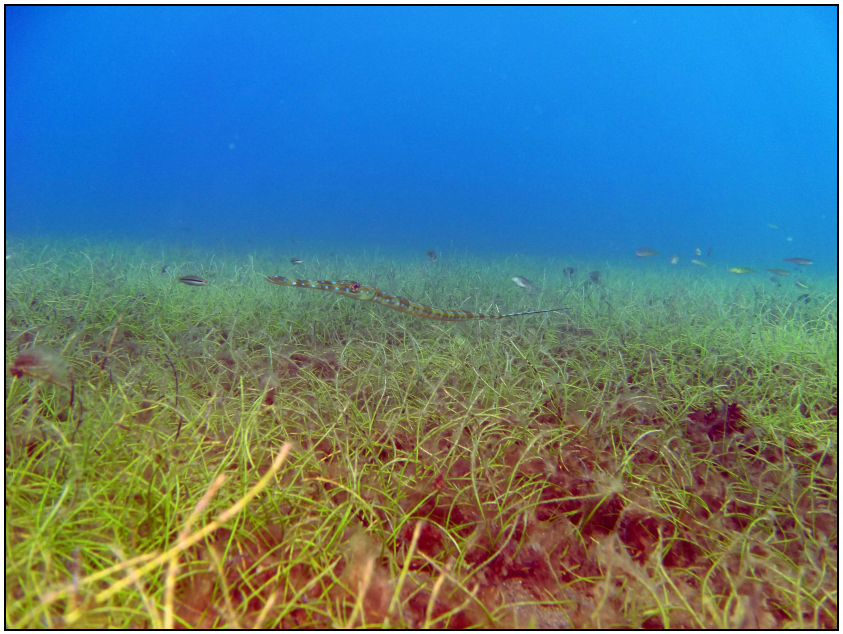
En 1997, Chauvaud a estimé les stocks de poissons associés aux herbiers de phanérogames marines à un total de 86 t en Martinique. Le poids moyen des poissons rencontrés sur l'herbier était de 6 à 8 g, ce qui confirme que les herbiers sont propices aux juvéniles et abritent peu de poissons de taille commerciale, ne constituant donc pas une ressource économique appréciable.

Concernant les familles de brouteurs présentes dans les herbiers, deux familles sont principalement présentes : les Scaridés (poissons perroquets), les Acanthuridés (poissons chirurgiens) et les Labridés (comm. pers). Mais la diversité et le nombre des poissons se nourrissant de phanérogames sont faibles, ils préfèrent leurs épiphytes. On recense également dans les herbiers des prédateurs d'ordre supérieur (omnivores, planctonophages, carnivores, piscivores) qui profitent de l'abondante production primaire des herbiers pour s'y nourrir même s'ils n'y résident pas de façon permanente.

D'après des constats visuels, il semblerait que les herbiers à Halophila stipulacea de la côte ouest soient riches en juvéniles et concentrent parfois des espèces de façon importante (poissons razons Xyrichtys sp. notamment). Sur un même secteur, ils apparaissent souvent plus riches en termes de biomasse que les herbiers formés par d'autres espèces (Fabien Védie, comm. pers).

• *Echinodermes*

Les oursins apparaissent comme les principaux prédateurs des herbiers de phanérogames, puisque ces derniers constituent l'essentiel de leur régime alimentaire. Les principales espèces rencontrées et directement consommatrices de phanérogames sont les Tripneustes ventricosus, les Diadema antillarum, les Lytechinus variegatus, les Eucidaris tribuloides et les Echinometra lucunter (Hendler et al., 1995). De plus, les herbiers abritent d'autres ordres d'échinodermes comme les holothuries et les étoiles de mer.



Poisson flûte sur un herbier de *Syringodium filiforme*. © F.Védie

- ***Autres espèces présentes dans les herbiers***

Les tortues vertes (*Chelonia mydas*) sont aussi de grands brouteurs associés aux herbiers, que l'on peut rencontrer en Martinique (UNESCO, 1983).

PRESSIONS SUR LES HERBIERS

- ***Pressions naturelles***

Cyclones, tempêtes et fortes précipitations : Des facteurs naturels, comme les tempêtes ou les cyclones, peuvent occasionner de gros dégâts sur les herbiers (affouillement, ensevelissement, arrachage, etc.). Ils sont d'autant plus importants qu'ils touchent les racines et les rhizomes. Des études ont cependant montré que *Syringodium filiforme* est beaucoup plus sensible à ces évènements climatiques que *Thalassia testudinum* qui possède un système d'ancrage dans le sédiment plus efficace grâce à des racines et à des rhizomes plus solides. Ainsi, lorsque cet ensemble est touché, il est fort probable que la plante finisse par mourir (Cruz-Palacios & Van Tussenbroek, 2005). Cependant, les variations de salinité générées par les cyclones vont affecter *T. testudinum*, espèce sténohaline (den Hartog, 1970) et induire une importante mortalité (Marbà *et al.*, 1994).

En outre, lors de très fortes pluies tropicales, l'apport d'eau douce important chargé en boue et en polluants issu du ruissellement urbain reste peu favorable aux herbiers et accentue leur dégradation (Irlandi *et al.*, 2002).

Prédation et maladies : Certaines espèces consommatrices de phanérogames comme les tortues ou les oursins peuvent provoquer un effet néfaste sur ces derniers, si le broutage s'avère trop important. Toutefois, en Martinique, les populations d'oursins sont surexploitées par la pêche et les effectifs de tortues vertes demeurent faibles. Il arrive également que les organismes vivant au sein des feuilles de phanérogames infligent des dégradations aux feuilles ou aux racines.

Les herbiers de phanérogames peuvent être touchés par des épidémies (mycoses, bactéries) qui peuvent ralentir leur croissance et les fragiliser, ou encore être étouffés par la prolifération rapide d'algues filamenteuses à la suite de pics de phosphate et/ou d'azote.

- ***Pressions anthropiques***

Dégradations chimiques

Pollutions d'origine agricole : Les monocultures de la banane et de la canne à sucre appauvrissent les terres et poussent ainsi les exploitants à utiliser des engrais et des pesticides dans des proportions importantes, respectivement 22 957 tonnes et 938 tonnes en 2007 (DIREN, 2008). Ces cultures, qui sont les plus répandues sur l'île, apparaissent comme étant les deux plus grosses sources de pollution phytosanitaire (OMMM, 2006b). En effet, lors des précipitations, les engrais et les pesticides sont entraînés par les eaux de ruissellement et provoquent un enrichissement des eaux côtières en azote et en phosphore sous forme de matière en suspension. Un enrichissement en nutriments azotés et phosphatés peut être favorable à la croissance (cas des zones oligotrophes), mais lorsqu'il est trop important, il perturbe l'équilibre du milieu.

La présence de pesticides dans les eaux marines martiniquaises a été décelée lors de deux études menées par l'UAG et la DIREN (Pellerin-Massicote, 1991 ; Bocquené, 2002). Les substances organochlorées comme le chlordécone ont fait l'objet de nombreuses analyses quantitatives dans différentes matrices biologiques pour évaluer l'exposition des espèces commerciales (poissons, oursins, lambis). En

revanche, l'impact de ce pesticide sur l'écosystème n'a pas encore été étudié pour le moment.

Pollutions d'origine industrielle : La majeure partie des rejets industriels (matière organique, azote, phosphore, matières en suspension, hydrocarbures et métaux lourds) provient du secteur agro-alimentaire. L'industrie de la canne à sucre produit une part très importante de la charge en polluants : elle génère des sous-produits liquides, appelés « vinasses », très acides et fortement chargés de matières organiques et dont l'oxydation entraîne une anoxie du milieu. Ces produits ont longtemps été rejetés sans traitements dans le milieu naturel, mais les usines se sont depuis progressivement mises aux normes. Malgré cela, le niveau de traitement de ces sous-produits doit continuer à être amélioré afin de minimaliser leurs conséquences sur le milieu marin.

Pollution urbaine : Du fait de l'important développement urbain sur l'île de la Martinique, notamment en baie de Fort-de-France, les mesures d'assainissement doivent être améliorées. En effet, les rejets urbains sont composés de détergents, de matières organiques, de bactéries d'origines fécales, etc. pouvant perdurer en mer à plus ou moins long terme et affectant les milieux côtiers (Brugneaux *et al.*, 2004). L'assainissement collectif reste insuffisamment développé, notamment sur les infrastructures de réseaux de collecte et des raccordements individuels, principalement à cause de la topographie de l'île et de la dispersion des habitations. Le parc de stations d'épuration présente également des rendements épuratoires qui ne sont pas suffisamment poussés eut égard à la sensibilité des milieux naturels récepteurs. Les surcharges hydrauliques liées aux réseaux de collecte unitaires et aux fréquents événements pluvieux de forte intensité, conduisent bien souvent à des rejets directs des effluents en milieu naturel. L'assainissement individuel qui concerne une part importante des habitations martiniquaises présente quant à lui des taux de non conformité préoccupants.

Un autre problème environnemental majeur, lié à l'accroissement démographique de la Martinique, concerne la gestion des macro-déchets (ordures ménagères et assimilés). Ces déchets sont stockés au niveau de décharges, la majorité étant localisées sur le littoral. Sur ces zones, la dégradation des déchets organiques, des produits chimiques et des métaux lourds va générer des lixiviats toxiques, dispersés par la suite dans le milieu environnant (nappes phréatiques, sols, cours d'eau, etc.) et à l'origine de fortes pollutions organiques et chimiques. Des réhabilitations de décharges sont actuellement en cours pour limiter notamment les rejets de lixiviats non traités en milieu naturel.

Dégradations physiques

Hypersédimentation : L'érosion a des conséquences lourdes au niveau des baies : l'urbanisation excessive, le défrichage, notamment au niveau des mangroves (rôle dans le maintien des sols et dans la filtration des eaux) et les mauvaises pratiques agricoles sont responsables d'un apport massif de sédiments lors des fortes pluies. Ainsi, l'hypersédimentation constatée dans les baies est liée aux pollutions en tous genres (agricole, industrielle et urbaine) et provoque une diminution de la photosynthèse. En effet, la disponibilité lumineuse étant réduite par la présence de matières en suspensions, c'est toute la croissance des plantes qui est affectée. Ce processus tend à s'aggraver au fur et à mesure que l'île vit un accroissement de population et d'activité (Brugneaux *et al.*, 2004).

Destructions mécaniques : Les herbiers sont aussi dégradés directement par les activités humaines, notamment la pêche et le nautisme. Les principales techniques utilisées sur l'île, les casiers et les filets, détériorent les fonds et affectent les plants de phanérogames par leurs actions mécaniques engendrant des écrasements, cassures et/ou arrachages des plantes (Kendrick *et al.*, 2002 ; Leriche *et al.*, 2006). La pratique de la senne en particulier, par phénomène de raclage, est particulièrement traumatisante pour les herbiers et la faune associée sur certains secteurs. La plaisance a un réel impact sur les fonds marins dû aux mouillages qui peuvent briser les coraux ou arracher les herbiers de phanérogames (OMMM, 2004). D'après l'étude de Sermage (2006) sur les herbiers de la côte Sud Caraïbe de la Martinique, les mouillages (ancres, mais surtout le frottement des chaînes sur le fond) participent à la réduction de la densité des phanérogames dans les anses abritées propices au mouillage de longue durée des navires de plaisance.

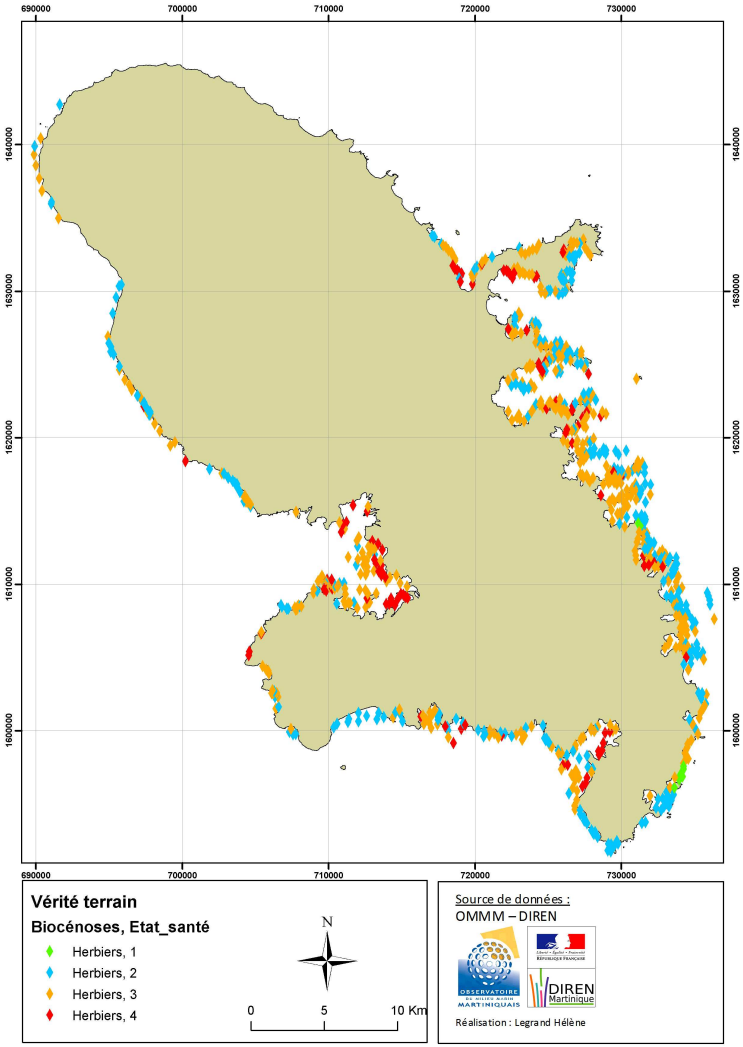
Pêche : Les communautés animales des herbiers sont souvent surexploitées à cause de leur accessibilité et de leur visibilité. Les sennes de plages pour les poissons de petites tailles sont très destructrices. Les populations de lambis (*Strombus sp.*) et d'échinodermes comestibles (*Tripneustes sp.*) ont subi une forte diminution dans une grande partie des caraïbes (UNESCO, 1983).

ETATS DE SANTE ET EVOLUTION

L'état de santé des herbiers a été évalué entre les années 2006 et 2008 (Legrand, 2009), selon les espèces recensées. Ainsi, les herbiers ont été classés des moins dégradés aux plus dégradés (carte 10) : les herbiers formés de *Thalassa testudinum* strictement (1), suivis des herbiers formés de *Thalassa testudinum* et *Syringodium filiforme* ou *Syringodium filiforme* seul (2), puis les herbiers envahis par des macroalgues molles ou autres herbiers (3) et enfin les herbiers très clairsemés, quelle que soit l'espèce, ou envasés. D'après ce classement il apparaît que les herbiers en bon état de santé sont très rares (1%). Ils se situent à la pointe sud de l'île, de l'anse Michel au Cap Dunkerque. A l'inverse, les herbiers les plus dégradés (indice 3 et 4, 61% des herbiers) sont localisés dans les zones abritées, soit sur la côte atlantique au sud de la Caravelle et sur la baie de Fort-de-France (carte 10). Aussi, les herbiers suivent une amélioration croissante des côtes vers le large.

Les perspectives d'évolution de l'état de santé des herbiers sont incertaines. Cependant, du fait d'une forte population et d'une urbanisation mal contrôlée, l'impact anthropique est très important en Martinique. Or l'espèce *Thalassia testudinum* est considérée comme une espèce très sensible aux pollutions, ce qui explique en partie la raréfaction actuelle des herbiers. Par ailleurs, l'étude de l'impact des mouillages sur les herbiers a permis de quantifier la perte et d'émettre des prévisions (Sermage, 2006).

Dans le cas de la Martinique, l'évolution des herbiers a pu être estimée sur deux sites de la mer des Caraïbes, Grande Anse d'Arlet et Ste-Anne, depuis le début des années 50 par Chauvaud (1997) puis par Sermage (2006). Des changements significatifs de la surface totale des herbiers ont été identifiés par un suivi photographique aérien. Sur le site de Grande Anse, sont apparues des diminutions de la couverture entre 1951-1982 et 1997-2000, respectivement de 20% et de 41%. Sur Ste-Anne, les baisses de surface totale durant ces deux périodes furent de 22% et 18%. Les conséquences de telles tendances à la baisse seraient corrélées aux évènements climatiques concomitants, ainsi qu'à l'expansion de la fréquentation des plaisanciers sur la côte Caraïbe.



Carte 10 : Etat de santé des herbiers de la Martinique (Réalisation : H.Legrand, 2009)
(1 : très bon état ; 2 : bon état ; 3 : état dégradé ; 4 : état très dégradé)

RECHERCHE, ACTION DE GESTION ET DE CONSERVATION

• *Recherche*

DIREN, OMMM : La Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) et l'Observatoire du Milieu Marin Martiniquais (OMMM) mettent en œuvre des actions de connaissance, de recherche, de suivi et de protection des récifs coralliens et des écosystèmes associés de Martinique dans le cadre des plans d'action locaux IFRECOR. Une cartographie des différentes biocénoses côtières y compris les herbiers de phanérogames a été établie par l'OMMM entre les années 2006 et 2008 (Legrand, 2009).

Le programme "litto3D" s'est déroulé sur l'île de la Martinique en 2010. Il visait à mettre en place un nouveau référentiel topographique liant de façon continue et cohérente les parties immergées et émergées composant le littoral. Ce projet associé à de l'acquisition hyperspectrale permettra de cartographier en détail les herbiers selon les espèces, chacune ayant une signature spectrale propre.

Une étude de faisabilité de caractérisation *in situ* des stocks de lambis sur les herbiers de la côte atlantique a été lancée en 2010 par la DIREN.

Université Antilles Guyane : L'université Antilles Guyane possède un pôle d'enseignement et de recherche pour l'environnement marin au sens large basé en Guadeloupe. Elle mène et soutient de nombreuses études en courantologie, analyse de pollution, algologie, cartographie, ichtyologie, etc.

IFREMER : L'antenne de l'IFREMER présente en Martinique intervient essentiellement en halieutique et en aquaculture, mais certaines missions ponctuelles concernant plus directement les herbiers sont en prévisions, telles que le suivi des peuplements d'oursins blancs.

• *Réseaux de surveillance*

Un suivi des masses d'eau côtières de Martinique est opéré dans le cadre de la surveillance des milieux aquatiques réalisée au titre de la Directive Cadre sur l'Eau. Quatorze stations réparties autour de la Martinique font l'objet d'un suivi qualitatif de leur état santé (5 classes définies).

Un suivi de l'expansion de l'espèce invasive *Halophila stipulacea* par photointerprétation et suivi *in situ* est également programmé par la DIREN pour le second semestre 2010.

PROTECTION ET RESTAURATION

• *Outils réglementaires*

Réglementations internationales : La convention de Carthagène concerne la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région Caraïbe. Signée en 1983 et appliquée en 1986, elle protège les groupes suivants : les coraux, les phanérogames marines, les gorgones, le lambi, la langouste royale, les tortues de mer et les oiseaux de mer. Il existe un site RAMSAR en Martinique : l'étang des Salines.

Réglementations européennes : En tant que département français, la Martinique est un territoire européen dans lequel s'applique la plupart des accords relatifs au patrimoine écologique et aux ressources naturelles, dont certains sont spécifiques aux régions ultrapériphériques.

Réglementations nationales et locales : Le Schéma Directeur de l'Aménagement et de la Gestion des Eaux (SDAGE) de la Martinique a fixé quatre zones-objectifs pour la restauration des différents écosystèmes martiniquais dont les herbiers. Toutes les zones étant localisées dans des baies, celles de Fort-de-France, du Marin, du Robert et du Galion.

Au niveau local, l'exercice de la pêche est réglementé dans les eaux du département par plusieurs arrêtés et décrets préfectoraux. Huit cantonnements de pêche ont été fixés entre 1999 et 2002 par arrêtés préfectoraux et situés tout autour de l'île dans des zones de reproduction ou de croissance des principales espèces de poissons. L'ensemble de ces cantonnements localisés sur le littoral, recouvre une superficie totale de 4.184 ha (DIREN, 2008). Cependant, il est important de souligner le fonctionnement original de ces cantonnements qui sont gérés directement par les pêcheurs, à savoir le choix des zones à protéger (dimension et localisation) et de la réversibilité soit un contrôle permanent de fermeture et d'ouverture. Lorsque ces zones sont fermées, toutes les activités de pêche sont interdites au niveau de ces zones. Cependant, leurs réouvertures peuvent être décidées par les pêcheurs et jusqu'à maintenant se fait en moyenne tous les trois ans (exception de certains cantonnements comme le Robert et la Baie du Trésor), avec possibilité de pêches dites "expérimentales" chaque année. Un des problèmes majeurs de ces zones réside en une information et une signalisation insuffisantes ainsi qu'une absence de moyens de surveillance, qui rendent le braconnage omniprésent et limitent par conséquent leur efficacité.

Les engins de pêche et leur maillage sont réglementés et la récolte d'algues, de phanérogames marines, d'éponges, de coraux et de certains coquillages est interdite. Ces mesures contribuent à la protection des herbiers. De plus, la pêche à la senne de plage (filet traînant) se limite à 3 milles des côtes, en raison de son impact négatif sur la ressource (elle cible principalement les juvéniles) et les dégradations qu'elle engendre sur les fonds. Cependant, certaines communes autorisent la pratique de cette technique, mais ne sont actuellement pas recensées.

La loi Littoral tend également à être mieux appliquée qu'il y a quelques années.

- ***Aires marines protégées***

Aucune AMP n'existe en Martinique mais trois projets de réserves naturelles régionales sont à l'étude. L'Agence des Aires Marines Protégées a par ailleurs réalisé une analyse stratégique régionale du milieu marin martiniquais visant à définir les grands enjeux par secteur géographique. Cette analyse dresse le bilan des connaissances sur le patrimoine naturel marin ainsi que sur les activités, usages en mer et pressions associées. Elle propose également une stratégie de mise en place d'aire marine protégée. Dans ce cadre, un outil de gestion de type parc marin est actuellement à l'étude.

- ***Mesures de gestion indirecte***

Les actions de gestion et/ou de restauration spécifiques aux herbiers en Martinique restent pour le moment cantonnées à des études de faisabilité et à des projets. Par ailleurs, de nombreuses mesures prises dans le cadre du développement, financées par des fonds nationaux et européens, pourront avoir un impact positif sur la santé du milieu marin côtier.

Conservatoire du littoral : Il intervient en Martinique sur une quinzaine de sites couvrant environ 3.500 ha. Celui-ci a fait l'acquisition de ces zones afin de les gérer et de les protéger. Les protections actuellement engagées sur l'île concernent entre autre des formations coralliennes et des mangroves.

ZNIEFF : Plusieurs Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique marines ont déjà été inventoriées : Cap Salomon, Baie du Trésor, Rocher du Diamant, Baie du Robert, Secteur La Perle, Cayes de Sainte-Luce. Dans les années à venir, il est prévu que d'autres ZNIEFF marines soient définies, parmi lesquelles certaines comporteraient des herbiers à phanérogames ou des herbiers mixtes.

Organisation de pose de mouillages : Des poses de mouillages ont été organisées pour les plaisanciers et les clubs de plongée afin de limiter l'impact des ancres, mais uniquement au niveau des zones récifales, plus recherchées par ce type de public. Néanmoins, les bateaux de plaisance sont régulièrement observés sur des zones d'herbiers impliquant des dégâts physiques (ancre et chaîne) et chimiques (eaux usées). Il est donc indispensable de mettre en place des zones de restriction de mouillage avec des ancres adaptées, telles les ancres ressort "Harmony" (OMMM, 2006b), au niveau des herbiers, afin d'en assurer le maintien et la protection.

Le développement anarchique des mouillages forains a poussé la CAESM (Communauté d'Agglomération de l'Espace Sud Martinique) à réaliser une étude d'organisation des mouillages sur son territoire. Le rapport correspondant propose un aménagement de l'occupation de son espace maritime et une délimitation de zones de mouillage organisées afin de concilier promotion de l'activité plaisance et préservation des entités écologiques marines sensibles (herbiers, récifs coralliens). La modification de la disposition des mouillages sur ce secteur soulagera fortement les pressions physiques subies par les herbiers de la côte sud. Une phase opérationnelle est d'ores et déjà programmée sur un site pilote.

Fonds Européen d'Orientation et de Garantie Agricole (FEOGA) ont permis d'instaurer des mesures de lutte contre les pollutions et le soutien aux prophylaxies (Lengrand *et al.,* 2002). Ainsi, les centres d'expérimentation et de recherche peuvent bénéficier de 11,2 M€ pour l'agriculture biologique et l'amélioration de la qualité des productions agricoles et des milieux. Des actions sur les secteurs agricoles ont été engagées, notamment pour la contribution aux actions d'expérimentations de la filière banane, de la filière canne-sucre-rhum et des filières de diversification agricole (techniques culturales, raisonnement de la lutte chimique, choix des variétés, agriculture durable, etc.).

Fonds de l'Institution Française d'Opinion Publique (IFOP) sont plus spécifiques à la pêche et ont permis de mettre en place des outils de protection et de développement des ressources aquatiques (Lengrand *et al.,* 2002). Ainsi, des DCP ont été installés et un suivi scientifique est mené sur les cantonnements, dans le but d'aider à définir des mesures de gestion appropriées. Les récifs artificiels sont également pris en compte.

Fonds Européens de Développement Régional (FEDER) permettent d'engager des actions pour la gestion de l'eau, des déchets et des politiques énergétiques donnant un appui à la création de compétences et de capacités locales dans le

domaine des énergies renouvelables et de l'utilisation rationnelle de l'énergie (Lengrand *et al.,* 2002). Ces actions visent à promouvoir le patrimoine environnemental, en particulier par le financement des "études, recherches et communication sur les espaces naturels, la qualité du cadre de vie, les identités paysagères des territoires et leurs évolutions". Enfin, la création d'un Observatoire de l'Environnement est prévue avec des actions spécifiques dans le domaine de l'énergie, de l'eau et du management environnemental : études, analyses, amélioration des connaissances (hydrologie, pesticides, courantologie, sédimentologie, etc.), soutien à des opérations exemplaires.

ILES EPARSES

Julie Duchêne et Christian Hily

LE TERRITOIRE

GEOGRAPHIE

Les îles Eparses se composent des îles Glorieuses, Juan de Nova, Bassas da India, Europa et Tromelin. Cette dernière est située au nord de La Réunion, tandis que les autres îles se situent à l'ouest, au nord et à l'est de Madagascar, dans le canal du Mozambique (carte 11).

- ***Europa***

Cette île couvre une surface de 30 km². C'est un atoll d'un diamètre de 6-7 km situé à environ 550 km des côtes du Mozambique et à moins de 300 km de Madagascar. Son lagon intérieur est peu profond car en voie de comblement. Il couvre environ 900 ha. Sa ceinture de dunes a une hauteur maximale de 6 à 7 m.

- ***Les Glorieuses***

Ce sont des îles coralliennes situées à 230 km de Madagascar et à 260 km au nord-est de Mayotte. L'archipel, de 7 km², est composé de deux îles coralliennes distantes d'une dizaine de kilomètres, la Grande Glorieuse (mesurant 3 km dans son plus grand diamètre et culminant à 14 m) et l'île du Lys, n'atteignant que 600 m environ. Deux petits îlots, la Roche Verte et l'Ile aux Crabes, ainsi qu'un banc sableux émergeant plus ou moins à marée basse complètent cet archipel entouré d'un lagon s'asséchant à marée basse.

- ***Juan de Nova***

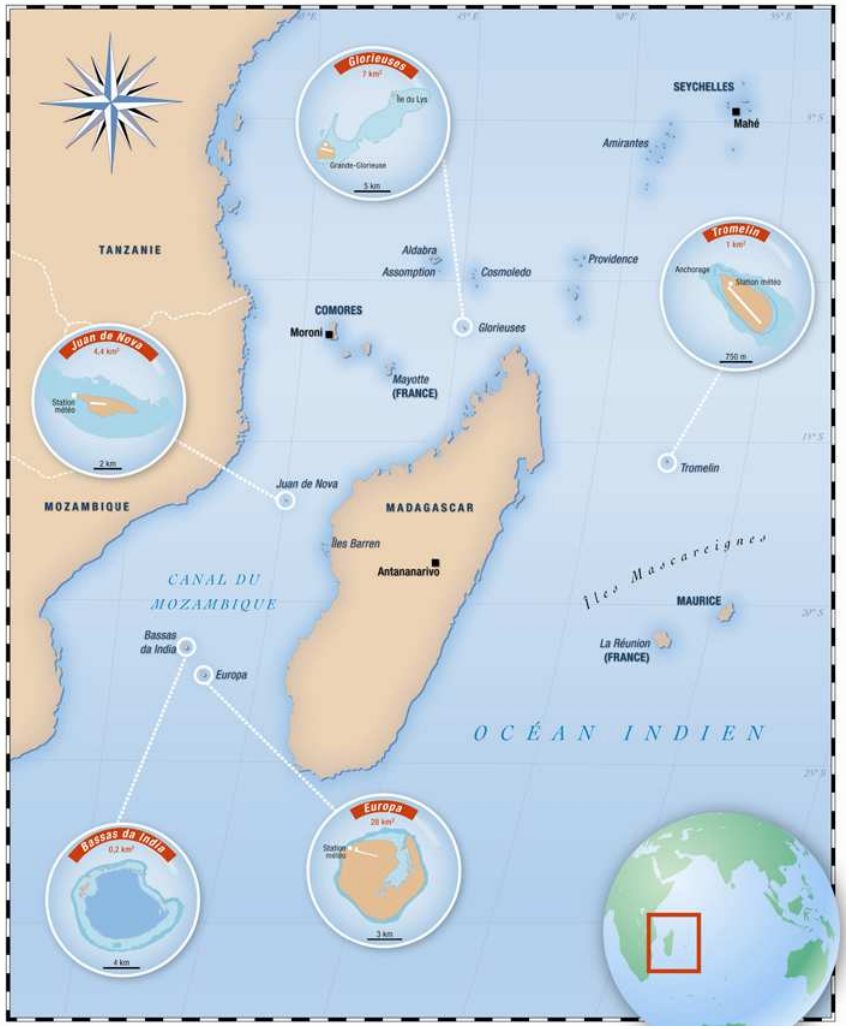
D'une surface de 5 km², elle est située à 175 km de Madagascar et à 600 km au sud de Mayotte. En forme de croissant, elle mesure 6 km dans sa plus grande longueur, et 1.600 m en largeur. Une barrière corallienne et un lagon la protègent. Elle est composée de beach-rocks (grès de plage) et de dunes de sable pouvant atteindre 12 m de hauteur. La végétation de cette île a fortement été modifiée par l'intervention de l'Homme, notamment par introduction de filaos et de cocotiers.

- ***Bassas da India***

A 450 km du Mozambique et à 350 km de Madagascar environ, c'est un atoll en formation. Le récif atteint une douzaine de kilomètres de diamètre à marée basse et est presque entièrement immergé à marée haute.

- ***Tromelin***

C'est une petite île corallienne plate, d'une hauteur maximale de 7 m, située à 470 km à l'est de Madagascar et à 560 km au nord de La Réunion. Elle mesure 1.600 m de long pour 700 m de large, soit environ 1 km².



Carte 11 : Situation géographique des Îles Eparses (Réalisation : A.Boissière).

POPULATION

Ces îles, dédiées à la recherche et à l'environnement, n'ont pas d'habitants autochtones. Depuis 1973, les îles de la Grande Glorieuse, Juan de Nova et Europa sont occupées par des détachements militaires des Forces Armées dans la zone sud de l'Océan Indien (FAZSOI) (14 hommes, relevés tous les 45 jours) et par un gendarme relevé tous les mois. Tromelin est habitée par deux météorologues (DIREN, 2003). La quasi-totalité du soutien logistique est assurée par des avions de l'armée de l'air et les navires de la Marine Nationale (UICN, 2003).

Les accès y sont strictement contrôlés (Perillo, 2008). Ils sont soumis à autorisation du préfet, administrateur supérieur des Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF).

ECONOMIE

Il n'existe plus d'activité agricole dans les Îles Eparses. Les activités halieutiques sont très développées et contrôlées dans la ZEE.

La France y a implanté des stations météorologiques (les Glorieuses, Juan de Nova, Europa et Tromelin) destinées à la surveillance et à la prévision des phénomènes cycloniques. Elles sont désormais automatisées (IFRECOR, 2007), sauf à Tromelin.

ORGANISATION

Créées par la loi du 6 août 1955, les Terres Australes et Antarctiques Françaises possèdent une autonomie administrative et financière. La loi n° 2007-224 du 21 février 2007 a fait des Îles Eparses un district des TAAF à part entière (le 5ème), constituant la composante tropicale de ce territoire. Les TAAF sont placées sous l'autorité du préfet, administrateur supérieur qui relève du ministère de l'Outre-Mer. Elles ne font pas partie de l'Union Européenne. La souveraineté de la France est assurée sur les îles par les détachements militaires (Grande Glorieuse, Juan de Nova et Europa) et le chef de mission de Météo France à Tromelin.

ENJEUX PRINCIPAUX DU TERRITOIRE

L'isolement géographique, le caractère insulaire, ainsi qu'une occupation humaine historiquement très limitée sur les îles les ont préservées. Le trafic maritime de transport pétrolier est très intense dans cette région et constitue la principale menace de pollution, c'est ainsi qu'un dégazage a eu lieu à Juan de Nova en 2006. L'ensemble des îles est menacé par les incendies en saison sèche mais surtout par les quelques implantations humaines et les mouvements de matériel qui

favorisent l'introduction d'espèces, de manière volontaire ou non. Elles menacent la faune et la flore endémiques des îles (UICN, 2003). En guise d'exemple, on peut citer les chèvres à Europa, les chats à Juan de Nova et aux Glorieuses et les rats qui sont une réelle menace pour les oiseaux nicheurs et les tortues venant de naître. On peut mentionner également certaines espèces végétales comme le sisal à Europa et les cocotiers aux Glorieuses. Par ailleurs, les activités humaines passées ont conduit à la disparition de certaines espèces nicheuses comme les frégates à Tromelin et aux Glorieuses.

Les déchets générés par les bases de vie militaire et météo sont pour partie incinérés (papier, déchets alimentaires). Le reste est stocké et conditionné pour rapatriement et traitement à La Réunion. Les déchets alimentaires peuvent, s'ils sont mal gérés, favoriser la présence d'espèces invasives telles que les rats et les souris. Les déchets lourds ont été collectés et ramenés en métropole en mai 2009 par le navire ravitailleur des TAAF, le Marion Dufresne, en rotation dans les Îles Eparses. Au total, 1.300 m³ de déchets ont été évacués, soit 600 tonnes de déchets ferreux, 14 tonnes de batteries, 2 tonnes d'huile, 11 à 12 tonnes d'hydrocarbures périmés et provenant en majorité des plaques de désensablement recouvrant les pistes aériennes, des restes du phare de l'île Juan de Nova, des fûts, des caisses, des appareils ménagers réformés, etc. Cette mission unique constituait l'un des engagements des TAAF au titre de leur plan d'action pour la biodiversité.

L'éloignement géographique des îles en rend l'accès difficile. Les études scientifiques sont restées très ponctuelles depuis une soixantaine d'années et il manque encore beaucoup de données permettant d'assurer leur bonne gestion, en particulier sur le milieu marin.

ECOSYSTEMES MARINS COTIERS

• *Juan da Nova*

L'île est caractérisée par un vaste lagon et une barrière corallienne. L'ensemble du complexe récifal s'étend sur 193,3 km². La partie terrestre est composée de beach-rocks et de dunes de sable pouvant atteindre 12 m de hauteur.

• *Bassas da India*

Cet atoll madréporique en formation est quasiment circulaire et immergé à marée haute. Son lagon intérieur est peu profond.

• *Tromelin*

Cette île est issue d'un ancien banc récifal. Elle est recouverte de sable et présente de nombreux blocs coralliens et débris de madréporaires érodés. Elle est bordée au sud-est par un talus détritique constitué de blocs coralliens. Cette levée détritique fait place progressivement, sous-le-vent, à une plage de sable corallien bien développée au nord-ouest et réduite au sud-ouest. Il existe une caye sableuse au nord-ouest. 26 espèces de coraux ont été identifiées. Deux zones morphologiques bien distinctes se succèdent vers le large : un platier plus ou moins développé se terminant par un décrochement de 1 à 2 m et un glacis à faible pente, entrecoupé vers 5-6 m par une dépression parallèle au front.

• *Europa*

Le lagon de 900 ha comporte un riche récif frangeant et une mangrove de 700 ha, qui compte 4 espèces de palétuviers appartenant aux deux principales familles : celles des Avicenniaceae et des Rhizophoraceae (*Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata*). Dans le lagon, qui couvre le cinquième de l'île environ et s'assèche presque entièrement à sec à marée basse, se développent des herbiers de phanérogames marines plurispécifiques au niveau des fonds sableux et sablo-vaseux de la mangrove (Battistini, 1966 ; Délépine *et al.,* 1976 ; Gabrié, 1998 *in* DIREN, 2003 ; Gravier-Bonnet *et al.*, 2006).

• *Les Glorieuses*

Le récif comporte une couronne madréporique découvrant de 1,20 m durant les basses mers de vives-eaux, ainsi que plusieurs rochers au nord émergeant de 2-3 m en permanence. Le récif tombe sur des fonds de 3.000 m. Vergonzanne en 1977 et Gabrié en 1998 (*in* DIREN, 2003) ont constaté qu'il existe une espèce de phanérogame marine, peu importante sur le platier de la Grande Glorieuse. Il en existe aussi sur le platier interne de l'île du Lys. Ces herbiers sont de petite taille et plurispécifiques (Quod *et al.,* 2007).



Les écosystèmes marins côtiers de l'île d'Europa. © F.Duchêne

LES HERBIERS DES ILES EPARSES

ETAT DES CONNAISSANCES

L'inventaire des biotopes, des espèces présentes (indigènes, introduites, sédentaires et migratrices) et des problèmes écologiques a été fait pour Europa et Tromelin entre 1993 et 1997. Si les tortues et les oiseaux sont bien étudiés, ce n'est pas le cas de tous les embranchements, les herbiers ne font pas exception.

Les espèces de phanérogames marines des Îles Eparses sont connues grâce aux différentes missions scientifiques réalisées mais les herbiers n'ont pas été encore cartographiés. La faune associée reste mal connue même si certains groupes d'invertébrés ont fait l'objet d'inventaires particuliers, liés aux passages de divers taxonomistes.

LES ESPECES DE PHANEROGAMES, DISTRIBUTION SPATIALE ET TRAITS PARTICULIERS DE LEUR ECOLOGIE

Il existe 7 espèces différentes de phanérogames marines dans les Îles Eparses, réparties en 3 familles et en 7 genres. Aucune n'a été signalée à Tromelin et Juan de Nova (Quod *et al.*, 2007). En ce qui concerne Bassas da India, il n'existe aucune donnée liée à la présence ou non d'herbiers. En revanche, sur l'île d'Europa, il y a un herbier peu dense, recouvrant entre 5 et 25% des fonds sableux et sablo-vaseux de la mangrove. Il est plurispécifique : *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis* (espèce dominante), *Thalassia hemprichii* et *Cymodocea sp.* [probablement *C. rotundata* (Gravier-Bonnet *et al.*, 2006)] le composent. Une cinquième espèce, *Thalassodendron ciliatum,* a été observée sur le plateau récifal (Gravier-Bonnet *et al.*, 2006).

Les herbiers sont présents dans l'archipel des Glorieuses. Ce sont des herbiers monospécifiques profonds (10-15 m) à *Thalassodendron ciliatum* autour de la Grande Glorieuse tandis qu'ils sont plurispécifiques (*Halodule uninervis*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea sp.* et *Halophila ovalis)* sur le platier interne de l'île du Lys (Quod *et al.*, 2007). Des petites tâches de *Zostera sp.* ont été décrites dans les cuvettes formées par les beach-rocks de cette île (Quod *et al.*, 2002). Il s'agit sûrement de l'espèce *Z. capensis,* qui est très fréquente au Mozambique (Bandeira, 1995) et en Afrique du Sud (UNEP-GEF, 2008).

BIODIVERSITE (FAUNE ET FLORE) DES HERBIERS

• *Les Glorieuses*

Les tortues vertes fréquentent les Glorieuses. Taquet (2007) pense que les herbiers des Glorieuses offrent une opportunité alimentaire aux tortues de l'Océan Indien tandis que Quod *et al.* (2002) estiment que l'existence de phanérogames marines n'influence pas la présence des tortues, ces dernières vennant surtout pour s'y reproduire et pondre.

R. Battistini et ses collaborateurs en 1976 ont étudié la faune benthique des Glorieuses et ont répertorié 3 espèces de bryozoaires encroûtantes vivant en épiphytes sur les feuilles des herbiers (*Steginoporella sp., Membranipora sp.* et *Thalamoporella sp*.). Ils ont aussi noté la présence de 15 espèces de foraminifères benthiques.

N. Gravier-Bonnet et ses collaborateurs, en 2005 ont recensé 88 espèces d'hydraires aux îles Glorieuses et 64 en 2006 à Europa (Gravier-Bonnet *et al.,* 2006).



Hydraires *Nicoliana gravierae* et *Dynamena cornicina* sur *T.ciliatum*.
© N.Gravier-Bonnet/C.Bourmaud

• *Europa*

Les herbiers de l'île d'Europa constituent des aires d'alimentation pour les tortues vertes (*Chelonia mydas*). La présence des herbiers, les conditions géomorphologiques et hydrographiques de la mangrove constituent un habitat privilégié pour le développement des tortues marines immatures (DIREN, 2003 ; Gravier-Bonnet *et al.,* 2006).

PRESSIONS SUR LES HERBIERS

• *Pressions naturelles*

Les cyclones constituent la principale pression naturelle sur les herbiers. L'éventuel contrôle de la biomasse par les tortues n'est pas connu.

- ***Pressions anthropiques***

Les herbiers sont encore bien préservés des pressions humaines directes du fait de l'accès très restreint aux îles. La demande touristique augmentant depuis quelques années, la pression touristique pourrait s'intensifier : les impacts de la fréquentation devront être maîtrisés. L'accumulation des déchets dans l'attente de leur prélèvement par bateau peut éventuellement poser des problèmes de pollution si le stockage n'est pas strictement contrôlé.

ETAT DE SANTE ET EVOLUTION

La densité des pieds de phanérogames dans l'herbier d'Europa est relativement faible et présente majoritairement un taux de recouvrement <5% et occasionnellement de l'ordre de 5-25% (Gravier-Bonnet *et al.,* 2006). L'espèce dominante est sans conteste *Halophila sp.* Les deux espèces-clés du régime alimentaire de la tortue verte sont *Halodule uninervis* et *Syringodium isoetifolium* (Ballorain, 2005). Seule la première est présente à Europa et sur l'île du Lys.

La constante augmentation de la tortue verte sur les Îles Eparses (Ciccione & Bourjea, 2007) pourrait modifier la composition des herbiers de phanérogames marines, mais sans en réduire la surface. En outre, la consommation par les tortues favoriserait la diversité spécifique des herbiers car leur comportement de pâturage relativement aléatoire permet le développement, même restreint ou temporaire, d'autres espèces en libérant de la place sur le sédiment dans un herbier monospécifique. D'autre part, dans le cadre d'une pression de broutage modérée, les pieds consommés voient leur production stimulée.

Enfin, les Îles Eparses demeurant toujours sous des statuts de protection forts, on peut imaginer que les herbiers restent préservés des pressions humaines.

RECHERCHE, ACTIONS DE GESTION ET DE CONSERVATION

Quelques actions de recherches (hydrologie, halieutisme, sédimentologie, biodiversité, problématique de la connectivité via les études de génétique des populations, etc.) sont menées sur les îles par les scientifiques de l'Université de La Réunion, du Muséum d'Histoire Naturelle de La Réunion, du Centre d'Etudes biologiques de Chizé (CNRS), de l'ARVAM, de Kélonia, de l'IRD, de l'IFREMER, etc., sous convention avec les TAAF (Perillo, 2008).

Le Comité Scientifique des Îles Eparses (CSIE) est un organisme consultatif mis en place suite à l'arrêté préfectoral du 6 janvier 1982. Il est constitué du Préfet des TAAF, du Directeur de Météo-France, de la DIREN, du doyen de la Faculté des sciences de l'île de La Réunion, des délégués de l'ORSTOM et de l'IFREMER, et du conservateur du Muséum de La Réunion. Il a pour mission d'assurer essentiellement la protection de la faune et la flore, d'assister son président (le Préfet) dans l'étude des questions scientifiques des Îles dont il assure l'administration, et de définir les programmes d'exploitation des ressources naturelles terrestres et maritimes.

Le séjour des personnes sur les Îles Eparses est réglementé par la décision du 18 novembre 1975. Le Délégué du Gouvernement a rédigé une note sur la protection de la faune et de la flore des Îles Eparses le 6 août 1981.

Le Commandement Supérieur des FAZSOI a rédigé une note de service le 15 Juin 1982 sur la préservation de l'environnement. Il existe un code de bonne conduite des pelotons mobiles des FAZSOI dans les Îles Eparses depuis le 19 juin 1989.

Les gendarmes en poste sur les îles ont dans leur documentation un livret émanant des autorités militaires donnant des instructions sur le respect de l'environnement. Le Muséum d'Histoire Naturelle de Saint-Denis a réalisé un dépliant à l'intention des unités militaires présentant la fragilité des îles, distribué à chaque relève depuis 1996.

PROTECTION ET RESTAURATION

Les Glorieuses, Europa, Tromelin et Bassas da India sont classées en réserve naturelle par un arrêté préfectoral datant de 1975. Par ailleurs, l'île Europa a fait l'objet d'une demande de classement en site Ramsar pour la protection des zones humides. La DIREN a émis une proposition de classement des Îles Eparses en réserve naturelle nationale en 2003.

Les TAAF et l'Agence des aires marines protégées ont signé en janvier 2009 une convention cadre relative à la mise en place d'une stratégie de création d'aires marines protégées à partir d'une analyse stratégique régionale des îles Éparses. Cette synthèse des connaissances scientifiques et des différents usages a permis d'identifier deux secteurs géographiques prioritaires : l'archipel des Glorieuses et l'île d'Europa. Suite à ces travaux de préfiguration, les projets de création d'un Parc naturel marin dans l'archipel des Glorieuses et d'une réserve naturelle nationale de l'île Europa ont été inscrits dans le livre bleu de la Mer, validé en Comité Interministériel de la mer le 8 décembre 2009. La mission d'étude et de création d'un parc naturel marin aux îles Glorieuses, a été lancée en septembre 2010 avec la parution au J.O. de l'arrêté du 2 août 2010 relatif à la conduite de la procédure d'étude et de création du parc naturel marin des Glorieuses.

La Convention de Nairobi y est applicable.

ILE DE MAYOTTE

Julie Duchêne, Christian Hily et Alexandra Gigou

LE TERRITOIRE

GEOGRAPHIE

L'île de Mayotte (12°50 S, 45°10 E) est située dans l'archipel des Comores, dans l'Océan Indien, au nord-ouest de Madagascar dont elle est distante de 376 km. D'une superficie de 374 km², pour une longueur de côte de 185 km, Mayotte est constituée de deux îles principales : Grande Terre (364 km²) et Petite Terre (10 km²), ainsi que d'une trentaine d'îlots internes au lagon.

Le point culminant de l'île, le mont Benara, s'élève à 653 m. Le relief est caractérisé par des pentes de plus de 15% et un littoral très découpé. Deux plaines, l'une au centre et l'autre au nord-est, sont propices à l'installation humaine.

POPULATION

La population a été estimée à 186.452 habitants en 2007 (INSEE, 2008c). Elle s'est accrue d'un peu plus de 26.000 habitants en cinq ans (taux de croissance de 3,5%) et a quadruplé en 30 ans. Les trois-quarts de la population vivent dans la partie nord-est de l'île, notamment à Mamoudzou et Petite-Terre.

ECONOMIE

Selon une étude officielle citée par l'Institut d'émission des départements d'Outre-mer (IEDOM), le PIB de Mayotte était de 610 millions d'euros en 2005 (soit 3.960 euros par habitant) (Le Figaro, 2009).

En 2007, on pouvait compter 26,4% de chômeurs et 68% de salariés. Même si le secteur public reste le premier employeur de l'île en termes d'emplois salariés (près de la moitié), l'emploi privé est de plus en plus dynamique. Le secteur tertiaire bénéficie de l'essor du commerce et du BTP. La production agricole repose surtout sur la banane, l'ylang-ylang et la vanille. La pêche, autrefois à visée d'auto-consommation, commence à prendre de l'ampleur (INSEE, 2009a). Mayotte possède un fort potentiel pour la filière aquacole, secteur en plein développement. Avec ses 150 tonnes de production piscicole par an, l'île est le principal producteur de l'Outre-mer français. Les 400 tonnes sont visées pour 2015 (Guezel *et al.*, 2009). Les espèces suivantes : l'ombrine tropicale, *Sciaenops ocellatus* [122 tonnes exportées en 2006 (DAF, 2007)], la dorade gueule pavée, *Rhabdosargus sarba* et le cobia, *Rachycentron canadum* sont principalement élevés en pisciculture. La perliculture (depuis 2005) concerne la moule pingouin, *Pteria penguin* et l'huître perlière, *Pinctada margaritifera*. De nombreux autres projets d'aquaculture sont actuellement à l'étude (algues, crustacés, holothuries). Le tourisme, plutôt de type affinitaire, est encore peu développé.

ORGANISATION

Mayotte est toujours, en 2009, l'une des 6 collectivités d'Outre-mer (COM) françaises. En 1976, elle a été la seule île des territoires d'Outre-mer des Comores à choisir par référendum de rester liée à la France. Le 29 mars 2009, les Mahorais ont été consultés par referendum sur le statut de leur île, afin de savoir s'ils souhaitaient qu'elle devienne département. La participation a atteint 61,02% des 72.035 électeurs inscrits et le « oui » l'a emporté à plus de 95%. Mayotte pourrait devenir, en 2011, le 5ème département d'Outre-mer et le 101ème département français et sera intégrée à l'Union Européenne en tant que région ultra périphérique (RUP), à l'image des autres DROM. L'île pourra ainsi bénéficier des aides européennes au titre de la politique régionale.

ENJEUX PRINCIPAUX DU TERRITOIRE

Les écosystèmes côtiers de Mayotte sont soumis à des pressions naturelles et anthropiques fortes. Ainsi le changement climatique devrait augmenter les impacts des cyclones sur les récifs barrières, et les contraintes imposées aux récifs exondés pendant les marées de vives-eaux. Des infestations par l'étoile de mer du genre *Acanthaster* sont occasionnellement constatées. La pêche vivrière a considérablement augmenté dans le lagon, l'île doit désormais faire face à une raréfaction de la ressource. Le manque d'information et de sensibilisation de la population et des élus locaux n'a pas permis d'anticiper et d'enrayer ce phénomène récent. La mise en place d'un parc naturel marin devrait permettre une gestion durable de ces ressources.

Mayotte connaît une importante poussée démographique depuis quelques années, entraînant une forte déforestation. Elle est responsable de l'érosion des bassins versants par lessivage des eaux de pluie, qui ne sont plus freinées. L'urbanisation grandissante est à l'origine d'une pollution domestique. Les travaux de remblaiement engagés pour la construction d'infrastructures et d'urbanisation littorale détruisent directement les mangroves. La mise en culture est vraisemblablement responsable de la disparition de la plus grande partie des arrières-mangroves à Mayotte et affecte les deux tiers des mangroves existantes. Les constructions illégales et les effets de la pollution issue des bassins versants les menacent aussi.

Les conséquences de cette forte augmentation d'effluents terrigènes ne se limitent pas seulement aux mangroves mais concernent tous les écosystèmes lagonaires en particulier les herbiers et les coraux (70% des coraux seraient touchés par le blanchissement). Une prolifération d'algues, de coraux mous, d'échinodermes et une altération de la biodiversité ichtyologique ont déjà été notées (IFRECOR, 2007).

L'île est également victime de l'érosion côtière induite par les prélèvements des sables coralliens utilisés comme granulats pour la construction des parpaings et des enduits. Le profil des plages est modifié : la ligne de rivage recule et on assiste au déchaussement des beach-rocks. Le pillage du sable se ferait également sur certains îlots de la barrière récifale (Mtanga, Tsoholé, corne est du grand récif du Sud).

Elle doit faire face à un risque de pollution majeure, puisqu'elle se situe sur la route des pétroliers qui contournent le Cap pour rejoindre l'Europe.

ECOSYSTEMES MARINS COTIERS

Le complexe récifo-lagonaire de Mayotte est l'un des plus grands de l'Océan Indien. En effet, l'île est riche d'une barrière récifale de 157 km de long, entrecoupée de 12 passes (dont la « Passe en S » à l'est). Elle entoure les îles et délimite un très large lagon d'une surface d'environ 1.100 km² (carte 12). Les principales spécificités de ce complexe récifal (Dinhut *et al.*, 2008) sont :

- une surface lagonaire quatre fois supérieure à celle des terres émergées et des profondeurs importantes (> 70 m) observées notamment dans la partie interne (Guilcher *et al*., 1965) ;
- des récifs frangeants, de 50 à 800 mètres de large et 195 km de long (Wickel & Thomassin, 2006), installés sur le pourtour de la Grande Terre et des îlots du lagon ;
- un lagon d'une profondeur moyenne d'environ 35 m, à fond sédimentaire parsemé de pâtés coralliens et comportant des récifs internes, émergeants ou non, tels que ceux de la Prévoyante et de la Surprise au nord-est de l'île ;
- l'existence d'une deuxième barrière (interne) au sud-ouest, discontinue et d'une longueur de 18 km (Marty, 1993), témoignant d'un affaissement secondaire de l'île sur cette zone. Le lagon est ainsi très hétérogène et semble être composé de bassins ayant des caractéristiques propres ;
- des récifs barrières, ou barrière externe, dont une partie immergée, longs de 140 km et larges de 800 à 1.500 mètres, entrecoupés de 12 passes, avec une pente externe à éperons-sillons ou en tombants ;
- un grand banc sédimentaire, le banc de l'Iris, d'une superficie de l'ordre de 400 km² au nord de l'île (Colonna, 1994).

Les herbiers de phanérogames marines couvrent environ 760 ha (Loricourt, 2005 ; Gigou *et al.*, 2009), avec 11 espèces, soit 8 genres et 3 familles différents. La mangrove occupe environ 740 ha, particulièrement en fond de baie (carte 12), et est en phase d'accroissement (IFRECOR, 2007). On compte 26 mangroves à Mayotte et 7 espèces de palétuviers, dont 5 largement répandues et 2 plus localisées (DAF, 2006).



Carte 12 : Répartition des écosystèmes marins côtiers de Mayotte (Réalisation : M.Mahier, pôle géomatique AAMP, 2009).

LES HERBIERS DE MAYOTTE

ETAT DES CONNAISSANCES

Le niveau des connaissances actuelles sur les herbiers de Mayotte a été considéré comme très satisfaisant par Dinhut *et al.,* 2008. Des cartographies des phanérogames marines sur l'ensemble du territoire ont été faites (Guerniou & Nicet, 2001, Loricourt, 2005, DAF, 2006). La diversité spécifique de l'herbier de phanérogames du platier est bien connue (Bandeira, 1997 *in* Loricourt, 2005 ; Guerniou & Nicet, 2001).

Il existe peu de véritables suivis scientifiques sur les tortues et les dugongs, qui fréquentent les herbiers. En effet, en termes de biodiversité spécifique de la macrofaune des herbiers de phanérogames, seule la faune ichtyologique a été étudiée mais dans un cadre plus large sur les poissons du lagon. Ces études ne sont pas exhaustives et beaucoup reste à faire dans ce domaine (Wickel *et al.*, 2005).

LES ESPECES DE PHANEROGAMES, DISTRIBUTION SPATIALE ET TRAITS PARTICULIERS DE LEUR ECOLOGIE

Onze espèces réparties en sept genres ont été recensées à Mayotte (Loricourt, 2005). Il s'agit de *Halodule wrightii, Halodule uninervis, Halophila ovalis, Halophila stipulacea, Syringodium isoetifolium, Thalassodendron ciliatum, Thalassia hemprichii, Cymodocea serrulata, Cymodocea rotundata, Zostera capensis* et enfin *Enhalus acoroïdes* qui n'a été recensée que dans la vasière des Badamiers (Bigot *et al*., 1999). La localisation des herbiers à Mayotte est liée au substrat et aux perturbations qu'ils subissent, notamment celles dues aux courants, au broutage et aux activités humaines. La carte 13 montre leur répartition en 2006. Certains herbiers ont progressé, d'autres ont régressé depuis, mais leur superficie a été estimée à environ 760 ha en 2009 (Gigou *et al.*, 2009). Ils sont présents de manière assez régulière tout autour de Grande Terre et des îlots, sauf dans le secteur nord est de Grande Terre où l'herbier à *Thalassodendron* semble avoir été dégradé par l'urbanisation. Sur le récif barrière, les herbiers du sud de Petite Terre ont disparu. Ils sont essentiellement présents au nord jusqu'à la passe en S. Ils sont généralement peu denses, probablement pour deux raisons principales : le substrat inadéquat à leur implantation sur les platiers et peut-être le broutage soutenu par les tortues vertes sur certains récifs frangeants de Grande Terre (comme N'Gouja) et sur les récifs autour de certains îlots, tels que Mtsamboro et les îlots Choizil.

La majorité des herbiers de Mayotte est plurispécifique. Les herbiers monospécifiques à *Thalassodendron ciliatum* sont inféodés au récif barrière.

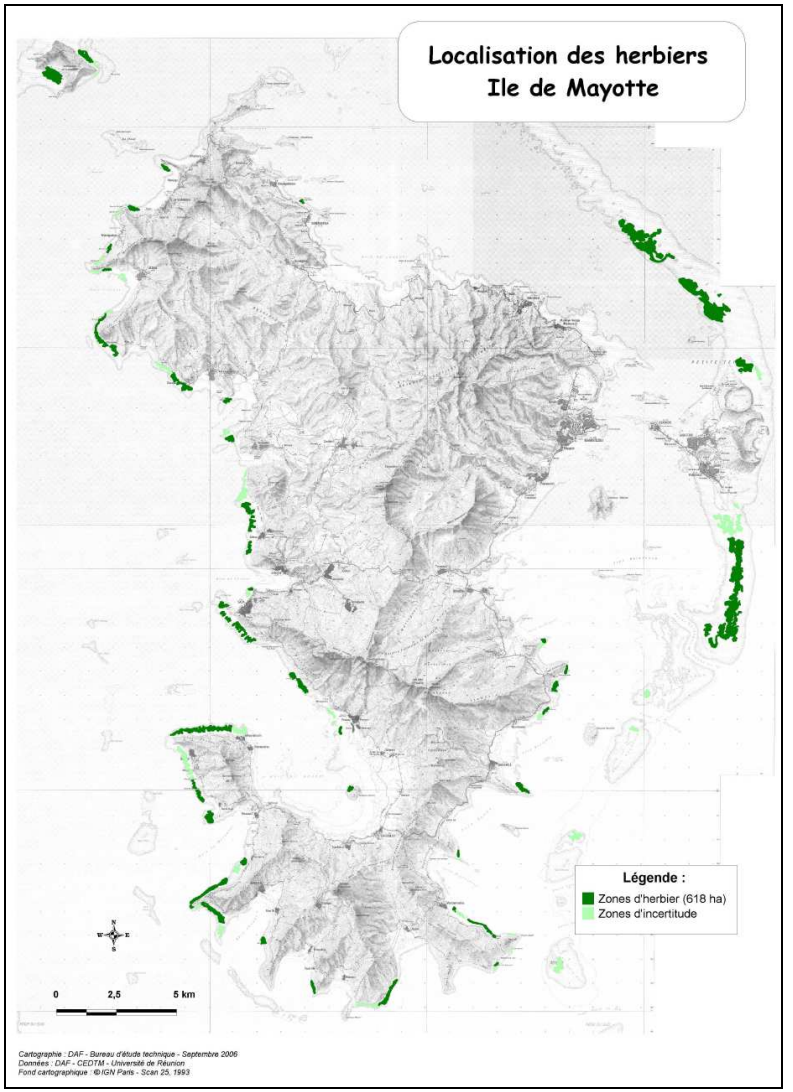
La répartition des herbiers de phanérogames marines sur fonds sédimentaires des pentes et platiers des récifs est la suivante : 56% des surfaces d'herbiers se situent au niveau du récif barrière est de Mayotte, 39% sur les récifs frangeants de Grande Terre et 5% sur ceux des îlots Mtsamboro et Karoni (Loricourt, 2005).

BIODIVERSITE (FAUNE ET FLORE) DES HERBIERS

L'étude de la faune ichtyologique réalisée dans le projet de mise en réserve naturelle du lagon de Mayotte (Wickel *et al.*, 2005) révèle que sur le platier interne du Grand Récif du nord-est les poissons se répartissent selon les espèces dans diverses parties de l'herbier (essentiellement constitué par *Thalassodendron ciliatum).* En périphérie de l'herbier, à la limite sable/herbier, il y a beaucoup de Nemipteridés, de Mullidés et de Dasyatidés. Au niveau du système racinaire évoluent de nombreux juvéniles. Les frondes des phanérogames quant à elles abritent des espèces appartenant aux familles des Lethrinidés (*Lehtrinus harak, Lethrinus mahsena, Lethrinus obsoletus*), des Labridés (*Cheilio inermis, Pteragogus pelycus, Stethojulis albovittata*), des Scaridés (*Calotomus spinidens, Leptoscarus vaigiensis*) et des Siganidés (*Siganus argenteus, Siganus luridus*). Au niveau des pinacles coralliens émergeant de l'herbier, les poissons rencontrés sont des poissons coralliens classiquement rencontrés sur les récifs (Pomacentridés, Chaetodontidés, Acanthuridés, Labridés, Apogonidés, etc.).

Il y a, d'une manière générale, une quarantaine d'espèces de poissons qui vivent dans les herbiers, dont 23 (appartenant à 13 familles) sont peu communes, voire rares et exclusives du biotope formé par les herbiers du Grand récif du Nord-Est en comparaison avec les autres biotopes récifo-lagonaires de l'île. Parmi elles figurent notamment le poisson-serpent (*Myrichthys colubrinus*), l'hippocampe (*Hippocampus histrix*) ou encore la très rare raie porc-épic (*Urogymnus asperrimus*) (classée parmi les espèces vulnérables figurant sur la liste rouge de l'UICN).

Des tortues vertes et des tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*, dans une moindre mesure) sont fréquemment observées dans les herbiers de Mayotte (Gigou *et al.*, 2009) où elles viennent pour se nourrir des feuilles de phanérogames marines (Ciccione *et al.,* 2006). Les dugongs (*Dugong dugon*) broutent également les herbiers peu profonds, en particulier les genres *Halophila* et *Halodule* (Chilvers *et al*., 2004 / Garrigue *et al*., 2008 / Chika Tsutsumi *et al*., 2006 *in* Pusineri & Caceres, 2009).



Carte 13 : Localisation des herbiers de Mayotte (Réalisation : DAF, 2006)



Tortue verte sur l'herbier de Sakouli. © A.Gigou

Des étoiles de mer *Culcita sp*. et *Linckia laevigata* sont inféodées aux herbiers. Des oursins comestibles *Tripneustes gratilla*, des holothuries (*Halodeima, Stichopus, Actynopygia,* etc.) et des mollusques (arches *Anadara scapha*, hachettes *Pinna muricata*, espèces auparavant consommées) peuvent y être nombreux (Thomassin, 1978). Les hydraires sont particulièrement abondants dans les herbiers mahorais : il existe 11 espèces dans le grand herbier à *Thalassodendron ciliatum* du récif nord-est sur les 127 espèces (56 genres) recensées tous biotopes confondus (Gravier-Bonnet *et al.*, 2007).

PRESSIONS SUR LES HERBIERS

• *Pressions naturelles*

Les pressions naturelles sur les herbiers de Mayotte relèvent de l'action de prélèvement exercée par les tortues et des différentes interactions intra et interspécifiques. Les cyclones peuvent aussi être à l'origine de la destruction de surfaces importantes d'herbiers.

• *Pressions anthropiques*

L'urbanisation croissante de l'île et l'agriculture sur des terrains de plus en plus pentus, à l'origine de la déforestation, sont responsables de l'envasement de la mangrove et du lagon. Actuellement, aucune information n'est disponible sur l'impact de l'envasement (Kiska *et al.,* 2003). Les espèces de phanérogames marines qui ne tolèrent pas les substrats meubles et la baisse de luminosité liée à la turbidité et la multiplication du phytoplancton, suite à un enrichissement des eaux en nutriments, sont certainement limitées dans leur développement en profondeur. La destruction physique de ces habitats au profit de l'artificialisation du littoral ainsi que les effluents domestiques et industriels pollués et chargés d'eau douce concourent à dégrader ces milieux. La présence de baigneurs peut altérer les herbiers, comme dans le lagon de N'Gouja (Ballorain, 2005), les mouillages dans certains endroits de l'île également (PARETO, 2007). Le piétinement par les pêcheurs à pieds et l'utilisation de certains engins de pêche (ex. : djarifa) sont autant de facteurs de dégradation des herbiers.

ETAT DE SANTE ET EVOLUTION

Le secteur nord-est de Grande Terre est le plus touché par le développement des activités anthropiques. L'urbanisation est responsable d'une destruction physique directe des herbiers de phanérogames, ou indirecte, en favorisant un envasement lié à l'érosion des bassins-versants (Kiska *et al.,* 2003). En outre, les activités humaines produisent immanquablement des déchets et des eaux usées, dont la gestion est encore peu développée à Mayotte : 37% des ménages n'ont pas d'installation de WC (soit près de 60.000 personnes) et 69% continuent à se laver à l'extérieur (DAF, 2007). Les eaux pluviales sont récoltées et rejetées sans traitement dans le milieu marin. Il y a 4 décharges à ciel ouvert dont 3 proches de la saturation. Les déchets inertes (terre, gravats, produits de déblais), les déchets industriels, artisanaux, commerciaux et hospitaliers sont en augmentation constante, sans qu'il n'existe de dispositifs d'élimination adaptés (DAF, 2007). Cette problématique est toutefois au centre des préoccupations actuelles et plusieurs plans et études sont en cours (Plan d'Elimination des Déchets Ménagers et Assimilés, étude sur les macro-déchets financée par l'ADEME, etc.). De plus, l'un des engagements du grenelle de la mer (2009) est de soutenir dans la durée le projet pilote d'épuration des eaux usées domestiques dans la mangrove, mis en place par le Syndicat Intercommunal d'Eau et d'Assainissement de Mayotte en liaison avec le CNRS ; d'inciter à l'utilisation des machines à laver (en développant les machines à laver collectives) ; d'abandonner progressivement le lavage en rivière en limitant les lavoirs, tout en équipant ces derniers d'un bassin de traitement des eaux usées (roselière par exemple). Ces

mesures sont à mettre en place rapidement : en effet, certaines masses d'eau n'étant pas de bonne qualité, il existe un risque de régression des herbiers marins.

Les herbiers sont moins abondants, moins denses et moins diversifiés dans ce secteur (Loricourt, 2005). En conséquence, les espèces herbivores comme les tortues et des dugongs [ces derniers apprécient particulièrement les genres *Halodule* et *Halophila*, présents sur la plupart des zones d'herbiers (Pusineri & Caceres, 2009)] se raréfient, donc leur impact sur les herbiers suivra la même tendance. L'abondance grandissante sur le platier de N'Gouja d'*H. ovalis,* espèce pionnière, pourrait témoigner d'une altération progressive de l'herbier.

Le développement actuel de Mayotte laisse présager une intensification de l'urbanisation, entraînant une destruction directe, une modification des bilans sédimentaires, une augmentation des phénomènes de pollution urbaine et de la fréquentation, donc un appauvrissement qualitatif et quantitatif des espèces de phanérogames marines (Loricourt, 2005).



Herbier de l'îlot Sada à marée basse. © A.Gigou

RECHERCHE, ACTIONS DE GESTION ET DE CONSERVATION

Il n'y a pas d'université sur l'île de Mayotte mais un pôle universitaire en développement. Les recherches scientifiques se font essentiellement par des services locaux (Direction de l'Agriculture et de la Forêt, Direction de l'Environnement et du Développement Durable du Conseil Général, ONCFS, etc.) et lors de missions organisées par des structures extérieures. Ainsi, Mayotte fait partie du programme HILOI.

KELONIA développe des programmes d'étude et de conservation des tortues marines et de leurs habitats. L'observatoire a établi des partenariats avec des équipes et des organismes de recherche, dans le but d'accroître les connaissances sur la biologie de ces espèces migratrices. Il a notamment, avec l'IFREMER et les équipes de Mayotte et du CNRS de Strasbourg, développé des programmes pour mieux comprendre le comportement alimentaire des tortues vertes et les interactions avec les herbiers dont elles se nourrissent. Ce programme fait l'objet d'une bourse de thèse régionale attribuée en 2006.

Le programme « sensibilisation à la conservation des tortues marines et du dugong » à Mayotte, mené par l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS), avec l'aide de la Direction de l'agriculture et de la forêt (DAF) et en collaboration avec La Collectivité Départementale de Mayotte et l'association des Naturalistes de Mayotte, a conduit une action de sensibilisation de la population Mahoraise dans les écoles et les villages à la conservation du dugong et des tortues marines de Mayotte. Une convention datant du 19 octobre 2009, pour une durée de 1 an, a été signée entre la DAF et l'ONCFS (Préfecture de Mayotte, 2009). La population a été sensibilisée sur les causes de raréfaction de ces espèces emblématiques, en particulier le braconnage, mais on peut imaginer qu'elle l'a été également sur la disparition des herbiers de phanérogames marines dont elles se nourrissent.

Les services de l'Etat intervenant dans la protection et la gestion du milieu marin à Mayotte sont :

- La Délégation à l'Environnement, service de la Préfecture de Mayotte créée en 1989 et placée sous l'autorité du Secrétaire Général. Ses missions sont les suivantes :

  - élaboration, coordination du suivi de l'ensemble des politiques de protection de l'environnement de Mayotte,

  - liaison avec les organismes et associations de protection et de défense de l'environnement,

- participation à tout projet ayant ou risquant d'avoir une incidence sur l'environnement,
- impulsion et développement dans l'opinion publique d'un état d'esprit favorable à la protection de l'environnement.

Elle s'occupe prioritairement des études d'impact, des problèmes de déchets, des risques industriels, de la pollution domestique et industrielle, tandis que le volet "milieux naturels" est traité par la DAF. La Délégation assure par ailleurs l'adaptation et la mise en œuvre des directives nationales.

- Le Service Environnement et Forêt (SEF) de la DAF assure la conduite de la majorité des études dans le lagon ainsi que l'équipement des sites sensibles et participe aux réflexions touchant l'aménagement du territoire et le classement des sites. Il mène de nombreuses actions de sensibilisation et a la responsabilité de la lutte contre l'érosion et contre la régression de la mangrove, ainsi que la protection des tortues.

- L'ONCFS et la collectivité départementale de Mayotte forment la Brigade nature de Mayotte. Voici quelques exemples d'infractions relevées par celle-ci en partenariat avec d'autres services : braconnage dans les aires marines protégées, braconnage d'un specimen de dugong, défrichements et infractions à la loi sur l'eau.

- La Commission Consultative de l'Environnement et de la Protection du Patrimoine (CCEPP): créée le 10 mai 2004, elle est composée des représentants des services de l'Etat et des collectivités territoriales DASS, DAF, Enseignement, DDE, Affaires économiques, Affaires culturelles, Délégué à l'Environnement, Délégué au tourisme, des représentants d'associations ayant pour objet la protection de l'environnement et des personnalités qualifiées dans ce domaine (élus, scientifiques, etc.). Elle se réunit trimestriellement. Ses rôles sont les suivants :
  - préserver et développer la faune et la flore sauvages ainsi que leurs habitats terrestres et marins,
  - préserver et améliorer les paysages et le cadre de vie,
  - améliorer la protection des espaces naturels et le maintien des équilibres biologiques auxquels ils participent,
  - favoriser la gestion des ressources cynégétiques et piscicoles dans le respect des intérêts écologiques, économiques et sociaux.

  La CCEPP n'est actuellement pas compétente pour traiter les dossiers portant sur les domaines « sites et paysages » et « faune sauvage captive ».

- Le CELRL, la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales, la DDE, les Affaires Maritimes, etc.

Des associations nationales et internationales de protection de la nature existent à Mayotte : l'UICN, le WWF, la Société française pour l'Etude et la Protection des Mammifères Marins, Megaptera. Des associations locales également :

- l'association Mayshark, groupe de recherche sur les requins de l'Océan Indien, créée en 2007. Elle est composée de biologistes marins ayant décidé de consacrer leurs travaux à la connaissance, à la conservation et à la valorisation des Chondrichtyens (requins et raies notamment) en particulier dans l'Océan Indien.
- l'association « les Naturalistes de Mayotte », fondée en 1999. Composée d'une quinzaine de bénévoles, elle rassemble plus de 260 adhérents. Ses objectifs sont de regrouper les personnes s'intéressant aux milieux naturels, d'encourager et de développer la recherche dans tous les domaines culturels et environnementaux.
- l'association Oulanga na nyamba « environnement et tortues », créée en 1998. Ses principales actions sont : la sensibilisation des populations sur des sites, à travers des journées événementielles ou directement dans les écoles et les associations, l'action de prévention du braconnage des tortues marines et les suivis scientifiques.
- des associations villageoises (tortue verte, etc.)
- Le Groupement d'Intérêt Scientifique "Environnement marin et scientifique de Mayotte" (GIS "LAG-MAY"), a pour objectif l'étude, la protection, la gestion et le développement, l'information et le rayonnement scientifique et culturel du milieu marin et littoral. Il est composé d'une trentaine de membres, chercheurs, professeurs et étudiants. Les grands thèmes de recherche concernent l'histoire géologique de l'île, la description des communautés récifo-lagonaires, le métabolisme du lagon et des récifs coralliens, les risques ciguatériques, la gestion des ressources halieutiques, la pêche et l'aquaculture, l'aménagement littoral et la conservation du milieu. Il fait le lien entre les scientifiques et les organismes travaillant sur le domaine marin de Mayotte.

PROTECTION ET RESTAURATION

• *Outils réglementaires*

Réglementations internationales : Au niveau international, la Convention de Bonn sur les espèces migratrices, importante pour les tortues, les dugongs et les cétacés, s'applique. Elle prévoit de conserver ou restaurer l'habitat des espèces menacées. L'île ne possède pas de sites Ramsar mais la vasière des Badamiers a été inscrite pour le devenir.

Réglementations régionales : Mayotte a signé La Convention régionale de Nairobi pour la protection, la gestion et le développement de l'environnement marin et côtier de l'Afrique de l'Est et la résolution de Sodwana (Natal, Afrique du sud, 1995) au cours de laquelle il a été décidé avec les pays du sud-ouest de l'Océan Indien une coopération et une stratégie commune sur les tortues marines. Mayotte ne fait pas encore partie de la COI, mais l'un des engagements du grenelle de la mer est que l'île en devienne partie prenante.

Réglementations nationales et locales : La loi Littoral et ses spécificités pour l'Outre-mer s'appliquent à Mayotte qui est dotée d'une dérogation supplémentaire (ordonnance n° 2005-868 du 28 juillet 2005 relative à l'actualisation et à l'adaptation du droit de l'urbanisme à Mayotte). Celle-ci permet la réalisation de quelques projets touristiques à la seule condition qu'ils soient prévus et explicités par le Plan d'Aménagement et de Développement Durable (article 711-3 du code de l'urbanisme). Ces opérations d'aménagement doivent respecter les sites naturels, les paysages, la faune et la flore et doivent avoir été autorisées préalablement par le représentant de l'Etat à Mayotte, dans un souci de protection du littoral.

Des arrêtés locaux renforcent la réglementation sur le lagon (ex : la pêche pour les navires de plus de 10 m). La pêche au filet (filet maillant et pêche à l'épervier) est interdite depuis 2004 sur les herbiers, dans les zones et chenaux internes des mangroves et à l'aplomb des zones de récif corallien vivant.

- ***Aires marines protégées***

Actuellement le réseau d'AMP à Mayotte (carte 13) est essentiellement composé d'arrêtés préfectoraux (la réserve intégrale de pêche de la Passe en S, le domaine marin du Parc Saziley et la zone de protection spéciale de N'Gouja) et de la réserve naturelle nationale de l'îlot Bouzi. La vasière des Badamiers est une acquisition du Conservatoire du Littoral et les plages de Papani-Moya et Saziley-Charifou font l'objet d'un arrêté de protection de biotope. Il n'y a aucun site NATURA 2000 à Mayotte.

Le décret du 18 janvier 2010 a porté création du parc naturel marin de Mayotte. D'une superficie de 68 381 km² (lagon et ensemble de la ZEE délimitée autour de Mayotte), ses orientations de gestion, qui sont les suivantes, concourent à préserver l'état de santé des herbiers de phanérogames marines de l'île :

- faire de Mayotte un pôle d'excellence en matière de connaissance et de suivi des écosystèmes marins tropicaux et de la mangrove,

- obtenir une bonne qualité de l'eau dans le lagon notamment par une gestion appropriée des mangroves et en participant à la mobilisation des acteurs pour atteindre les objectifs du SDAGE,

- développer une activité de pêche professionnelle hors du lagon, écologiquement exemplaire et pourvoyeuse d'emplois et de produits de la mer pour Mayotte,

- développer les filières aquacoles respectueuses de l'environnement en particulier celles qui bénéficient directement aux populations locales,

- faire découvrir le milieu marin et sa biodiversité grâce à l'organisation des activités de loisirs et la professionnalisation des acteurs du tourisme,

- pérenniser et valoriser les pratiques vivrières et les savoirs traditionnels dans le cadre d'une gestion précautionneuse du lagon,

- protéger et mettre en valeur le patrimoine naturel, de la mangrove aux espaces océaniques, notamment par la formation et la sensibilisation du plus grand nombre (Arnaud *et al.*, 2010).

- ***Mesures de gestion indirecte***

Il existe des outils de planification environnementale à Mayotte, comme le Plan de gestion du lagon mis en place en 2002 qui définit l'équilibre entre le développement des activités humaines et la protection du patrimoine naturel marin, ou le Plan d'action local Biodiversité (2005) visant la connaissance, la protection et la gestion de la biodiversité, ainsi que le plan d'action local IFRECOR.

Depuis juin 2009, Le Plan d'aménagement et de développement durable (PADD) planifiant le développement socio-économique de l'île pour 15 ans et son chapitre sur les orientations relatives au littoral et au milieu marin fait office de Schéma de Mise en Valeur de la Mer (Guezel *et al.*, 2009). L'île possède un SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux), dans le cadre de la Directive européenne Cadre sur l'Eau.

Un inventaire ZNIEFF-Mer a été amorcé en 2006 à Mayotte. Un argumentaire ZNIEFF, précédant l'inventaire zonal a été amorcé en 2005 (Rolland, 2005).

La directive « Habitats » ne s'applique pas à Mayotte.

L'un des engagements du Grenelle de la mer est de développer la recherche, l'observation et la détermination d'indicateurs de suivi sur le lagon et de mettre en place une action permanente de l'IFREMER à Mayotte. Il souhaite la mise en place d'un Groupement d'intérêt public pour assurer la diffusion de l'information et veut expérimenter à Mayotte la mise en place d'une agriculture littorale en développant l'acquisition de terres par le Conservatoire du littoral, en mobilisant de jeunes agriculteurs et en protégeant les zones d'arrière mangrove.

ILE DE LA REUNION

Julie Duchêne et Christian Hily

LE TERRITOIRE

GEOGRAPHIE

Isolée dans le sud-ouest de l'Océan Indien, l'île de La Réunion (21°S, 55°E), d'une surface d'environ 2.500 km², est située dans l'archipel des Mascareignes, elle se situe à environ 700 km de Madagascar et 200 km de l'Ile Maurice. En tant que massif volcanique jeune, qui plus est actif car situé sur un point chaud, ses pentes sont très abruptes. De grandes profondeurs sont atteintes très rapidement, hormis dans le nord-ouest où l'on peut distinguer un plateau s'élargissant légèrement.

Le plus haut sommet de l'île est représenté par le Piton des Neiges, qui culmine à 3.070 m. C'est un volcan qui n'est plus en activité, à l'inverse du Piton de la Fournaise (2.631 m de haut). Le Piton des Neiges est bordé par les cirques de Mafate (au nord-ouest), de Salazie (au nord-est) et Cilaos (au sud), fruits de l'affaissement des chambres magmatiques de l'ancien cratère et de l'érosion due aux fortes précipitations que connaît l'île de La Réunion.

POPULATION

Les résultats provisoires arrêtés fin 2009 du dernier recensement de l'INSEE (2009b) font état de 817.000 habitants sur l'île, dont 25% à 35% sont localisés dans la partie ouest et sud de l'île et 80% dans la frange littorale. Son taux d'accroissement annuel est de plus de 2% (contre 0,2% en métropole). Depuis 2000, la population a augmenté de plus de 100.000 habitants et les prévisions estiment que son effectif sera de 1 million d'habitants en 2030 (INSEE, 2009b).

ECONOMIE

En 2008, le produit intérieur brut de La Réunion s'élevait à 14,7 milliards d'euros d'après le Tableau de bord économique annuel de l'INSEE (2009b). Le taux de chômage en 2009 était de 27.2%. 225.000 Réunionnais sont employés, principalement dans le secteur tertiaire (près de 85% des salariés, dont 44% dans les activités marchandes et 56% dans l'administration).

Le secteur primaire (culture de la canne à sucre, de l'ananas et de la vanille principalement, pêche et aquaculture) offre moins de 2% des emplois et le secondaire 12 %. Le tourisme représentait en 2004 moins de 2% du PIB. La crise du chikungunya a fortement affecté la fréquentation touristique qui est passée de 430.000 touristes en 2004 à 250.000 seulement en 2005, mais le tourisme semble désormais renouer avec les chiffres d'avant-crise (INSEE, 2009b).

ORGANISATION

Depuis la loi du 19 mars 1946, La Réunion a le statut de département français d'Outre-mer (DOM) donc fait partie des régions ultrapériphériques de l'Union européenne. La loi de décentralisation du 2 mars 1982, en a fait une région (ROM). Il s'agit donc d'un des quatre DROM français.

ENJEUX PRINCIPAUX DU TERRITOIRE

L'île de La Réunion possède des récifs coralliens jeunes de type frangeant, qui bordent les côtes ouest et sud de l'île sur 25 km de long (12% du linéaire côtier total). Ces entités sont depuis une trentaine d'année l'objet de toutes les attentions. Ces milieux forment une fine interface entre le bassin versant et l'océan. Ainsi, ils subissent directement les conséquences de l'urbanisation du littoral réunionnais, en particulier sur les côtes ouest et sud : les rejets d'eaux usées des villes et l'imperméabilisation du sol par les constructions donc le ruissellement important des eaux de pluies. La croissance démographique et la surfréquentation les soumettent à d'autres pressions, telles que le piétinement, les mouillages sauvages, la pratique d'activités de loisir mal adaptée (sports de glisse, pêche, tourisme) (UICN, 2002). Leur fragile équilibre est également perturbé sous l'influence des événements climatiques, comme les marées de vivres-eaux, le réchauffement, les cyclones, les fortes houles, etc.

Au début des années 80, les premiers travaux en écologie récifale (Bouchon, 1978 ; Ribes, 1978 ; Faure, 1982) montrent que les écosystèmes coralliens se modifient : les algues gagnent du terrain sur les édifices coralliens et il devient urgent de réguler les activités humaines si l'on ne veut pas voir les ressources lagonaires et côtières s'épuiser, les risques de submersion marine accentués, et l'érosion côtière, jusque-là prévenue par la protection qu'offre la barrière corallienne, s'enclencher. Actuellement, la mortalité des coraux branchus est grande et la calcification corallienne est ralentie. Une diminution de la biodiversité (-25% de diversité des coraux sur vingt ans, recul effectif des poissons), une prolifération d'algues molles et une raréfaction des oursins sont des phénomènes qui ont été observés sur l'île. Au total, au moins 50% des platiers récifaux sont perturbés, dont 28% très dégradés (UICN, 2002).

ECOSYSTEMES MARINS COTIERS

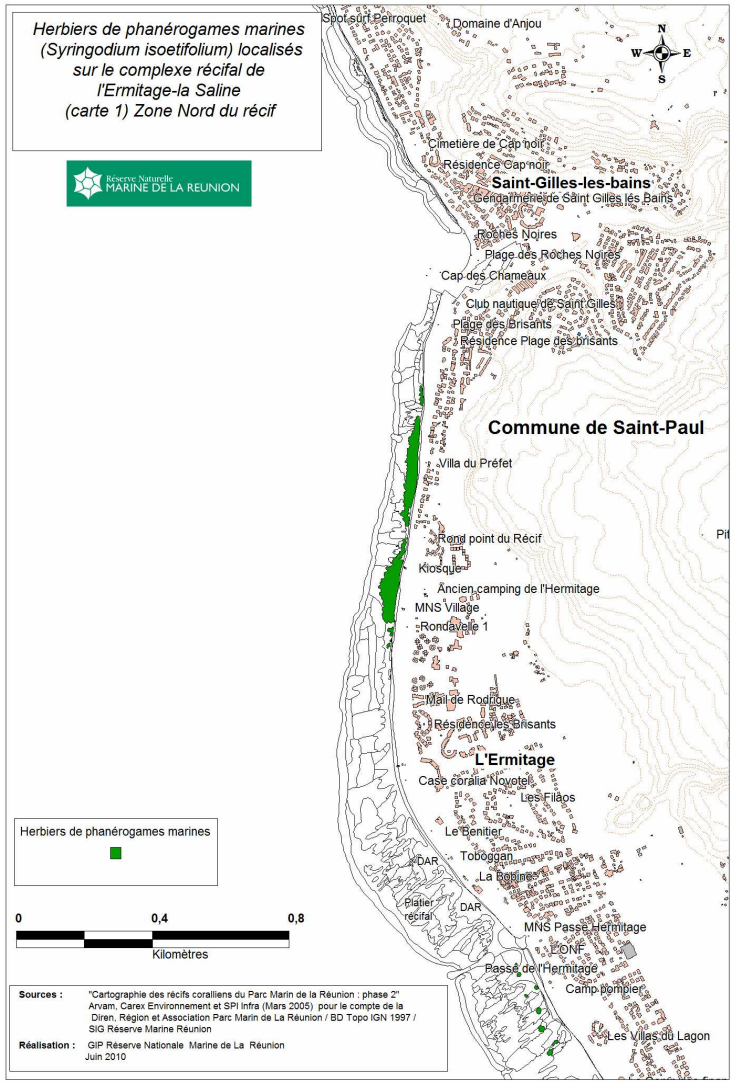
La diversité des biotopes sous-marins à La Réunion est relativement faible. Il n'y a pas de mangroves mais l'île abrite deux types d'écosystèmes côtiers qui sont les récifs coralliens et les herbiers. L'essentiel des fonds marins côtiers de La Réunion est constitué de tombants rocheux et de fonds sédimentaires atteignant très vite de grandes profondeurs. Le plateau continental n'excède pas 7 km de large au point le plus développé.

Les écosystèmes récifaux, occupant une surface de 670 ha et datant de 10.000 ans tout au plus (Montaggioni, 1978), sont de type frangeant (quelques plates-formes récifales et récifs embryonnaires existent). Trois sortes d'unités récifales sont distinguées selon leur niveau de développement : les bancs récifaux et les plateformes récifales sont des structures embryonnaires, sans dépression d'arrière-récif, tandis que les récifs frangeants à proprement parler possèdent une dépression d'arrière-récif bien développée (Tessier *et al.*, 2008). Ces dernières sont dénommées localement « les lagons ». Ces entités bordent les côtes ouest et sud de l'île et forment une bande discontinue, notamment à cause de la présence des exutoires des ravines, de 25 km de long (12% du linéaire côtier total). Leur surface est de 12 km² pour 50 à 150 m de large, soit un rapport « superficie récifale/terres émergées » de 0,5%.

Sur l'ensemble des récifs réunionnais, il existe deux vastes zones d'herbier de phanérogames marines, au niveau du récif frangeant de Saint-Gilles Sud / Hermitage et quelques tâches à la Saline-les-Bains (cartes 14 et 15). Il existe une espèce dominante et quelques tâches d'herbier constitué par une autre, très dispersées, qui ont été observées localement.



Récif frangeant de la côte ouest réunionnaise. © J.Duchêne





Cartes 14 et 15 : Distribution des herbiers de l'île de La Réunion (Réalisation RNMR, 2010 d'après des données ARVAM, 2005).

LES HERBIERS DE LA REUNION

ETAT DES CONNAISSANCES

Le maître d'ouvrage Association du Parc Marin de La Réunion a confié en 2005 au groupement CAREX Environnement / ARVAM la réalisation de la cartographie des récifs coralliens (hors pentes externes) compris entre le Cap La Houssaye et le piton Grande Anse. La cartographie des unités géomorphologiques et sédimentologiques fait apparaître les biocénoses marines. Ainsi, la localisation de l'herbier de phanérogames marines est précisée (Association Parc Marin de La Réunion, 2005). Bourmaud (2003) estime que l'état des connaissances sur les herbiers réunionnais est satisfaisant.

Ils sont actuellement étudiés de manière plus approfondie par le biais du programme HILOI, mais les données sur la biodiversité qu'ils abritent ne sont pas encore disponibles.

LES ESPECES DE PHANEROGAMES, DISTRIBUTION SPATIALE ET TRAITS PARTICULIERS DE LEUR ECOLOGIE

Seules deux espèces de phanérogames marines appartenant à la famille des Cymodoceaceae existent à La Réunion. Il s'agit de *Syringodium isoetifolium* en grande majorité, même si quelques tâches de *Halodule stipulacea* ont pu être observées localement (Naïm *et al.,* 2000 ; Parc Marin de La Réunion, 2005). Les deux espèces cohabitent dans la dépression d'arrière-récif de l'Hermitage, au nord du lagon de St-Gilles principalement, quelques tâches existent au sud, sur des fonds sableux et à débris coralliens.

La surface totale occupée dans ce secteur par les herbiers de phanérogames marines a été estimée à 13 ha en 2005. Bien que le centre de l'herbier soit stable, sa superficie est susceptible d'avoir évolué depuis, notamment à cause d'un cyclone (Gamède en 2007) et de deux épisodes de fortes houles (Patrick Frouin, comm. pers).

BIODIVERSITE (FAUNE ET FLORE) DES HERBIERS

Les zones couvertes par les phanérogames constituent des espaces surélevés par accumulation de sédiments fins. La diversité biologique y est forte. Les échinodermes représentent un des taxons les plus visibles par les touristes, avec souvent des espèces ubiquistes comme les holothuries (concombres de mer) *Synapta sp.*, *Holothuria leucospilota,* etc. mais aussi des oursins, notamment ceux de l'espèce *Tripneustes gratilla* qui affectionnent cet habitat.

En ce qui concerne les mollusques, de nombreux taxons sont présents : des opisthobranches (dont les nudibranches *Haminoea cymbalum* qui peuvent pulluler) aux lamellibranches dont les plus gros représentants sont les abondantes *Pinna muricata*. Parmi les gastéropodes, les Cerithiidae tels que *Cerithium rostratum* peuvent atteindre quelques dizaines d'individus par mètre carré, mais on y trouve aussi des Cypraeidae, Nassariidae, Collumbellidae, etc.



Synaptes et poissons dans l'herbier à *Syringodium isoetifolium*. © C. Hily

Les études en cours montrent également une forte diversité de la faune macroscopique endogée, avec une dominance d'annélides polychètes. Ces dernières sont représentées dans de fortes proportions par des espèces se nourrissant de matière en suspension (famille des Chaetopteridae) ou par des carnivores (famille des Nereidae entre autres). La taille des individus de la macrofaune y est souvent supérieure à celle trouvée dans les sédiments coralliens voisins.

Trente-sept espèces de poissons ostéichtyens ont été répertoriées en 2009. Les herbiers occupant une surface restreinte, l'essentiel de ces espèces est également associé à l'écosystème corallien. Une dominance des Scaridae, Siganidae et Labridae est constatée, comme classiquement dans les herbiers de phanérogames tropicales. Peu de gros individus sont présents, suggérant le rôle de nourrisserie de cet écosystème pour les espèces récifales. En 2009, les comptages réalisés faisaient état d'une dizaine de juvéniles par mètre carré, en période de recrutement, ce qui est une densité importante. Elle varie fortement selon les saisons.

PRESSIONS SUR LES HERBIERS

- ***Pressions naturelles***

Les herbiers à *Syringodium isoetifolium*, font face à de fortes contraintes durant les basses mers de vives-eaux sous les effets conjugués des fortes températures, de l'insolation et localement de l'émersion, à laquelle cette espèce résiste mal. En outre, ces périodes s'accompagnent d'une forte fréquentation du platier par le public. Les cyclones peuvent être très destructeurs : par exemple, en 1989, Firinga a détruit presque la totalité du platier de Saint-Leu. Les arrivées d'eau douce chargées de matériaux sédimentaires en provenance des ravines durant les cyclones peuvent les soumettre à des salinités convenant mal aux herbiers.

- ***Pressions anthropiques***

La sédimentation terrigène et la pollution des eaux récifales, à la fois par les rejets domestiques [la plupart des stations d'épuration sont sous-dimensionnées par rapport au nombre d'habitants (Saint-Paul, Saint-Leu, Saint-Pierre, Grand-Bois, etc.)], les activités agricoles (cultures de canne à sucre, d'ananas, etc.) et industrielles sont des problèmes majeurs pour les récifs de La Réunion. Les fertilisants entraînent une eutrophisation du milieu, qui réduit la densité, la biomasse, la production et la diversité des phanérogames marines (Duarte, 2002). Les macrodéchets stockés dans les ravines sont mobilisés lors des pluies torrentielles et entraînés directement dans les lagons, tout comme les engrais, les pesticides, les métaux lourds, les hydrocarbures et autres matières organiques ou minérales.

La Réunion est fortement soumise à l'érosion, accentuée par le défrichement. Lors des périodes de pluies importantes, les apports sédimentaires dans les lagons sont grands et modifient la turbidité de l'eau et de ce fait, la luminosité. Le piétinement dans le lagon de l'Hermitage par les baigneurs ou les pêcheurs à pied peut détruire l'habitat et les espèces ainsi que l'utilisation de protections solaires (filtre UV), dont les effets commencent à inquiéter.



Urbanisation du littoral réunionnais. © J.Duchêne

ETAT DE SANTE ET EVOLUTION

L'herbier de phanérogames marines de La Réunion est dynamique et ses limites variables. Son cœur semble assez stable dans l'espace (Patrick Frouin, comm. pers.). Il se situe dans une zone de protection de niveau 2 selon la réglementation de la réserve naturelle marine, mise en place en février 2007. Ce statut n'empêche pas la fréquentation par le public mais des efforts de sensibilisation sont faits et la pêche à pied dans le lagon, donc le piétinement, est limitée. La réserve naturelle marine a également pour objectif d'être un outil d'incitation à une meilleure gestion des actions sur le bassin versant (agriculture raisonnée, assainissement des eaux usées domestiques, maîtrise de l'urbanisation et des infrastructures, etc.) (DIREN, 2005), on peut donc espérer une tendance à la baisse des dégradations de l'herbier à La Réunion.

RECHERCHE, ACTIONS DE GESTION ET DE CONSERVATION

Plusieurs organismes sont en charge de l'état des lieux, du suivi et/ou de la gestion de l'herbier de phanérogames marines de l'île (l'IRD, KELONIA, l'Université de La Réunion). Cette dernière est l'un des sites d'étude du programme de recherche HILOI. L'ARVAM (Agence pour la Recherche et la Valorisation Marine, La Réunion) réalise de nombreux diagnostics et études d'impacts de mesures de gestion.

De manière indirecte, certaines structures participent à la préservation des herbiers. Les services de l'Etat intervenant dans la protection et la gestion du milieu marin à La Réunion sont :

- la DIREN, rattachée au Ministère chargé de l'Environnement. Ses domaines d'intervention concernent :
  - la mise en œuvre des lois sur l'eau et sur les déchets,
  - le renforcement de la politique des espaces protégés,
  - la prise en compte de l'environnement dans l'aménagement,
  - la sensibilisation et la formation.

- la Cellule LOcale pour l'Environnement (*CLOE)* est une structure tripartite constituée en mai 1993 par la signature d'une convention entre l'Etat (Préfecture et DIREN), la Région et le Département. Elle sert à renforcer la cohésion des actions menées par ses trois structures (en matière de déchets, d'espaces protégés, de recueil et de diffusion de l'information, de sensibilisation et d'éducation).

- La Direction Départementale de l'Equipement (DDE), la Direction Départementale des Affaires Maritimes, a la responsabilité de la police de la pêche et des transports maritimes.

PROTECTION ET RESTAURATION

• *Outils réglementaires*

Réglementations internationales et européennes : L'île ne fait pas partie des 7 sites Ramsar de l'Outre-mer français. Il n'y a aucun site NATURA 2000 et la directive « Habitats » ne s'y applique pas.

Réglementations régionales : Au niveau régional, elle a signé La Convention de Nairobi pour la protection, la gestion et le développement de l'environnement marin et côtier de l'Afrique de l'Est. Elle fait partie de la Commission de l'Océan Indien (COI) qui, entre autres, « protège l'environnement et les ressources naturelles dans une perspective de développement durable ». Le coordinateur régional de la COI est la CLOE.

Réglementations nationales et locales : La loi Littoral et ses spécificités pour l'Outre-mer s'y appliquent, tout comme la loi sur l'eau (1992) qui vise à préserver les écosystèmes aquatiques, la protection contre toute pollution et la restauration de la qualité des eaux. Ainsi, dans les SDAGE, les zones de platiers et les pentes externes sont considérées comme des milieux à très forte sensibilité écologique.

• *Aires marines protégées*

Le 23 février 2007 a été créée la réserve naturelle marine de La Réunion (3.500 ha, carte 16), dont certains objectifs (DIREN, 2005) peuvent participer à la préservation de l'herbier de phanérogames marines, comme « préserver le patrimoine marin de l'île », « réguler et structurer les usages », « être un outil d'incitation à une meilleure gestion des actions sur le bassin versant (agriculture raisonnée, assainissement des eaux usées domestiques, maîtrise de l'urbanisation et des infrastructures, etc.) ».

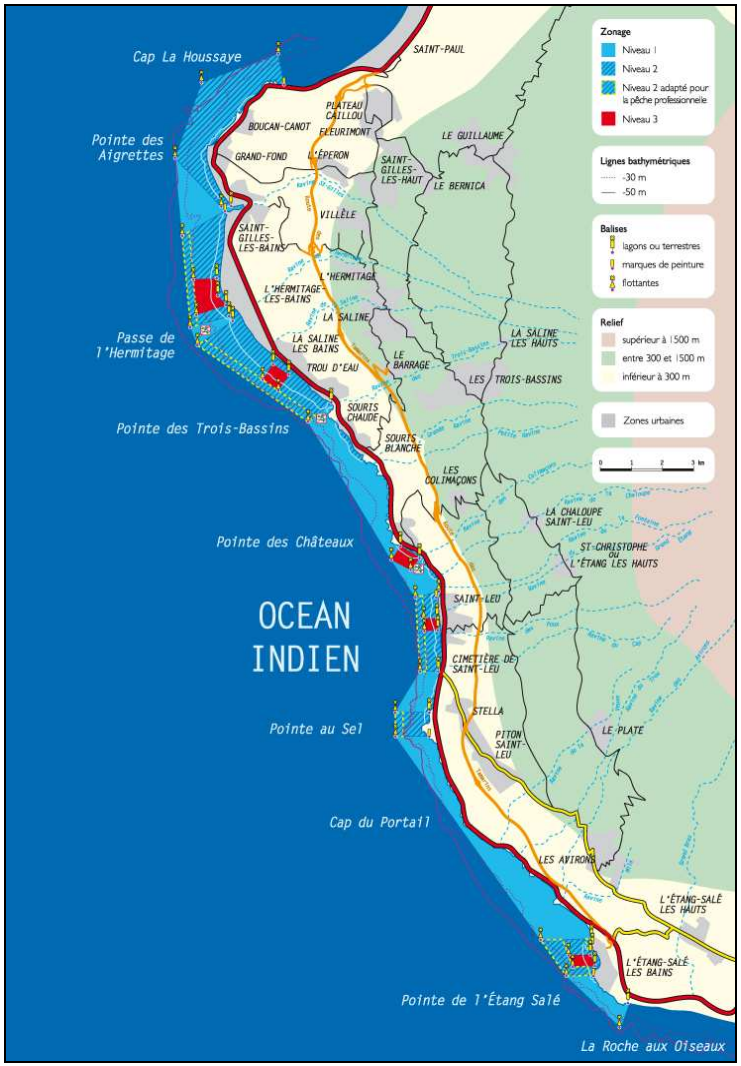
• *Mesures de gestion indirecte*

Les sites les plus importants sur le plan écologique sont les récifs coralliens de la côte ouest. Ils ont tous été classés en ZNIEFF 2. L'inventaire ZNIEFF mer est en cours (le lancement officiel des inventaires ZNIEFF mer dans les DOM date de 1997).

Le Schéma de Mise en Valeur de la Mer *(*SMVM), chapitre particulier du Schéma d'Aménagement Régional, a été approuvé le 6 novembre 1995 et préconise l'allégement de la pression sur l'ouest, par un rééquilibrage du développement vers les autres régions littorales.

• *Action de restauration*

Les bureaux d'études CAREX Environnement et ARVAM ont réalisé en 2005 une cartographie des récifs coralliens de La Réunion, incluant l'herbier de phanérogames. Ils émettent comme proposition de protéger l'herbier contre toute atteinte (piétinement par exemple), mais pas d'effectuer de restauration biologique à cause de la difficulté de transplantation (faible profondeur d'eau, dépression d'arrière-récif très fréquentée) (Parc Marin de La Réunion, 2005).



Carte 16 : Périmètre de la réserve naturelle marine de La Réunion (Réalisation : DIREN de La Réunion, 2008).

NOUVELLE-CALEDONIE

Claude Payri

LE TERRITOIRE

GEOGRAPHIE

- ***Les îles***

La Nouvelle-Calédonie est un ensemble d'îles mélanésiennes de l'Océan Pacifique sud, situé dans la mer de Corail par 21° 30′ Sud 165° 30′ Est, à environ 1.200 km à l'est de l'Australie et 1.500 km au nord-est de la Nouvelle-Zélande. Elle est bordée au nord-est par l'archipel du Vanuatu. Elle couvre une superficie terrestre totale de 18.575,5 km².

Elle est centrée autour d'une île principale d'une superficie d'environ 16.360,8 km², la Grande Terre, qui s'étend du nord-ouest au sud-est sur près de 400 km en longueur et 50 à 70 km en largeur et est parcourue sur toute sa longueur par une chaîne montagneuse, dont le point culminant, le mont Panié, s'élève à 1.629 mètres d'altitude. Elle comprend également plusieurs ensembles d'îles de taille plus modeste et des formations récifales pouvant atteindre de très grandes tailles.

Au nord, à 45 km au large de la pointe nord-ouest de la Grande Terre, les îles Belep détachées de la Grande Terre couvrent 69,5 km² et comprennent deux îles principales : Art (la plus grande, avec 52 km², seule à être peuplée) et Pott, ainsi que plusieurs petits îlots rocheux, dont Daos du Nord et Daos du Sud. Au-delà, à 180 km de la pointe nord-ouest de la Grande Terre, séparés par le Grand Passage, détroit de 500 à 600 mètres de fond, s'étend un ensemble d'îles coralliennes qui forme les récifs d'Entrecasteaux avec notamment les atolls de Huon, de Surprise, de Pelotas et du Portail. Il constitue la limite nord du lagon de la Nouvelle-Calédonie.

A l'est, à une centaine de kilomètres, se trouvent les îles Loyauté qui sont les parties émergées d'une ride séparée de la Grande Terre par le bassin des Loyauté dont la profondeur varie de 2.000 à 2.500 m. Les Loyauté correspondent à d'anciens récifs coralliens soulevés qui se répartissent depuis le sud vers le nord entre les îles coralliennes basses et plates de Maré (641,7 km², 138 m de haut), Tiga (11 km² ; 78 m), Lifou (1.196,1 km² ; 104 m) plus quelques îlots et les 2 atolls d'Ouvéa (132,1 km² ; 46 m) et de Beautemps-Beaupré (4 m). La ride est bordée au sud par Walpole, dernière île émergée de la ride, correspondant à une formation récifale tabulaire surélevée à 70 m au dessus du niveau de la mer et par un ensemble d'anciens atolls immergés (monts sous-marins) entre 600 et 900 m de profondeur. Au nord se trouvent les récifs isolés de l'Astrolabe et le récif Pétrie le plus septentrional, sur lesquels affleurent quelques cayes sableuses.

Plus loin à l'ouest, à 550 km à mi-chemin de l'Australie, s'étend sur 120 km de long et 70 km de large le grand plateau corallien des Chesterfield-Bellona qui correspond à un ensemble inhabité d'atolls et de récifs. Cet ensemble comprend du nord au sud les récifs Bampton et les îlots Avon, Bampton, Reynard et la caye sableuse de Skeleton, au centre l'atoll des îles Chesterfield à proprement parler avec les îles Longue, du Passage et Loop ainsi que les îlots du Mouillage et à 60 km au sud-est des Chesterfield, les récifs de Bellona et Booby. A l'est des Chesterfield, les bancs submergés de Lansdowne et Fairway couvrent 21.000 km² à une profondeur de 60 à 80 m et forment l'un des deux plus grands bancs au monde.

Au sud de la Grande Terre à environ 50 km de la pointe sud-est, se trouve l'Ile des Pins qui couvre 152,3 km², tandis que dans la région sud-ouest s'étend la Corne Sud renfermant des constructions entièrement coralliennes, récifs et îlots.

Enfin, l'île de Walpole, à 140 km au sud-est de Maré et à 200 km à l'est-sud-est de la pointe sud de la Grande Terre et les îles Matthew et Hunter, respectivement à 450 et 520 km à l'est de la pointe sud de la Grande Terre, dont la possession est contestée à la France par le Vanuatu.



Ile des Pins. © C.Rataud

- ***Le lagon***

Le lagon néo-calédonien a une surface totale de 24.000 km², ce qui en fait l'un des plus grands au monde, souvent présenté comme « le plus beau lagon du monde ». Il est ceinturé par une barrière de corail continue d'une longueur de 1.600 km, située entre 10 et 70 km des côtes de la Grande Terre et s'étendant des récifs d'Entrecasteaux au nord-ouest à l'Ile des Pins au sud-est, sur 680 km de long. Il est divisé en plusieurs entités géographiques :

- le lagon sud-ouest, compris entre Téremba au nord et l'île Ouen au sud ;
- le lagon sud qui s'étend du canal de la Havanah du sud de la Grande Terre à l'Ile des Pins ;
- le lagon est, entre le canal de la Havanah au sud et la passe d'Amos au nord ;
- le lagon nord, compris entre l'estuaire du Diahot au sud et le Grand Passage au nord qui sépare le lagon nord proprement dit des récifs d'Entrecasteaux ;
- le lagon nord-ouest, compris entre Poya et l'île de Yandé.

Outre la Grande Terre, plusieurs atolls possèdent leurs propres lagons, le plus important d'entre eux étant celui d'Ouvéa avec 850 km².

POPULATION

Au recensement de 2009, la Nouvelle-Calédonie comptait 245.580 habitants. La densité, de 13,2 hab./km², y est particulièrement faible, comparée aux collectivités de l'Outre-mer, hormis la Guyane. En réalité la population néo-calédonienne est très inégalement répartie entre les trois provinces : seulement 7,1% de la population vivent aux îles Loyauté (8,8 hab./km²) et 18,4 % dans la Province Nord, la plus étendue des trois provinces, où la densité (4,7 hab./km²) est aussi la plus faible, contre 74,5% dans la Province Sud (26,1 hab./km²). Cette dernière regroupe ainsi les trois quarts de la population calédonienne sur seulement un peu plus d'un tiers du territoire. Elle montre à son tour une répartition de la population très déséquilibrée, avec une forte concentration dans le chef-lieu, Nouméa rassemblant ainsi 39,7% des habitants du territoire (1 360 hab./km²) sur à peine 0,35% de sa superficie. Le Grand Nouméa pèse deux tiers de la population totale sur moins de 1/10 de la surface de l'archipel. En dépit des projets de développement dans le Nord du pôle urbain de Voh-Koné-Pouembout (parfois appelé VKP), autour du projet de développement de l'usine du Nord, l'importance du chef-lieu du territoire et l'attraction qu'il exerce sont telles qu'aucune commune ne pourra vraiment la concurrencer démographiquement avant de nombreuses années.

ECONOMIE

L'économie de la Nouvelle-Calédonie est la plus forte et la plus dynamique de l'Outre-mer français, avec un PIB estimé à un peu moins de 6,5 milliards d'euros en 2007, soit un PIB par habitant particulièrement élevé (estimé à 26.500 € en 2007). Il est supérieur à ceux de pratiquement tous les États et territoires du Pacifique insulaire (dont la Nouvelle-Zélande) et comparable à ceux de la plupart des régions

métropolitaines. Le taux de chômage est de seulement 4,8% et la croissance économique était de 5,5% pour l'année 2008.

Ce dynamisme économique est lié à l'activité minière : la Nouvelle-Calédonie détient près de 25% des réserves mondiales connues de nickel. Si l'économie locale a souffert de la baisse des cours de ce métal dans les années 1990, elle connaît, depuis le début des années 2000, un élan économique particulièrement important, avec notamment deux grands projets d'usine dans le sud et dans le nord. Le nickel constitue le principal produit d'exportation (les produits miniers représentaient près de 94% des exportations en 2006), sans pour autant être la ressource dominante au sein du PIB néo-calédonien (18% en 2007).

L'agriculture est relativement peu développée du fait du manque de terres cultivables et d'un mode de production resté largement vivrier, notamment dans le cadre de la culture traditionnelle des taros et des ignames par les Kanak. Le territoire doit donc importer des denrées alimentaires, faute d'autosuffisance (12% des importations en 2006). L'élevage (surtout de bovins) est bien implanté, notamment dans les grandes plaines herbeuses et les savanes de la côte ouest de la Grande Terre. Toutefois, le taux de couverture en viande bovine était de 69% seulement en 2008 et de 84% en viande porcine. Par contre, l'archipel ne fourni pratiquement pas de produits laitiers, il est donc obligé d'en importer depuis l'Australie et la Nouvelle-Zélande, les deux gros producteurs voisins.

Enfin, l'aquaculture de la crevette est un secteur en développement et essentiellement destiné à l'exportation vers les marchés porteurs d'Europe ou du Japon.

Les autres sources de revenu du territoire sont :

- le tourisme, en provenance de France métropolitaine, du Japon, de l'Australie et de Nouvelle-Zélande. Ce secteur reste encore largement embryonnaire (avec environ 100.000 touristes par an et 173.000 croisiéristes en 2008) et ne représente que 4% du PIB du territoire,
- les transferts financiers, principalement, depuis la métropole et qui restent une donnée fondamentale de l'économie calédonienne, comme dans les autres territoires ultramarins, représentant 16% du PIB de la Nouvelle-Calédonie en 2007.

ORGANISATION

L'histoire institutionnelle de la Nouvelle-Calédonie est particulièrement complexe, l'île ayant connu une multitude de statuts différents : colonie française de 1853 à 1946, puis Territoire d'Outre-mer de 1946 à 1999 et enfin Collectivité *sui generis* d'Outre-mer régie par le titre XIII de la Constitution française. Depuis les années 1980, plusieurs statuts d'autonomie interne se sont succédés, les derniers en date sont le statut de l'Accord de Matignon puis celui de Nouméa à la suite des Evénements des années 1980.

Actuellement, les institutions de la Nouvelle-Calédonie sont définies par la loi organique n° 99-209 du 19 mars 1999 relative à la Nouvelle-Calédonie. Le chef-lieu est Nouméa, depuis sa création en 1854 sous le nom de Port-de-France. L'État est représenté en Nouvelle-Calédonie par un haut-commissaire de la République qui a rang de préfet. Il est surtout chargé d'organiser et de gérer les services relevant des pouvoirs régaliens de l'État.

La Nouvelle-Calédonie est organisée en trois collectivités territoriales appelées provinces, créées par le décret du 24 juillet 1989 : Province Nord, Province Sud et Province des Iles. Les provinces s'administrent librement par des assemblées élues pour cinq ans au suffrage universel direct et qui sont compétentes dans toutes les matières qui ne sont pas réservées par la loi à l'Etat, à la Nouvelle-Calédonie ou aux communes (au nombre de 33).

Une partie des membres des trois assemblées de provinces forme le Congrès du territoire qui est compétent pour gérer les affaires communes à l'ensemble du territoire. Ses compétences sont énumérées limitativement par la loi organique.

L'exécutif de la Nouvelle-Calédonie est assuré par un gouvernement collégial dont un président est élu par le Congrès à la proportionnelle au scrutin de liste et responsable devant celui-ci. Le haut-commissaire participe de droit aux réunions du gouvernement.

La loi organique :

- répartit les compétences entre l'Etat, la Nouvelle-Calédonie, les provinces et les communes,
- organise le fonctionnement du gouvernement, du Congrès, du Sénat coutumier et des institutions provinciales,
- fixe les modalités des élections aux assemblées locales et les conditions dans lesquelles la Nouvelle-Calédonie sera appelée à se prononcer sur son avenir.

Les organismes consultatifs du territoire sont le Comité économique et social et le Sénat coutumier.

Depuis 2000, des compétences sont transférées d'une manière irréversible à la Nouvelle-Calédonie. Certains transferts supplémentaires doivent intervenir à partir de 2009 à la demande du Congrès.

Au dernier stade d'évolution du statut de la Nouvelle-Calédonie, entre 2014 et 2018, l'Etat ne restera compétent que pour les matières régaliennes : la justice, la défense, l'ordre public, la monnaie notamment. Enfin, d'autres compétences font l'objet d'un dialogue entre les autorités de la Nouvelle-Calédonie et celles de l'Etat : des consultations sont en effet prévues en matière d'entrée des étrangers, de maintien de l'ordre, d'audiovisuel, d'université et de recherche. La Nouvelle-Calédonie se voit également reconnaître une certaine capacité internationale dans la zone Pacifique et dans ses domaines de compétence.

ENJEUX PRINCIPAUX DU TERRITOIRE

Par sa diversité en formations récifales et sa richesse biologique particulièrement élevée en raison de la proximité du centre indo-malais de biodiversité, le lagon calédonien est un véritable enjeu patrimonial (plus de 10.000 espèces observées) (Payri, 2006a). Le 7 juillet 2008, plus de la moitié des récifs et des lagons de Nouvelle-Calédonie, soit 6 sites formant une totalité de 15.000 km², a été inscrite au Patrimoine Mondial de l'Humanité. Il s'agit pour la France, du 33ème site inscrit au Patrimoine Mondial, plus particulièrement de son second site naturel après le golfe de Porto (inscrit en 1983) et le premier pour l'Outre-mer.

ECOSYSTEMES MARINS COTIERS

• *Récifs coralliens*

La Grande Terre est entièrement bordée par une barrière récifale continue affleurant, excepté dans le sud-est où le récif est en partie submergé ou absent, distant de 1 à 70 km environ de la côte. Il délimite un lagon d'environ 20.400 km² dont la profondeur moyenne est de 25 m dans l'ouest et de 40 m dans l'est avec un maximum de 80 m dans les fosses de la Corne Sud.

La barrière, parfois multiple (Guilcher, 1988), est entaillée de nombreuses passes, de profondeur variable (30 à 80 m), prolongeant parfois des canyons sinueux et profonds comme celui de Dumbea dans le lagon sud-ouest. La pente externe est une succession de tombants d'inclinaison variable et de plateformes. Sur la côte est, elle est entrecoupée de failles et de contreforts étroits alors que sur la cote ouest, la zone d'éperons sillons est une plateforme compacte et rainurée.

La typologie récifale a fait l'objet d'un atlas cartographique (Andréfouët *et al*., 2008) dans lequel on reconnaît principalement des récifs frangeants, des récifs-barrières, des récifs d'îlots, des atolls et des bancs coralliens.

Les récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie montrent une très grande diversité. Leur cartographie par télédétection à partir d'images satellitales Landsat (0-30 m) permet de distinguer 161 types d'unités basés sur leur géomorphologie, leur profondeur et leur exposition. Ils se répartissent sur 4.537 km² d'aires récifales (Andréfouët *et al*, 2009).

Mise à part l'île d'Ouvéa, qui est un atoll en partie immergé avec un lagon central, les autres îles principales des Loyauté (Maré et Lifou) ne possèdent que des récifs frangeants, car elles sont soulevées. Les îlots volcaniques Matthew et Hunter présentent des formations coralliennes réduites voire embryonnaires, tandis que les Chesterfield-Bellona à l'ouest et les récifs d'Entrecasteaux au nord ne comportent que des atolls et des bancs coralliens.

• *Fonds sédimentaires*

Les formations meubles littorales et lagonaires de la Grande Terre ont été classées en (1) fonds envasés sur les littoraux aux embouchures de rivières et dans les baies, (2) fonds de sables gris de la plaine lagonaire et (3) fonds de sables blancs de l'arrière-récif. Les fonds de sables gris sont par endroit occupés par des accumulations de petits nodules algaires branchus formant du maërl ou alors par des algueraies dominées par des chlorophytes *Halimeda*, *Udotea* et *Caulerpa*. Les groupes zoologiques quantitativement dominants y sont les mollusques, les éponges et les échinodermes.

• *Mangroves*

En Nouvelle-Calédonie, les mangroves couvrent une superficie de 35.000 ha (tannes compris) (Virly *et al*., 2005). 88 % des mangroves sont situés sur la côte ouest et 12 % sur la côte est. Elles sont également présentes, sur de faibles étendues, sur l'Ile des Pins, sur les Iles Loyauté (plus spécialement à Ouvéa) et dans le nord autour des Iles Belep. Les mangroves calédoniennes sont très riches sur le plan floristique puisque 24 espèces ont été décrites, dont un possible hybride de *Rhizophora*, qui serait endémique (Duke *et al.*, 2007). Les formations majoritaires sont *Rhizophora* spp. (~55% des superficies), *Avicennia marina, qui* dépasse rarement le stade arbustif en Nouvelle-Calédonie (~15%) et les tannes (~15%).

• *Herbiers*

Selon la cartographie des herbiers peu profonds (0-5 m) réalisée par Andréfouët et ses collaborateurs, les herbiers denses à diffus (clairement visibles sur l'imagerie Landsat) occuperaient 40.000 ha sur les zones sédimentaires. Une estimation des zones d'herbiers très diffus porterait ces surfaces à 93.635 ha. Ils représentent en termes de surface de substrat occupée / surface de récifs et lagons, l'un des habitats marins côtiers le mieux représenté en Nouvelle-Calédonie.

Leur répartition n'est pas uniforme autour de la Grande Terre avec une plus large étendue sur les littoraux de la côte ouest, notamment entre Moindou et Poya et dans la région nord Nehoué, Voh et Balabio. Sur la côte est, les herbiers sont plus diffus et confinés dans des zones restreintes de la frange littorale ou sur des hauts fonds lagonaires. Ils sont également souvent associés aux îlots du lagon où ils occupent en général les petits fonds sous le vent. Enfin, il est fréquent de rencontrer sur les sédiments sablo-vaseux profonds des chenaux et des lagons *Halophila decipiens* et *H. capricorni*. Les herbiers sont également présents autour des îles Belep, de l'Ile des Pins, à Ouvea et à Lifou aux Iles Loyauté (cartes 17 et 18).

Onze espèces ont été recensées en Nouvelle-Calédonie (6 genres et 4 familles) et peuvent être regroupées en 28 classes en fonction des assemblages spécifiques et de la densité de l'herbier.

LES HERBIERS DE NOUVELLE-CALEDONIE

ETAT DES CONNAISSANCES

Les études scientifiques menées sur les herbiers de phanérogames marines de Nouvelle-Calédonie ont débuté vers 1985 avec les travaux de Garrigue (1987) sur les communautés de macrophytes associées aux fonds meubles du lagon sud-ouest. Ils ont également été pris en compte dans les études sur le métabolisme des fonds meubles (Clavier & Garrigue, 1999) ou encore à l'occasion des travaux réalisés sur l'ichtyofaune lagonaire (travaux de Kulbicki), sur les populations de dugongs (*Dugong dugon*) associées à ces formations végétales (Garrigue *et al.,* 2008) et sur la macrofaune mobile liée aux herbiers (Cesa, 1998).

Les premiers travaux taxonomiques dédiés à quelques espèces formant les herbiers sont consignés dans la monographie de den Hartog (1971) et la liste spécifique la plus complète a été publiée dans le cadre de l'inventaire de la flore algale de Nouvelle-Calédonie (Payri, 2006a). Un document didactique comprenant 12 fiches d'identification des espèces et des informations sur leur biologie et leur répartition a été publié avec le concours de l'IFRECOR (Payri, 2006b).

Les premières estimations de surfaces occupées par les herbiers profonds ont été estimées par Garrigue (1987) à 890 km² à partir de l'extrapolation d'observations faites dans les sédiments récupérés par dragage. Ces données doivent être considérées avec prudence notamment parce que les moyens d'investigation ne font pas état de la densité de la végétation et ne prennent pas en compte les petits fonds où se trouvent précisément les herbiers denses. Ces derniers ont été cartographiés par télédétection optique réalisée avec de l'imagerie multispectrale dont plusieurs scènes Landsat 7 acquises en 1999 et 2003 à 30 m de résolution et des images Quickbird à 2,6 m de résolution, ces dernières utilisées pour de la cartographie détaillée d'habitats. Les estimations ne concernent que les herbiers répartis entre la surface et 12 m de profondeur. Néanmoins, la vérité terrain réalisée au-delà des limites bathymétriques d'utilisation de la télédétection optique n'a jamais révélé de formations d'herbiers denses en Nouvelle-Calédonie. Les herbiers profonds sont généralement des formations très clairsemées ou herbiers diffus majoritairement à *Halophila* situés dans les chenaux ou fond de lagon et ne sont pas pris en compte dans cette estimation. La cartographie de cet habitat a débuté en 2005. Toutefois, la première cartographie des substrats incluant des herbiers à partir d'imagerie SPOT et de photographies aériennes a été réalisée pour le lagon d'Ouvéa en 1999 (Kulbicki *et al.,* 1993). D'autres études ayant un objectif méthodologique ont également traité des zones d'herbiers (Bouvet *et al. ;* 2003, Chevillon, 2005 ; Dirberg *et al.*, 2006).

Depuis 2005, les herbiers de phanérogames de Nouvelle-Calédonie ont fait l'objet d'études spécifiques dans le but d'établir une typologie suivie d'une analyse spatiale de leur distribution pour finalement aboutir à une cartographie sur l'ensemble de la Grande Terre. La typologie basée à la fois sur la composition spécifique des phanérogames et sur le cortège phycologique associé a donné lieu à des inventaires floristiques exhaustifs, mais également à des données quantitatives d'abondance et de densité (Scamps, 2005). Des inventaires de la macrofaune d'invertébrés ont également été réalisés à l'occasion de divers programmes et les données ont été intégrées au système d'information LAGPLON. D'un point de vue appliqué, une étude des pêcheries d'holothuries en cours en Province Nord s'intéresse essentiellement aux platiers à herbiers de la côte Ouest (dans le cadre du projet COGERON). Ainsi le plateau des Massacres, à Voh, abrite le plus grand herbier de Nouvelle-Calédonie. Il constitue une zone de pêche pour les populations avoisinantes et des mesures de gestion de la ressource en fonction des zones d'habitats sont appliquées depuis 2008.

Comme bien souvent, les peuplements de poissons constituent le compartiment biologique le plus étudié. Les travaux ont débutés en 1984 avec de très nombreux échantillonnages (thèse de Kulbicki, 2006). Les objectifs étaient essentiellement d'analyser la diversité, densité, biomasse et structure des populations et des assemblages. Les études peuvent se scinder entre études spécifiquement orientées sur ce biotope et études s'intégrant dans des analyses plus vastes. Dans le premier cas il convient de citer un suivi mensuel sur 12 mois de 4 herbiers et 4 algueraies de Nouméa en 1998 et un inventaire comparatif des espèces d'herbier, algueraie et

récif sur une radiale côte-large en 1997. Dans le second cas, des inventaires ponctuels ont été réalisés sur des herbiers en Province Nord, à Ouvéa et dans le lagon sud-ouest lors des campagnes d'analyse des assemblages de poissons, respectivement en 1995-1997, 1991, 1984-1990. L'ensemble de ces données ainsi que les caractéristiques biologiques (ex. : gonades, contenus stomacaux, longueur-poids) des spécimens prélevés a été intégré dans une base de données (FISHEYE).

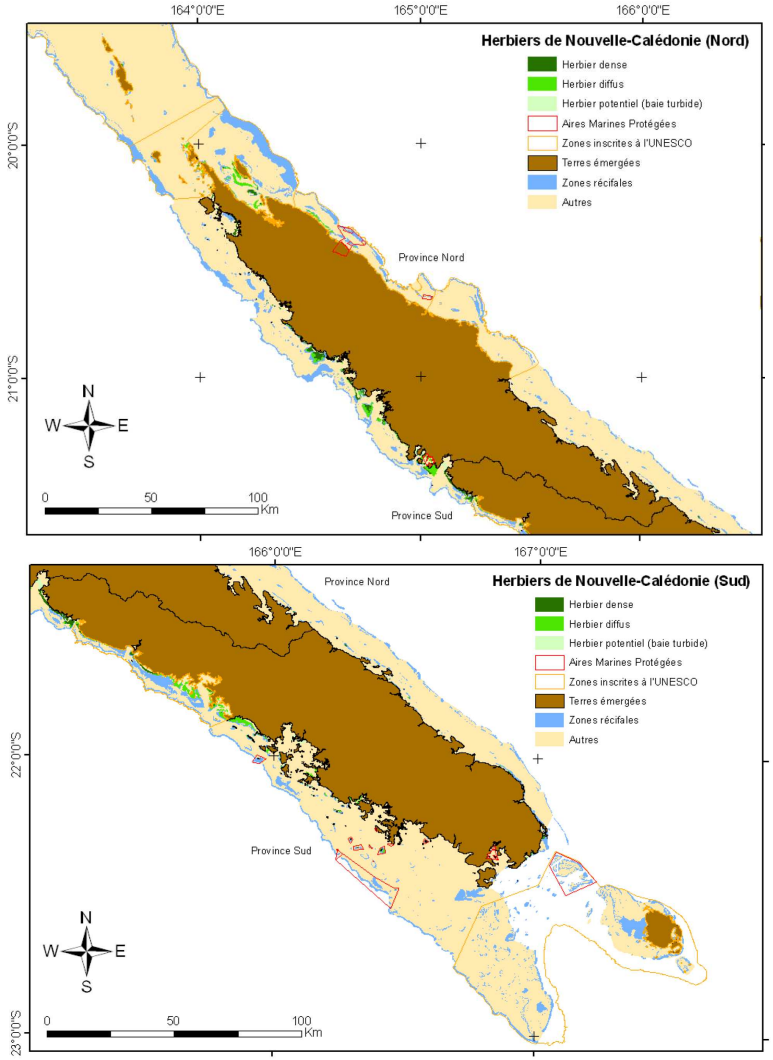
Des informations sur l'installation de juvéniles de poissons dans les herbiers des îlots du lagon de Nouvelle-Calédonie sont fournies dans des travaux de thèse (Mellin, 2007), ainsi que sur le rôle des herbiers dans le maintien des populations de poissons (Mellin *et al.,* 2009).

Depuis octobre 2008, huit herbiers répartis dans le lagon de Nouméa font l'objet d'un suivi mensuel des espèces végétales et des poissons juvéniles et adultes (Ponton, non publié). La strate végétale et la nature des sédiments ont été étudiées à diverses échelles spatiales et temporelles (Fontan, 2009) et il est envisagé l'étude du couplage entre nombre d'espèces et d'individus de juvéniles et adultes de poissons, les caractéristiques des herbiers à différentes échelles et les facteurs environnementaux.

Les études menées pour la cartographie des habitats récifo-lagonaires dans le cadre du programme ZONECO ont fait l'objet de nombreux rapports intermédiaires méthodologiques et d'un rapport de synthèse accompagné de la cartographie par télédétection à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie à partir d'images Landsat (Andréfouët *et al.* 2010) et de zones plus détaillées réalisées à partir d'imagerie Quickbird.

LES ESPECES DE PHANEROGAMES, DISTRIBUTION SPATIALE ET TRAITS PARTICULIERS DE LEUR ECOLOGIE

Parmi les 65 espèces connues de phanérogames exclusivement marines, 11 espèces ont été recensées en Nouvelle-Calédonie (Payri, 2006b) qui se répartissent en six genres appartenant à la famille des Cymodoceaceae (*Cymodocea, Halodule, Syringodium*) et celle des Hydrocharitaceae (*Enhalus, Halophila et Thalassia*) placées dans l'ordre des Alismatales (Les *et al.,* 1997). Les espèces rencontrées en Nouvelle-Calédonie sont des espèces à large répartition dans la région Indo-Pacifique et sont communes au Pacifique ouest. Il est à noter que le genre *Thalassodendron* abondant dans l'archipel des Salomon et encore présent dans certaines îles de l'archipel voisin vanuatais, est totalement absent de Nouvelle-Calédonie.



Cartes 17 et 18 : Répartition des herbiers et des récifs coralliens au sud et au nord de la Nouvelle-Calédonie (Réalisation : S.Andréfouët & M.Hamel, 2010).

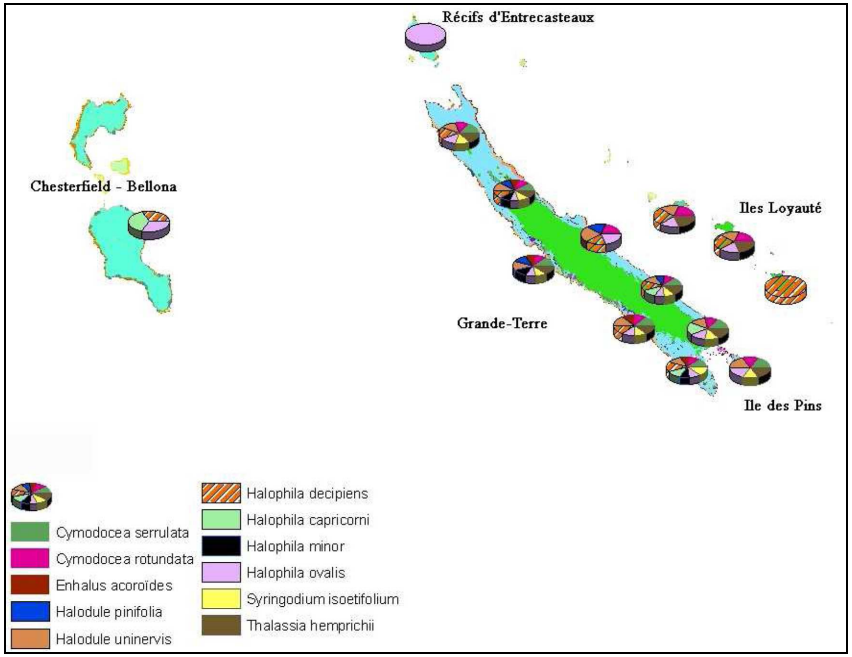
Le genre le plus diversifié est celui des *Halophila* avec quatre espèces : *H. ovalis*, *H. minor*, les plus fréquemment rencontrées, mélangées aux autres genres dans les petits fonds tandis que *H. decipiens* et *H. capricorni* forment des tapis monospécifiques très diffus dans les eaux plus profondes jusqu'à 60 m. Ces deux espèces difficiles à distinguer à l'œil nu, ont souvent été confondues et signalées à tort sous *H. decipens*, donnant alors une répartition plus restreinte à *H. capricorni*. Celle-ci n'a été récoltée que dans le chenal de l'Ilot Maître, par 25 m de profondeur où elle développe sur les fonds sablo-vaseux des populations éparses mélangées à *H. decipiens*. *H. minor,* que l'on trouve préférentiellement dans les petits fonds sablo-vaseux rarement mélangée aux autres phanérogames marines, est moins commune que *H. ovalis* qui est présente sur la plupart des substrats meubles (détritique grossier jusqu'au sable vaseux) depuis les petits fonds jusqu'à plus de 15 m de profondeur, seule ou mélangée aux autres espèces (carte 19).

Les genres *Cymodocea* et *Halodule* comptent chacun deux espèces, *C. serrulata* et *C. rotundata*, et *H. uninervis* et *H. pinifolia* qui figurent avec *Syringodium isoetifolium* parmi les plantes les plus communes des herbiers aussi bien côtiers que lagonaires, à l'exception de *H. pinifolia* qui est exclusivement côtière et généralement associée aux estrans bordant les forêts de mangroves. Cette dernière est occasionnellement accompagnée par *Halophila ovalis* et *Halophila minor. Halodule uninervis* est la plus commune et se retrouve dans presque tous les types d'herbiers. *C. rotundata* et *C. serrulata* sont souvent mélangées aux autres espèces, sur les franges littorales sableuses autour des îlots. La première est moins abondante que *C. serrulata* (que l'on trouve jusqu'à 10 m de profondeur), sauf sur la côte est où elle forme des herbiers denses monospécifiques (carte 19).

Syringodium isoetifolium a une large répartition géographique dans les fonds sablo-vaseux de faible profondeur. Elle se mélange souvent aux *Cymodocea spp., Halodule uninervis* et *Thalassia hemprichii*.

Enfin, *Thalassia hemprichii* et *Enhalus acoroïdes* localement très abondantes, ont des distributions restreintes aux zones côtières et plutôt estuariennes. La première se rencontre aussi bien dans les eaux claires des platiers coralliens, souvent associée à *Halophila ovalis*, que dans les zones turbides et sablo-vaseuses où elle se mélange alors aux *Cymodocea*, *Halodule uninervis* et *Enhalus acoroïdes*. *Thalassia hemprichii* forme de beaux herbiers mixtes sur la côte ouest au nord de Moindou mais n'a jamais été observée dans le lagon sud-ouest, ni d'ailleurs *Enhalus acoroïdes*, la plus grande des espèces en Nouvelle-Calédonie. On la trouve préférentiellement aux abords des estuaires dans les petits fonds turbides et vaseux où elle forme de petites colonies éparses où se mêlent souvent *Cymodocea*, *Thalassia hemprichii* et *Halodule uninervis* (carte 19).

Les herbiers des zones peu profondes sont rarement monospécifiques. Ce sont généralement des assemblages de trois à six espèces en fonction des zones et des expositions. En plus de la composition spécifique, l'abondance relative des espèces dans les herbiers, la couverture végétale et le cortège algal varient aussi dans l'espace. Ainsi, 7 types d'herbiers ont été décrits en Nouvelle-Calédonie (Payri *et al.* 2007 *in* Andréfouët *et al*., 2010 ; Scamps 2005) dont 4 dans le lagon sud-ouest. Outre le cas des *Halophila decipiens* et *Halophila capricorni*, les phanérogames marines en Nouvelle-Calédonie forment des herbiers dans les petits fonds (0-8 m).



Carte 19 : Répartition des différentes espèces de phanérogames marines en Nouvelle-Calédonie (Réalisation : S.Fiat).

Le niveau de résolution des images Landsat ne permet pas de discriminer les différents types d'herbiers et les valeurs calculées sont des valeurs globales de formations de phanérogames marines. Les formations les plus diversifiées et les plus riches en espèces sont celles réparties sur la Grande Terre aux îles Belep et à l'Ile des

Pins, où la surface estimée des herbiers pour la tranche bathymétrique 0-5 m est de 126,64 km² pour les formations denses et moyennement denses, de 230,60 km² pour celles qui sont diffuses et de 41 km² pour les herbiers situés en zones turbides. Ces valeurs correspondent aux deux classes d'herbiers «denses » et « moyennement dense à diffus » et sont visibles sans ambiguïté sur les images Landsat. Les zones où les herbiers sont très diffus ne sont pas prises en compte dans ce calcul, mais elles ont été estimées à environ 936,35 km² (Andréfouët *et al.*, 2010).

Aux îles Loyauté, les plus beaux herbiers ont été observés dans le lagon d'Ouvéa, en bordure des îlots. Kulbicki *et al.* (1993) ont estimé à 3,3 km² les herbiers denses à partir d'images satellitaires SPOT. Ces surfaces mériteraient toutefois d'être réévaluées, car la vérification terrain réalisée en 2005 n'a pas montré de telles formations (Payri *et al.*, 2005).

L'absence de lagon à Lifou et Maré se traduit par une richesse spécifique faible et les rares formations diffuses ont été observées dans les grandes baies abritées comme celle Chépéhéné ou de Chateaubriand à Lifou. De même, dans les grandes formations coralliennes des Chesterfield-Bellona, des récifs d'Entrecasteaux ou encore de la Corne Sud, les seules phanérogames marines sont des *Halophila spp.* qui colonisent les cuvettes sableuses des fonds de lagon. Elles restent cependant rares.

Au total pour la Nouvelle-Calédonie, les surfaces occupées par les herbiers (denses à diffus) de petit fonds (0-5 m) s'élèveraient à 398,17 km², les formations denses ne représentant que 126,64 km². Les herbiers les plus importants en étendue sont situés en Province Nord, autour de Balabio (nord-est), à Voh et dans la baie de Néhoué. Au Sud, les herbiers denses et peu profonds sont dans la zone de Moindou-Poya et autour du Cap Goulevain à Bourail. Ces valeurs sont très conservatives et la valeur haute englobant les zones à herbiers très diffus a été estimée à 936,35 km². Les herbiers profonds généralement très clairsemés sont présents dans le lagon sud-ouest et pourraient occuper 16% des fonds meubles (890 km²).

BIODIVERSITE (FAUNE ET FLORE) DES HERBIERS

La faune mobile représentée par les échinodermes est importante dans les herbiers, notamment les holothuries *Stichopus hermannii, Holothuria edulis, H. scabra, H. atra, H. lessoni, Bohadschia similis, B. argus* et plus rarement *B. tenuissima, Actinopyga miliaris, A. echinites,* les étoiles de mer *Nardoa gomophia*, *N. novaecaledoniae*, *Linckia laevigata, Protoreaster nodosus, Culcita navaeguinea* et un grand nombre d'ophiures dont *Ophiarachna incrassata, Macrophiothrix belli*. Les oursins *Echinodiscus bisperforatus truncatus*, *Mespilia globulus*, *Tripneustes gratilla*, *Toxopneustes pileolus*, *Laganum depressum* sont également présents, et les mollusques sont très nombreux : *Conus marmoreus, C. leopardus,* les lamellibranches, *Mimachlamys gloriosa* et *Pinna sp.*

La macrofaune fixée est représentée par des éponges, dont les plus communes sont *Spheciospongia vagabunda*, S. *inconstans*, *Disydea herbacea* et par des ascidies, *Didemnum molle*, *Lissoclinum voelzkowi.*



Ophiure dans un herbier. © C.Rataud

En ce qui concerne la flore algale et d'une manière générale, il n'y a pas d'espèce particulière ni exclusive de cet habitat : les espèces associées sont le plus souvent des espèces de fonds meubles, telles que les algues vertes *Halimeda macroloba*, *H. borneensis*, *H. cylindracea*, *H.opuntia*, *Udotea geppiorum*, *U. argentea*, *Avrainvillea obscura*, *A. erecta*, ainsi que de nombreuses espèces de caulerpes dont *Caulepa racemosa* et sa variété très commune *C. racemosa var. lamourouxii*, *C. taxifolia* et *C.*

sertularioides, qui se développent entre les rhizomes des phanérogames et forment une végétation très dense dans certains types d'herbiers.

Sur les substrats durs mêlés aux fonds meubles occupés par les herbiers ou en périphérie des zones sableuses, on observe de grandes algues brunes appartenant aux fucales : *Phyllotrichia decurrens*, *Sargassum spinuligerum*, *Cystoseira trinodis* et *Turbinaria conoides* ou aux dictyotales *Padina australis*, *Dictyota ceylanica*, *Lobophora variegata*. Dans les cuvettes à débris situés sur les platiers des îlots de lagon, on observe des nodules algaires (rhodolithes) *Hydrolithon reinboldii*, *Neogoniolithon fosliei*, *Neogoniolithon frutescens* ou encore *Sporolithon durum* mêlés aux rhizomes.

Les algues rouges se développent souvent en épiphytes à la surface des feuilles ou sur les rhizomes des phanérogames. Il s'agit principalement de *Laurencia* sp., *Dichotomaria obtusata*, *Actinitrichia rigida*, *Amphiroa fragilissima.*

Il y a plus de 30 espèces de coraux appartenant principalement aux familles des Faviidae, Pocilloporidae, Acroporidae, Dendrophyllidae et dont les plus caractéristiques sont *Turbinaria mesenterina, T. reniformis, Leptastrea transversa, L. inaequalis,* plusieurs *Montipora* et *Acropora, Cataphyllia jardinei*, De nombreuses espèces d'actiniaires y sont également observées dont *Actinodendron plumosum.*

Pour la faune vertébrée, plus de 60 espèces de poissons ont été observées dans les herbiers dont seulement la moitié est composée d'espèces résidentes. Les plus communes sont *Lethrinus genivittatus, L. harak, L. variegatus, Leptoscarus vaigiensis, Siganus fusceccens, Cheilio inermis, Halichoeres trimaculatus, Parupeneus heptacanthus,* auxquelles se rajoutent toutes les espèces récifales qui y séjournent de manière saisonnière et durant leur phase juvénile. Diverses espèces fréquentent les herbiers pour s'y nourrir tandis que d'autres sont uniquement de passage.

Des serpents chassent dans les herbiers : *Hydrophis ornatus*, *Emydocephalus annulatus*, *Acalyptophis peroni, Aypisurus duboisi*. Les autres reptiles sont la tortue imbriquée *Eretmochelys imbricata* ou encore la tortue verte *Chelonia mydas*.

Enfin, le dugong *Dugong dugon,* espèce remarquable, fréquente les herbiers de Nouvelle-Calédonie et forme la troisième population mondiale et la plus grande d'Océanie (Garrigue *et al*., 2004 et 2008).

PRESSIONS SUR LES HERBIERS

• *Pressions naturelles*

Les perturbations naturelles auxquelles doivent faire face les herbiers sont essentiellement les anomalies climatiques générant de fortes houles ou des pluies de dépressions tropicales ou cycloniques. Les forts mouvements d'eau peuvent entraîner les sédiments et déchausser les rhizomes en provoquant un arrachement des plantes, ou au contraire charrier de grandes quantités de sédiments meubles qui peuvent détruire les herbiers par ensevelissement.

Les herbiers associés aux îlots du lagon et se développant sur les récifs barrières et intermédiaires sont épisodiquement exposés à ce type de perturbation (*Halophila spp.*, *Halodule spp.*, *Syringodium filiforme* et *Cymodocea spp.*). Toutefois, leur taux rapide de croissance leur permet de recoloniser rapidement les zones endommagées.

Les pluies torrentielles sur le littoral peuvent charrier d'importantes quantités d'éléments d'origine tellurique qui, en se déposant aux abords des cours d'eau, peuvent recouvrir les herbiers, notamment près des embouchures. Dans ces situations, les herbiers à *Enhalus acoroïdes* sont particulièrement menacés.

Dans un contexte de changement climatique, la remontée des eaux et l'érosion subséquente des littoraux menacent directement les herbiers côtiers des petits fonds. En outre, il est à craindre que l'augmentation de la température et l'acidification des océans portent atteinte à l'intégrité des herbiers.

• *Pressions anthropiques*

Destruction physique des herbiers : Tous les travaux d'aménagement du littoral portent potentiellement atteinte aux herbiers lorsqu'ils concernent une zone occupée par cet habitat.

En Province Nord, les grands travaux d'aménagement de la zone portuaire de Vavouto et du chenal de navigation de l'usine de traitement du nickel ont fait disparaître massivement plusieurs dizaines d'hectares d'herbiers littoraux durant les opérations de dragage.

Comme ailleurs, le développement d'hôtels en bordure de plage et de leurs activités nautiques menacent directement les herbiers littoraux, souvent considérés avec les algueraies comme un frein pour la baignade. Plusieurs hectares sont ainsi menacés par des plages artificielles ou des bassins de baignade.

Le piétinement pour la pêche-collecte d'invertébrés (holothuries, crabes, poulpes, etc.), les ancres des bateaux et les engins motorisés sont sources de dommages pour les herbiers littoraux mais aussi les herbiers d'îlots et de hauts fonds (plateaux des Massacres de la région de Voh par exemple).

Eutrophisation des eaux côtières : Une mauvaise maîtrise des eaux usées domestiques est à l'origine d'enrichissements récurrents des eaux littorales dans la grande zone urbaine de Nouméa. Plusieurs épisodes de blooms d'algues vertes

(Ulvales) sur les rivages en témoignent, tout comme le développement important des épiphytes algaux et cyanobactériens sur les feuilles des phanérogames qui, à terme, altère le couvert végétal. De même, le développement de la crevetticulture et le déversement des eaux usées des bassins d'élevage pourraient être à l'origine d'une pollution du littoral dans certaines zones, mais ce phénomène n'a pas encore été confirmé.

Turbidité et envasement : Ces deux paramètres sont liés à la fois aux travaux d'aménagement côtiers qui génèrent des panaches turbides et aux eaux de ruissellement qui charrient des volumes importants de matière tellurique, en raison de la disparition du couvert végétal à cause des activités minières, agricoles, des feux de brousse et du développement accru des populations de cerfs.

La turbidité et l'envasement modifient les conditions d'existence des plantes en altérant notamment leur activité photosynthétique par une réduction de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et en favorisant le développement d'un microfilm particulaire et microbien sur les feuilles des phanérogames, à l'origine de nécroses.

Pollution chimique et par les métaux lourds : Le transfert des polluants chimiques produits par les diverses activités industrielles développées en Nouvelle-Calédonie n'a pas fait l'objet d'étude particulière. Toutefois, la surveillance de l'environnement imposée aux activités minières dans l'usine du Nord devrait donner des indications sur ces paramètres (suivis sur le transfert des métaux lourds actuellement menés par l'usine Koniambo Nickel SAS, notamment sur les invertébrés (crabes et huîtres de palétuviers)).

Surexploitation des ressources : En Nouvelle-Calédonie, certaines espèces d'holothuries (bêches de mer) ont été fortement exploitées notamment dans les herbiers de phanérogames (Léopold *et al.*, 2009). Les poulpes font également l'objet d'une pêche-collecte.

ETAT DE SANTE ET EVOLUTION

Les herbiers de phanérogames ne seront pas exposés de la même manière aux différentes perturbations selon leur situation géographique. Les sources de dégradations des herbiers sont aujourd'hui bien connues mais leur impact est très mal documenté en Nouvelle-Calédonie.

Faute de données, il est impossible d'émettre des conclusions sur l'état de santé et l'évolution des surfaces d'herbiers en Nouvelle-Calédonie. Bien qu'il existe des séries temporelles de photographies aériennes qui permettraient de faire une analyse de la situation, il sera sans doute plus délicat qu'il n'y paraît de conclure objectivement sur la nature des variations spatio-temporelles et de faire la part entre l'impact des activités humaines et les variations naturelles. En effet, les herbiers ont leur propre dynamique et leur périmètre peut évoluer sous la seule influence des conditions climatiques.

L'analyse de photographies aériennes et d'imagerie satellitales réalisées durant le travail de cartographie par Andréfouët et ses collaborateurs a permis de constater des variations temporelles dans la répartition spatiale des herbiers dans certaines régions comme l'Ile des Pins. De même, l'étude d'une série temporelle de photographies de la région de Gouaro Deva a montré le déplacement de certains herbiers et la modification de leur périmètre d'extension (Andréfouët & Payri, non publié).

RECHERCHE, ACTIONS DE GESTION ET DE CONSERVATION

Les principales actions de recherche passées et actuelles, réalisées sur les herbiers de phanérogames marines ont été menées à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et à l'Université de la Nouvelle-Calédonie (UNC). Elles concernent principalement les aspects floristique et faunistique de cet écosystème, les questions de caractérisation de l'habitat, la cartographie et le suivi de la faune ichtyologique (juvéniles et adultes).

Depuis octobre 2008, huit herbiers répartis de la côte à la barrière dans le lagon de Nouméa sont suivis mensuellement dans le cadre du Plan Pluri-annuel Formation UNC-IRD, en réponse à l'intérêt que les gestionnaires de la Province Sud leur portent. Ce suivi vise essentiellement à caractériser les herbiers, les facteurs de l'environnement et la faune ichtyologique juvénile et adulte qui la fréquente.

Le Secrétariat aux Communautés du Pacifique (SPC) s'intéresse de manière indirecte à cet écosystème à travers les travaux menés sur les espèces commerciales inféodées aux herbiers.

En ce qui concerne les actions de gestion et de conservation, une opération est en cours à l'IRD pour la « mise au point d'outils de caractérisation et de suivi des herbiers subtidaux de Nouvelle-Calédonie», dans le cadre du programme ZONECO. Les résultats alimenteront les études en cours sur les indicateurs du milieu menées par l'IFREMER à travers le projet « PAMPA » (Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de

leurs usAges) qui s'intéresse de manière indirecte aux zones comportant des herbiers.

PROTECTION ET RESTAURATION

• *Outils réglementaires*

Réglementations internationales : La faune de Nouvelle-Calédonie comporte plusieurs espèces rares ou menacées inscrites à l'annexe I de la CITES et qui fréquentent les herbiers : les dugongs et les tortues. D'autres sont en annexe II, comme les bénitiers (*Tridacna sp.*) et les coraux, qui font partie de la faune fixée des herbiers.

Réglementations régionales : Les conventions régionales de Nouméa et d'Apia sont applicables en Nouvelle-Calédonie. Elle fait partie, avec 21 pays et territoires insulaires du Pacifique et quatre pays développés, du Programme Régional Océanien de l'Environnement (PROE), organisation intergouvernementale chargée de promouvoir la coopération, d'appuyer les efforts de protection et d'amélioration de l'environnement du Pacifique insulaire et de favoriser son développement durable. Le Secrétariat gère deux programmes : le programme Écosystèmes insulaires a pour objet d'aider les pays et territoires océaniens à gérer les ressources insulaires et les écosystèmes océaniques de manière durable et propre à entretenir la vie et les modes de subsistance ; le programme Avenirs océaniens a pour objet d'aider les pays et territoires océaniens à s'organiser et à faire face aux menaces et aux pressions qui pèsent sur les systèmes océaniques et insulaires.

Réglementations nationales et locales : La réglementation nationale n'est pas applicable en Nouvelle-Calédonie où la législation en matière d'environnement est de compétence locale. Aussi, les provinces Nord et Sud se sont dotées d'un code de l'environnement avec les délibérations n° 2008-306/APN du 24 octobre 2008 relative au code de l'environnement de la Province Nord (JONC 29 décembre 2008, p. 8578) et n° 25-2009/APS du 20 mars 2009 relative au code de l'environnement de la Province Sud (JONC 9 avril 2009, p. 2590). En Province Nord, la pêche a été réglementée par la délibération N° 242-2006 APN du 1er septembre 2006. Cette mesure n'est plus en vigueur depuis le vote du Code de l'Environnement en 2008, qui l'a intégrée, avec quelques modifications.

Toutefois, certaines dispositions du code de l'environnement métropolitain sont applicables en Province Sud et sont consignées dans l'appendice 6 du code de cette province, où les herbiers sont reconnus comme étant l'un des 5 écosystèmes d'intérêt patrimonial, lorsque leur superficie est supérieure à 100 m². Ils bénéficient à ce titre de dispositions particulières de protection dans les articles 232-1, 232-5, 233-1du titre III.

Par ailleurs, plusieurs espèces (tortues, dugongs) fréquentant cet écosystème sont également protégées par l'art. 241-1. La pêche est quant à elle réglementée par le titre IV (ressources halieutiques : pêche), certains organismes fréquentant les herbiers sont concernés par cette réglementation. La pêche des picots (Siganidae) est interdite du 1er septembre au 31 janvier. La capture de 8 espèces d'holothuries, soit 4 des espèces communes dans les herbiers (*Holothuria scabra, H. lessoni, Stichopus hermannii, Actinopyga miliaris*), est réglementée, notamment par l'obligation de respecter des tailles minimales.

• *Aires marines protégées*

Dans le domaine de la protection des espaces, chaque province possède sa typologie. Les régimes juridiques de ces aires protégées ne sont pas les mêmes en dépit d'une terminologie parfois identique et nécessitent encore d'être clarifiées.

Quatre catégories d'AMP ont été définies par l'article 211-2 du Code de l'environnement de la Province Sud, calquées sur la classification de l'UICN :

- les **réserves marines intégrales** (saisonnières ou non), représentant 17.210 ha, dont la réserve "Yves Merlet" entre Yaté et l'Ile des Pins, qui s'étend sur 17.200 ha depuis 1970, la réserve des récifs Sèche-Croissant dans le lagon de Nouméa et la réserve saisonnière de l'îlot Goéland, créées pour la protection de l'avifaune (accès interdit pour la nidification des sternes).
- les **réserves naturelles marines** (saisonnières ou non, au nombre de 13), représentant une superficie de 23.758 ha, englobant des îlots aux abords de Nouméa, dans la baie de Prony et sur les communes de Bourail et de Boulouparis.
- Les **aires marines de gestion durable des ressources**, 8 au total, soit une superficie de 2.650 ha, dans lesquelles des activités commerciales ou coutumières conformes au plan de gestion approuvé peuvent être organisées.

En Province Nord, il existe aussi plusieurs catégories d'AMP classées en fonction de leur objectif de gestion principal et inspirées de la typologie d'aires protégées de l'UICN (article 211-2 du Code de l'environnement de la Province Nord) :

- une **réserve naturelle intégrale**, celle de la Baie de Nekoro, instituée en 2000. D'une superficie de 1.260 ha, elle inclut des mangroves, de vastes platiers ainsi que

des herbiers fréquentés par le dugong. Dans cette réserve, la capture ou la destruction des animaux marins (incluant les coraux), sont interdites.

- quatre **réserves de nature sauvage** (Wanga Ledane, Whan Denece Pouarape, Péwhane et Dohimen), créées en 2009 sur une superficie totale de 5.039 ha.
- une **aire de gestion durable des ressources**, créée sur le site de Hyabé-Lé Jao en 2009 et d'une surface de 5.753 ha.
- un **parc provincial**, celui de Hyega, créée en 2009 sur 656 ha.

D'autre part, il existe des zones gérées traditionnellement par les Kanak, ce qui en fait des AMP « officieuses » (Mazzéo, 2007). La Nouvelle-Calédonie comprend en tout huit aires coutumières composées entre autre d'une portion marine faisant l'objet d'une gestion quotidienne fondée sur des règles coutumières et traditionnelles.

Pour la Province des Iles, il n'existe pas encore d'aires marines protégées, mais leur création et/ou d'identification est en cours, avec le soutien du programme CRISP et de la WWF.

- ***Aires du Patrimoine Mondial***

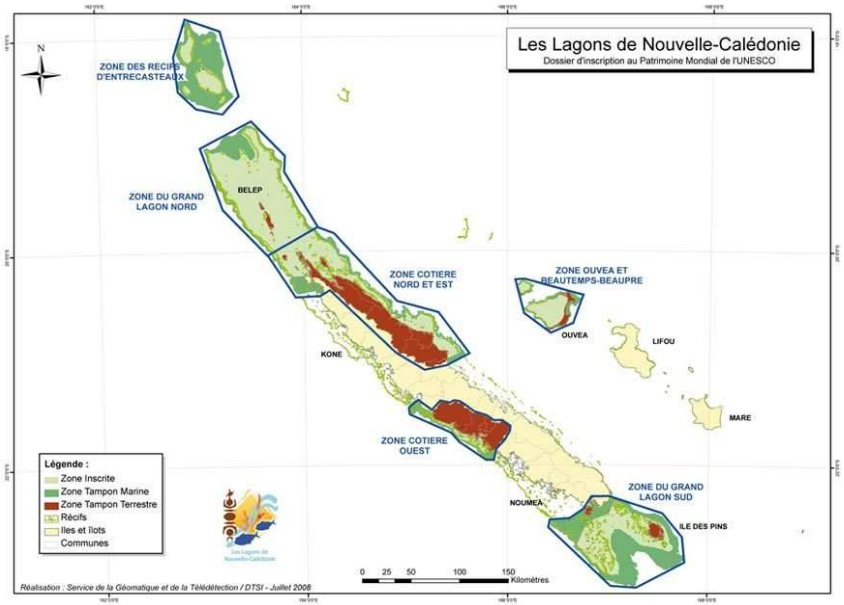
Six sites répartis sur l'ensemble de la Nouvelle-Calédonie ont été inscrits au Patrimoine Mondial de l'Humanité en juillet 2008 et représentent 15.743 km² de récifs et de lagons (carte 20). La Nouvelle-Calédonie et les 3 provinces doivent mettre en œuvre les plans de gestion des zones placées sous leur juridiction : la zone des récifs d'Entrecasteaux est gérée par la Nouvelle-Calédonie, la zone du grand lagon Nord et la zone côtière nord-est sont à la charge de la Province Nord, la zone côtière Ouest et le lagon Sud sont du ressort de la Province Sud. La zone d'Ouvéa et de Beautemps-Beaupré est confiée à la Province des Iles.

Dans le cadre de son Code de l'environnement paru en 2009, la Province Sud attribue le statut de parc marin aux sites inscrits au Patrimoine Mondial. La Province Nord n'a pas encore déterminé de statut spécifique (Lefebvre *et al.*, 2010).

Les surfaces en herbiers actuellement concernées par une protection via les AMP représentent 30,59 km², avec une répartition très inégale entre la Province Nord qui totalise 27,17 km² et la Province Sud 3,427 km². La surface protégée d'herbier tout type confondu représente 8% de la surface totale occupée par les herbiers. Toutefois, en tenant compte de la seule classe des « herbiers denses », cette valeur n'est que de 1%, ce qui est finalement peu.

Les surfaces d'herbier (tout type confondu) inscrites au patrimoine mondial totalisent 153,428 km², soit 39% de la surface totale d'herbiers de Nouvelle-Calédonie et près de 10% pour les seuls herbiers denses, soit dix fois plus que la surface actuelle concernée par les AMP. On notera cependant qu'aucun herbier du Lagon Sud n'est concerné par ce statut.

Bien qu'en Province Nord il y ait plus d'herbiers dans le périmètre des AMP ou du Patrimoine Mondial qu'en Province Sud, dans cette dernière tous les herbiers sont protégés par la réglementation prévue par le code de l'environnement.



Carte 20 : Les 6 sites du lagon de Nouvelle-Calédonie inscrits au Patrimoine Mondial de l'Humanité (Réalisation : DTSI- Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, 2008).

WALLIS ET FUTUNA

Claude Payri

LE TERRITOIRE

GEOGRAPHIE

Les archipels sont situés en Polynésie occidentale, à 2.000 km de la Nouvelle-Calédonie et à 3.000 km de Tahiti. On distingue :

- Wallis (13°16' de latitude sud – 176°10' de longitude ouest), composée d'une île principale, Uvéa et de 19 îlots,
- l'archipel de Hoorn (14°14' de latitude sud – 178°07' de longitude ouest) à 230 km, qui comprend les îles de Futuna et d'Alofi.

Uvéa est une île volcanique basse (altitude maximale : 151 m) de 78 km². Futuna et Alofi réunies, quant à elles, couvrent une superficie de 64,3 km². Futuna est une île volcanique haute sans lagon ni récif barrière, allongée dans un axe nord-ouest – sud-est et dont le point culminant est le mont Puke, à 524 m. L'île surplombe une plate-forme littorale formée par un ancien récif frangeant dont la largeur varie entre 20 et 200 m. Un chenal de 1,7 km de large la sépare d'Alofi. Le point le plus haut de cette dernière est le mont Kolofau (417 m).

POPULATION

Plus propice à l'installation humaine, Wallis concentre plus des deux tiers de la population. L'île d'Alofi, voisine de Futuna, est inhabitée. Le dernier recensement, en 2008, fait état de 13.445 habitants à Wallis et Futuna [4.238 à Futuna (31,52%) et 9.207 à Wallis (68,47%)], soit 1.500 (10%) de moins qu'en 2003. Cette chute est imputée à une baisse de la natalité et à une forte émigration (INSEE, 2009c).

Dès le milieu des années 1960, l'exploitation du nickel en Nouvelle-Calédonie, territoire francophone le plus proche, attire les migrants. Au fil des ans, cette émigration continue a favorisé l'installation définitive de Wallisiens et Futuniens sur le sol calédonien. La métropole, qui offre plus de possibilités d'emploi et de formation, attire également les jeunes. On assiste donc à un vieillissement de la population.

ECONOMIE

La part des salariés du secteur privé [commerces et services (les plus gros employeurs du secteur), artisanat de production] est passée de 42% à 48% des emplois en cinq ans, celle du secteur public (métiers de l'administration publique et de l'enseignement) s'élève à 44% des emplois en 2008. Les principales activités du secteur primaire sont l'agriculture (de type traditionnel) et l'élevage essentiellement porcin et avicole. La majeure partie des productions [agriculture et pêche (300 tonnes débarquées par an)] est destinée à l'autoconsommation et la commercialisation des produits locaux reste faible.

Le tourisme y est très limité, en lien avec les caractéristiques économiques et géographiques. L'hôtellerie et la restauration présentent une activité faible : il n'y a pas plus de 60 chambres d'hôtel et le nombre de touristes (non recensé) est très léger. Néanmoins, il existe une fréquentation régulière (3 à 4 fois par an) des îles par des touristes anglo-saxons qui arrivent par paquebot pour la journée.

Le taux de chômage atteint 12,8%, mais ce chiffre est à relativiser car ce n'est que depuis les années 2000 que les habitants peuvent se présenter auprès du Service de l'Inspection du Travail et des Affaires Sociales (SITAS) pour s'inscrire en tant que demandeurs d'emploi. Il n'y a aucune obligation d'inscription et aucun dispositif d'indemnisation n'est en place mais cette pratique rentre progressivement dans les mœurs. En outre, la plupart des Wallisiens et Futuniens en âge de travailler ont une activité de type traditionnel à visée d'autoconsommation, ou une activité temporaire, rémunérée mais non déclarée. Ces personnes se déclarent souvent inactives ou au foyer, ce qui explique en partie que le taux d'emploi y reste faible : 45% à Wallis, 28% à Futuna, contre 63% sur l'ensemble des territoires français.

Le PIB par an par habitant s'élevait à 10.100 euros en 2005 (IEOM, 2009). Les îles sont de fait assez pauvres : Elles souffrent de ressources naturelles limitées, notamment en eau douce pour Futuna, ce qui explique aussi que l'île voisine d'Alofi n'est pas habitée. Cette carence ne permet qu'une économie essentiellement rurale axée sur la pêche lagonaire artisanale et l'agriculture océanienne vivrière pour les besoins locaux. Les îles souffrent aussi de leur éloignement et leur isolement des marchés potentiels, l'environnement régional étant encore plus démuni qu'elles.

La dangerosité et les difficultés d'accès maritime aux îles, liées à leur environnement naturel dangereux, l'absence de port en eaux profondes combinée à l'éloignement des grandes routes commerciales avec les pays plus riches comme l'Australie et la Nouvelle-Zélande, la quasi-absence de produits exportables (qui oblige les cargos de fret à repartir à vide et contribue à accroître le coût des importations de produits manufacturés) ou même l'insuffisance de liaisons aériennes qui faciliterait le développement touristique contraignent ces îles à un développement difficile et nécessitant un apport constant de capitaux publics.

ORGANISATION

L'archipel a accédé au statut de territoire d'Outre-mer en 1961, après le referendum de 1959. Depuis la révision constitutionnelle du 28 mars 2003, Wallis et Futuna est une collectivité d'Outre-mer. Elle a la particularité de comprendre trois monarchies traditionnelles : le royaume d'Uvéa à Wallis, divisé en trois districts coutumiers (Hihifo, Hahake et Mua) et les royaumes d'Alo et de Sigave à Futuna. Chaque royaume est placé sous l'autorité coutumière d'un roi. Le préfet, administrateur supérieur de la collectivité, préside le conseil territorial composé des trois rois, qui sont les plus hauts représentants de l'autorité coutumière. Contrairement aux autres départements français, il n'y a pas de communes à Wallis et Futuna, mais des circonscriptions.

ENJEUX PRINCIPAUX DU TERRITOIRE

L'état de santé du milieu marin n'a fait l'objet que de peu d'études (Chancerelle, 2008) et les moyens de gestion de l'environnement sont peu développés à Wallis et Futuna. Ils sont mis en place petit à petit (IFRECOR, 2007). Les connaissances sont à améliorer. Un point à développer davantage est celui de la prise de conscience par la population et les élus de la fragilité du milieu marin. A Wallis, où les effluents domestiques et agricoles massifs et non traités sont actuellement déversés directement dans le lagon, des mesures d'assainissement sont à instaurer. Il faut appliquer les réglementations en ce qui concerne les pratiques de pêche très destructrices pour les habitats et les populations, tant dans les moyens que dans les quantités exploitées. L'érosion côtière doit être davantage maîtrisée et il faut trouver des solutions alternatives au prélèvement de matériaux coralliens et de sable pour la construction ou les remblais. Ces derniers, couplés au dragage sont responsables d'une modification du trait de côte et des courants du lagon.

ECOSYSTEMES MARINS COTIERS

Futuna et Alofi se distinguent de Wallis, par l'absence totale (cas de Futuna) ou partielle (cas d'Alofi) de lagon. En outre, il n'y a ni mangrove ni herbier à Futuna et Alofi, tandis que Wallis est riche de ces habitats.

• *Wallis*

Autour de l'île centrale s'est développé un complexe récifal presque continu, composé :

- d'un récif-barrière d'une longueur de 63 km encerclant un lagon s'étendant sur une longueur de 24 km dans une direction nord/sud et de 15 km dans une direction est/ouest,
- de récifs frangeants s'étendant jusqu'aux récifs-barrières dans la partie nord-nord est et la partie ouest de l'île.

Le lagon communique avec l'océan par quatre passes, une au sud et trois dans la partie ouest de la barrière. Le récif-barrière est dans son ensemble une formation bien définie et presque continue. Les platiers y sont très largement recouverts par des sédiments carbonatés (barrière sud-ouest), par des dépôts de débris coralliens grossiers (barrière nord/nord-ouest) ou par des champs de blocs (barrière du nord-est). La pente récifale interne ou pente de lagon est presque partout de nature sédimentaire, mais en certaines zones une ceinture étroite de coraux peut être observée sur l'arrière du platier récifal et le haut de la pente du lagon. La couronne

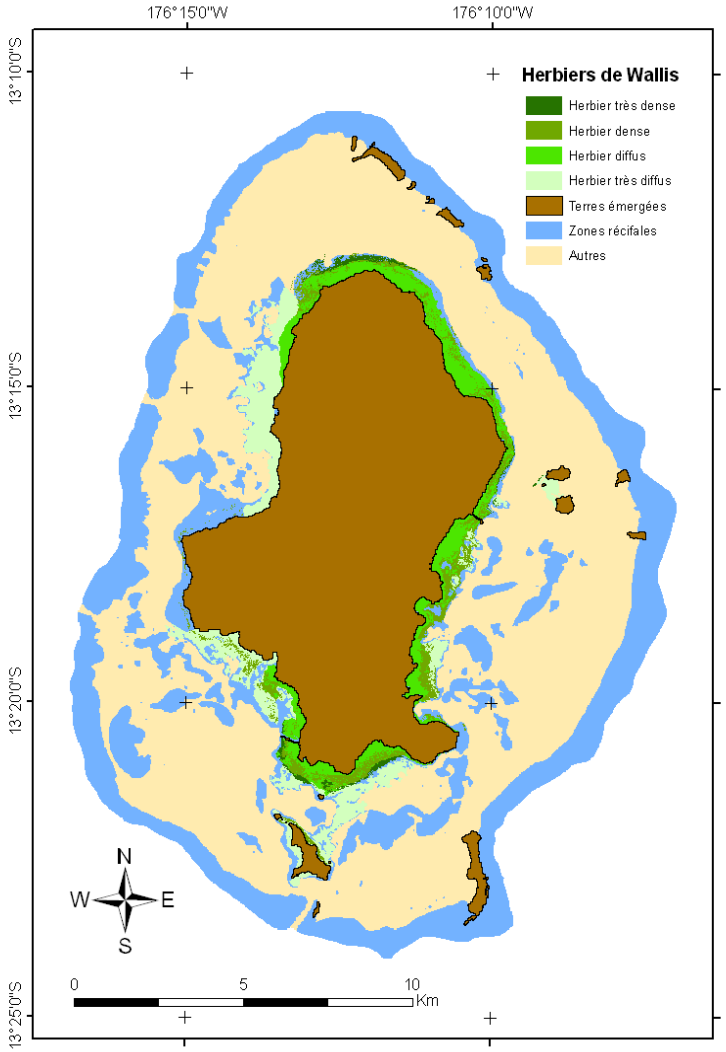
récifale est fortement dissymétrique. 19 îlots d'origine soit volcanique, soit corallienne sont présents sur la barrière orientale plus battue. Des îlots volcaniques, entourés de récifs frangeants sont présents dans les parties plus abritées est et sud du lagon.

La profondeur moyenne de celui-ci varie entre 10 et 20 m, avec des profondeurs maximales de 47 m et 52 m dans les parties est et sud-est, respectivement. En plus des îlots entourés de récifs frangeants, le lagon est encombré de formations récifales diverses, hauts fonds coralliens, pâtés récifaux, bancs sableux, dont certains, établis sur des rides de nature volcanique, n'atteignent d'ailleurs pas la surface. Ces formations coralliennes sont surtout développées dans les zones est et nord-est du lagon (au nord de Mata-Utu) ainsi que la partie ouest, entre la pointe Lausikula et la pointe Pukega.

La géomorphologie quelque peu complexe des formations coralliennes et récifales lagonaires fait que, d'un point de vue hydrodynamique, le lagon de Wallis peut être divisé en trois grandes unités ou bassins, fonctionnant de façon largement indépendante : le bassin nord et nord-ouest, entre l'île de Nukatapu et la pointe Pukega, le bassin sud-ouest, depuis la pointe Lausikula à l'île de Nukuaeta et le bassin sud-est qui comprend les baies de Mua et de Mata-Utu. Les zones lagonaires sont surtout sédimentaires avec la présence d'herbiers localement très développés. La pente externe en revanche est riche en constructions coralliennes.

Les herbiers marins constituent des formations remarquables par leur étendue dans l'écosystème récifo-lagonaire wallisien (carte 21) et justifieraient leur besoin de protection. Ils sont particulièrement développés dans les zones internes des récifs frangeants où trois espèces se succèdent depuis la plage vers l'océan : *Halodule pinifolia*, en bordure de plage, *Halophila ovalis* et *Syringodium isoetifolium*. Dans les zones barrières, seule *Halophila ovalis* a été recensée.

La mangrove est présente à Wallis dans quelques petites baies abritées et vaseuses où elle atteint une hauteur de 3 à 4 mètres sur 20.7 ha. Sa distribution est très limitée notamment sur la côte sud-ouest, entre la pointe Mua et Malaetoli, sur la côte ouest, entre Ahoa et Utuloa. De très petites surfaces en deux points de la côte est, ainsi qu'une petite dépression dans l'Ilot de Faioa ont été observées. La mangrove se présente comme une formation assez dense, ne renfermant que 3 espèces, *Bruguiera gymnorhiza, Rhizophora mangle* et *Rhizophora samoensis.* Dans la zone de transition entre la mangrove et la végétation littorale, l'espèce *Acrostichum aureum* est répandue.



Carte 21 : Répartition des différents types d'herbiers à Wallis (Réalisation : S.Andréfouët, 2010).

- ***Futuna***

Elle se caractérise par un récif-tablier au développement variable (en moyenne 100 m) et par l'absence de lagon. Le platier situé sous faible hauteur d'eau est périodiquement découvert, ce qui limite la croissance corallienne. La construction madréporique est plus active à l'extérieur du récif, sur la pente, jusqu'à 45-50m de profondeur.

- ***Alofi***

Le récif-tablier ne fait pas tout le tour de l'île : au niveau de la zone d'Alofitai, il s'écarte de la côte pour délimiter un petit récif frangeant avec un petit chenal d'une profondeur maximum de 2 à 3 m. Comme à Futuna, les coraux sont beaucoup mieux représentés sur la pente externe qu'à l'intérieur même du récif. Il n'y a pas de mangrove à Alofi.

LES HERBIERS DE WALLIS

ETAT DES CONNAISSANCES

Les études consacrées à l'écosystème lagonaire et récifal actuel de Wallis et Futuna sont relativement peu nombreuses. Les travaux les plus anciens sur l'environnement lagonaire et récifal de Wallis et Futuna sont ceux de Richard *et al.* (1982), puis ceux de l'Université de la Nouvelle-Calédonie, de l'Université de la Polynésie française et de l'IRD réalisés dans les années 2000 à 2006 à la demande du Service de l'Environnement de Wallis et Futuna. Ces travaux consistaient en des expertises biologiques sur la faune ichtyologique, les peuplements de scléractiniaires et de macrophytes de Wallis et la cartographie des habitats récifo-lagonaires de Wallis, Futuna et Alofi.

Enfin, dans le même contexte, une étude particulière d'aide à la définition d'aires marines protégées a été réalisée par l'IRD (Dalleau *et al.*, 2010).

Aucun programme spécifique n'a traité des herbiers marins de cette région. Les phanérogames marines ont été recensées à l'occasion des études sur les faunes et flores marines et la cartographie des herbiers est intégrée aux travaux réalisés sur les habitats marins à partir d'imagerie Landsat et de photographies aériennes.

Une étude de faisabilité (Verducci & Juncker, 2007) et un Diagnostic environnemental de l'île de Wallis en vue de l'établissement d'un Plan de Gestion de l'Espace Maritime (PGEM) (Egretaud *et al.*, 2007) ont été réalisés en 2007 dans le cadre du programme CRISP, donnant des informations sur les milieux naturels et les activités qui s'y déroulent. Toujours dans le cadre du CRISP, un rapport technique pour la connaissance, la gestion, le suivi et la valorisation économique des récifs coralliens sur les crustacés a été publié (Poupin & Juncker, 2008).

LES ESPECES DE PHANEROGAMES, DISTRIBUTION SPATIALE ET TRAITS PARTICULIERS DE LEUR ECOLOGIE

Trois espèces seulement ont été recensées à Wallis (Payri *et al.,* 2002). Il s'agit d'espèces à large répartition dans la région Indo-Pacifique qui sont communes au Pacifique ouest. Elles se répartissent en trois genres dont deux appartiennent à la famille des Cymodoceaceae (*Halodule pinifolia*, *Syringodium isoetifolium*) et une à celle des Hydrocharitaceae (*Halophila ovalis*) placées dans l'ordre des Alismatales (Les *et al.,* 1997).

Les trois espèces ont des répartitions spatiales assez différentes. *Halodule pinifolia* est essentiellement cantonnée aux littoraux sablo-vaseux où elle forme des herbiers soit très diffus sur le haut des plages intertidales, soit denses dans les zones plus profondes, tandis que *Syringodium isoetifolium* forme dans les fonds sablo-vaseux de faible profondeur des parties médiane et internes des récifs frangeants des herbiers toujours denses avec la canopée la plus fournie. Cette espèce est souvent accompagnée de *Halophila ovalis* et d'algues benthiques comme *Sargassum polycystum* et *Halimeda macroloba*. *Halodule uninervis,* très commune dans le Pacifique ouest, aurait été récoltée par Y. Pillon (IRD Nouméa) en bordure de l'Ile aux Lépreux, toutefois, l'identification reste à confirmer. Enfin, *Halophila ovalis* montre la distribution la plus large depuis le bas des estrans jusqu'aux récifs-barrières. Elle colonise aussi bien les fonds sableux des récifs frangeants ou les sables blancs des récifs-barrières. Les formations sont diffuses à denses et souvent mixtes avec *Syringodium isoetifolium*.

Les surfaces occupées par les herbiers à Wallis ont été estimées à l'occasion des travaux réalisés en cartographie et inventaire du système récifal par imagerie satellitaire Landsat 7 et orthophotographies aériennes à haute résolution spatiale (Andréfouët & Dirberg, 2006). Les scènes Landsat (30 m de résolution) ont permis de réaliser la typologie et les inventaires géomorphologiques alors que la typologie benthique, incluant les herbiers, a été réalisée à partir des photographies aériennes orthonormées à 2 m de résolution spatiale acquises par IGN. Les estimations ne concernent que la tranche bathymétrique 0-10 m. Toutefois, il semble qu'aucun herbier n'ait été repéré au-delà de cette limite bathymétrique. Le niveau de

résolution des images Landsat ne permet pas de discriminer les différentes espèces constituant des herbiers.

Par ailleurs, les phanérogames sont souvent accompagnées par un ensemble d'algues et les valeurs calculées sont des estimations globales des formations végétales. La typologie retenue reconnaît 4 classes 'herbier/algueraie' établies en fonction de la densité des phanérogames (très dense à très diffuse). La surface estimée pour la tranche bathymétrique 0-10 m est de 2.436 ha pour les formations denses et moyennement denses à diffuses et de 533 ha pour les herbiers très denses à denses. Il s'agit de valeurs très conservatives. Les herbiers les plus importants en étendue sont situés le long du littoral dans les régions nord, est et sud de l'île.

BIODIVERSITE (FAUNE ET FLORE) DES HERBIERS

Peu de données sur la faune des herbiers marins de Wallis sont disponibles, bien que la macrofaune soit riche et diversifiée et qu'ils jouent un rôle important dans l'écosystème récif-lagon de Wallis. Ces zones d'herbiers affichent une biomasse végétale très élevée et une production active. Le benthos y est abondant : crustacés, mollusques (trocas *Trochus niloticus*, arches *Anadara spp*., grisettes *Gafrarium spp*. et moules *Modiolus spp*.), éponges, juvéniles de poissons, etc.



Culcita novaeguineae, étoile de mer abondante à Wallis. © J-L.Menou

Les poissons des herbiers côtiers sont représentés par des espèces caractéristiques, notamment des carnivores benthiques, consommateurs des nombreux invertébrés présents dans ces biotopes. Il s'agit principalement de Lethrinidae (*Lethrinus sp.*), Nemipteridae (*Scolopsis trilineatus*), Mullidae (*Parupeneus multipfasciatius*), Labridae (*Novaculichthys taeniourus*) Balistidae (*Rinecanthus aculeatus*) et Tetraodontidae (*Arothron hispidus*).

L'étude du peuplement ichtyologique de Wallis (Vanai, 2000) révèle que les herbiers présentent la diversité la plus faible (38 espèces/station), une densité relativement élevée (2,14 poissons/m²) et la biomasse la plus faible (8,47g/m²) par rapport à la pente externe et au lagon. En comparaison, la zone du lagon la plus riche renferme 47,5 espèces/station, une biomasse de 42,46 g/m² et une densité de 3,69 poissons/m².

La flore algale associée très riche et très diversifiée (126 espèces) (Ministère de l'Outre-mer, 2006) a été bien documentée dans ces formations. Elle est représentée par de nombreuses rhodophytes : *Gracilaria textorii*, *Hypnea charoides, H. cervicornis, Sarconema filiforme, Acanthophora spicifera, Spyridia filamentosa, Tolypocladia glomerulata*, des chlorophytes communes et abondantes telles que *Valonia fastigiata*, *Halimeda opuntia*, *H. macroloba*, *H. minima, H. borneensis, Caulerpa sertulariodes* et en moindre importance *Chaetomorpha linum*, *Anadyomene sp.*, *Borgesenia forbesii* et *Valonia aegagropila*, et par quelques phaeophycées : *Dictyota bartayresiana*, *D. divaricata*. A l'arrière des herbiers et notamment dans la zone nord et est de l'île, on note généralement la présence d'une ceinture à *Sargassum polycystum* où se mêlent plus rarement *Turbinaria ornata* et *T. conoides.*

PRESSIONS SUR LES HERBIERS

• *Pressions naturelles*

Les impacts des pressions naturelles sur les récifs coralliens et les lagons de Wallis et Futuna sont mal documentés. Les phénomènes de réchauffement des eaux liés au phénomène "El Niño" ne sont pas connus, seuls les impacts des séismes (e .g. séisme de 1993, durant lequel il y eu une surrection des platiers récifaux de Futuna d'environ 50 cm) ou les épisodes de marée particulièrement basses (mars 1998) entraînant l'émersion des platiers et une mortalité consécutive des organismes ont été signalés. En outre, de part sa situation géographique dans la zone intertropicale, le territoire subit régulièrement des dépressions tropicales.

- ***Pressions anthropiques***

Erosion et sédimentation : L'érosion et la perte de fertilité des sols, résultant des aménagements et des pratiques culturales (cultures sur brûlis en alternance avec des périodes de jachères) souvent sur de très fortes pentes, figurent parmi les problèmes d'environnement majeurs du territoire. Le ruissellement des eaux pluviales est accéléré, ce qui conduit à des phénomènes érosifs importants.

Les risques d'érosion sont naturellement beaucoup plus grands, du fait de la topographie, à Futuna et secondairement à Alofi, qu'à Uvéa. La morphologie des deux premières îles limite la superficie des zones qui peuvent être mises en culture et conduit les habitants à pratiquer des cultures sèches, après défrichements forestiers (technique du brûlis), sur de très fortes pentes, souvent supérieures à 50%. Ces phénomènes sont amplifiés lors des grosses pluies.

On ne connaît pas l'impact de ces activités sur le récif mais compte tenu des connaissances sur ce phénomène dans d'autres îles, on peut penser que la dégradation des peuplements au niveau des atterrissements sédimentaires n'est pas négligeable, notamment sur les zones frangeantes occupées par les herbiers ou par les formations coralliennes.

Pollution : La surveillance de la qualité des eaux du lagon fait état d'une pollution fécale significative dans les zones littorales habitées et en particulier dans le village de "Malaefoou" (Wallis) où se trouvent de nombreux élevages de porcs. Le traitement des eaux usées domestiques par des installations autonomes ne répond pas aux normes et les eaux usées en sortie de fosse ne sont pas conformes aux préconisations nationales sur les eaux rejetées dans la nature. L'amélioration des conditions de vie de la population a engendré une production de déchets plus importante. Des centres d'enfouissement techniques ont été installés en 2000 à Uvéa et en 2008 à Futuna.

Des rejets d'hydrocarbures peuvent également survenir dans les zones de mouillage et sur le littoral en raison de l'accroissement significatif du trafic maritime dans les eaux lagonaires de l'île de Wallis notamment. Un suivi de la qualité des eaux littorales est en place.

Aménagements côtiers : Les extractions de matériaux coralliens, sur les plages ou dans le lagon, qui correspondent à des besoins en matériaux de construction ou de remblais, ont eu lieu à Wallis et à Futuna. La turbidité au niveau des zones d'extractions est importante et le trait de côte a reculé de plus de 100 mètres à certains endroits de l'île de Wallis (zone d'Utuleve).

Pour lutter contre l'érosion du littoral, d'importants travaux d'enrochements réalisés sans étude d'impact préalable sur la quasi totalité de la façade est de l'île de Wallis (soit environ 15 km) ont fait disparaître les plages de l'île. Ils sont désormais contrôlés par le Service de l'Environnement. Certaines mangroves ont été complètement détruites suite à des remblais, à des constructions et à des extractions de sable.

Exploitation des ressources : Outre les poissons, divers organismes pouvant composer la faune des herbiers entrent, de façon saisonnière, dans la consommation courante des Wallisiens et sont collectés sur les récifs : mollusques, crustacés, échinodermes.

Le troca était exporté en grande quantité vers la Nouvelle-Calédonie, surtout dans les années 1980 où apparaissaient des signes de surexploitation car les stocks étaient très modestes (Richard *et al.*, 1982). Ils continuent d'être récoltés surtout sur la côte ouest de l'île, bien qu'il y en ait du nord au sud. La baisse des stocks en 2004 a conduit le Service de l'Environnement à imposer un quota annuel de 34 tonnes (Chauvet *et al.*, 2005). Les coquillages de collection sont également ramassés et les holothuries exploitées pour l'export.



Pêche à pied au sud de Wallis. © SNC Pae Tai – Pae Uta

ETAT DE SANTE ET EVOLUTION

Dans le diagnostic environnemental réalisé dans le cadre du programme CRISP, il est évoqué que le lagon de l'île de Wallis est en très bon état, notamment parce qu'il reste malgré tout peu exploité. Les différentes études et les suivis ne mettent pas en exergue de déclin, d'origine anthropique ou non. Les herbiers sont en bonne santé, hormis sur certains sites, trop exploités voire dégradés par la pêche. Dans ces zones, les herbiers peuvent avoir subi une régression importante (Egretaud *et al.,* 2007).

RECHERCHE, ACTIONS DE GESTION ET DE CONSERVATION

Aucun organisme de recherche n'est installé sur le territoire. Les actions de recherche locales sont conduites par le Service de l'Environnement. Il s'agit essentiellement d'acquisition de données sur les principaux groupes biologiques et les habitats pour permettre aux autorités coutumières d'élaborer les programmes de gestion et de conservation des zones marines protégées.

Les travaux de recherche réalisés à la demande du territoire sont menés depuis l'extérieur par l'IRD de Nouvelle Calédonie, l'Université de Nouvelle Calédonie, l'Université de Polynésie Française, le CIRAD et l'Ecole Pratique des Hautes Etudes de Perpignan.

Le plan d'action Biodiversité 2006-2010 du Ministère de l'Outre-mer pour Wallis et Futuna portait sur les 4 axes suivants (Ministère de l'Outre-mer, 2006) :

- Amélioration des connaissances
- Sensibilisation et vulgarisation
- Mise en place d'une politique de gestion
- Intégration de la biodiversité dans les politiques publiques

Une volonté d'en connaître plus sur les écosystèmes de Wallis et Futuna, jusqu'à présent peu étudiés, est exprimée et déjà à l'œuvre.

PROTECTION ET RESTAURATION

• *Outils réglementaires*

Réglementations internationales : Sur le territoire, aucune mesure d'application locale des conventions internationales n'a encore été prise. C'est un travail important pris en compte dans le Code de l'Environnement pour que le territoire soit en conformité avec ces conventions internationales.

Réglementations régionales : Les conventions régionales d'Apia et de Nouméa y sont applicables. Wallis et Futuna font partie du PROE et du CPS (Secrétariat Général de la Communauté du Pacifique) avec lesquels il participe aux programmes mis en œuvre tout en sollicitant leurs expertises si besoin.

Réglementations nationales et locales : Le territoire est compétent en matière d'environnement. Pendant longtemps, aucune réglementation spécifique n'était en place en dehors d'un certain nombre d'arrêtés interdisant les pratiques de pêche destructrices (utilisation d'explosifs, de poison, de barre à mine), ou réglementant la pêche sous-marine ou en scaphandre autonome ainsi que la taille commerciale de certaines espèces. Depuis 2007, Wallis et Futuna sont dotées d'un Code de l'Environnement adopté par l'Assemblée Territoriale, ainsi que d'un SAGE depuis 2010.

Les autorités coutumières édictent en cas de besoin des interdictions de certaines activités mais cette procédure est rarement utilisée. Par ailleurs, le manque de moyens de surveillance au niveau des autorités coutumières, rend peu efficaces ces directives.

• *Aires marines protégées*

Il existe actuellement deux petites aires marines protégées coutumières à Wallis : le récif-barrière est, dit du Trou de la Tortue, situé entre les îlots Nukuhione et Nukuifala, et Lano sur le littoral. Elles représentent respectivement 40 et 25 ha. L'AMP de Lano concerne en partie un herbier de type 'algueraie/herbier' moyennement dense à diffus.

En marge de ces AMP existantes, le Service de l'Environnement a cherché à étendre ces aires de conservation à d'autres zones de l'île. Un travail d'aide à la définition d'aires marines protégées a été réalisé par l'IRD (Dalleau *et al.*, 2010) mais aucune mesure ne paraît avoir encore été prise. Le PGEM est dans sa troisième phase, qui consiste en un lancement officiel, une concertation avec les acteurs et la population, une élaboration du PGEM et sa présentation publique.

POLYNESIE FRANCAISE

Claude Payri et Julie Duchêne

LE TERRITOIRE

GEOGRAPHIE

La Polynésie française est située dans l'hémisphère sud, au centre de l'Océan Pacifique. Elle s'étend sur environ 2.500.000 km², soit une superficie aussi importante que celle de l'Europe. Toutefois, la surface totale des terres émergées n'est que de 3.726 km². Composée d'archipels qui comptent au total 118 îles (84 atolls et 34 îles hautes volcaniques), dont 76 seulement sont habités, la Polynésie française est riche d'une zone économique exclusive (ZEE) de 5.500.000 km², soit la moitié du domaine maritime français. L'ensemble de ces îles est réparti dans 5 archipels :

- l'archipel des Marquises, composé d'une douzaine d'îles s'étirant du nord au sud sur 350 km. Seules six sont actuellement habitées par une population beaucoup moins importante qu'autrefois. Les terres les plus proches sont les atolls de Puka Puka et Napuka, à 450 km. Le pic Hanaï, 1.260 mètres, est le sommet le plus haut de cet archipel ;
- l'archipel des Tuamotu, le plus vaste de la Polynésie française n'est composé que d'atolls (76) et a une superficie de 800.000 km² ;
- l'archipel des Gambier, rattaché administrativement à celui des Tuamotu. Le point culminant de la ville principale de Mangareva, enfermée dans un très vaste lagon, est le mont Duff à 441 mètres de haut ;
- l'archipel de la Société [îles du Vent (Tahiti, Moorea et Tetiaroa) et îles Sous le Vent (Raiatea, Tahaa, Huahine, Bora-Bora et Maupiti)]. Il comprend l'île "haute" de Tahiti, la plus grande de Polynésie française (1.051 km² de terres émergées, 228 km² de récifs et lagons et 203 km de périmètre récifal), avec son mont Orohena qui culmine à 2.241 m d'altitude. Elle abrite la ville de Papeete, centre administratif et commercial de la Polynésie française. Cette île est la plus habitée du territoire ;
- l'archipel des Australes, constitué de cinq îles hautes. Le point culminant est le mont Parahu, qui s'élève à 1.450 mètres.

POPULATION

Au dernier recensement, qui date de 2007, la Polynésie française comptait 264.736 habitants. Les moins de 15 ans représentent 30 % de la population et 43,1 % ont moins de 20 ans. Elle est très inégalement répartie entre les îles : 32 des 84 atolls sont inhabités. La majorité de la population se concentre dans les îles de la Société, particulièrement à Tahiti et Moorea (75 %). La commune de Faaa sur l'île de Tahiti compte le plus grand nombre d'habitants (28.339 habitants), loin devant Papeete, la capitale, et Punaauia.

ECONOMIE

L'économie polynésienne repose essentiellement sur le secteur tertiaire (plus de 70% des emplois). Bien qu'elle connaisse des difficultés depuis quelques années, la perliculture reste le deuxième secteur de l'économie polynésienne. L'exportation est dominée par celle des perles noires issue de la culture de l'huître perlière, *Pinctada margaritifera*. En 2006, 6,4 tonnes pour une valeur de 78 millions d'euros ont été exportées. L'activité perlière fait vivre plus de 5.000 personnes dans les îles.

Le tourisme, qui représente la première industrie, s'affirme comme étant l'instrument prioritaire du développement et occupe près de 9% de la population active et sa contribution avoisine les 20% du PIB, avec ses 500 millions d'euros de bénéfices. La capacité hôtelière a triplé entre 1971 et 2006, où l'on pouvait recenser 52 hôtels (3.436 unités hôtelières) et 1.297 pensions chez l'habitant. La politique territoriale a consisté à développer principalement le tourisme haut de gamme. L'artisanat local doit être considéré également comme une partie intégrante du développement du tourisme.

Enfin, le secteur de la pêche a connu une profonde mutation au début des années 90, qui l'a fait passer d'un stade artisanal à un stade industriel, permettant ainsi le développement d'une filière d'exportation de poissons en Polynésie française. La pêche et l'exploitation du coprah sont les deux activités traditionnelles dans les îles des archipels polynésiens disséminées sur de vastes étendues marines. Les importations quant à elles concernent pour 24% les matières premières, 18% des produits agricoles et 18% des consommables divers.

Le produit national brut par habitant est très important, près de 20.000 US $ en 2005, au regard des autres pays insulaires de la région où il est inférieur à 7.000 US $. Le taux de chômage en Polynésie française a été estimé à 11,7% en 2007 par l'Institut de la statistique de la Polynésie française.

ORGANISATION

La Polynésie française est une collectivité d'Outre-mer, actuellement régie par la loi organique du 27 février 2004. L'administration des fonctions régaliennes (défense, police, justice, trésor) y est assurée par l'État, représenté localement par un Haut-commissaire de la République, qui représente aussi chacun des membres du gouvernement. Il a la charge des intérêts nationaux, du respect des lois, des engagements internationaux et du contrôle administratif. Son rôle est aussi d'assurer l'ordre public et de concourir au respect des libertés publiques ainsi que des droits individuels et collectifs en Polynésie française. En tant que délégué du gouvernement, il est responsable de la conduite de l'action de l'Etat en mer. Il exerce les fonctions de préfet de la zone de défense.

ENJEUX PRINCIPAUX DU TERRITOIRE

Ils sont essentiellement relatifs au développement du tourisme en Polynésie française : la construction des infrastructures hôtelières a fortement perturbé le milieu littoral : extraction de matériaux coralliens, remblaiement de zones frangeantes, modification des lignes de rivages, pollutions diverses, etc. Ce sont surtout les récifs coralliens qui en pâtissent, étant quasiment l'unique écosystème marin côtier.

Le prix du mètre carré de terrain en bordure de mer et l'indivision, véritable instiution en Polynésie française, conduisent les particuliers à étendre leur terrain en remblayant l'espace lagonaire peu profond au droit de leur propriété.

ECOSYSTEMES MARINS COTIERS

- ***Récifs coralliens***

En Polynésie française, sur les îles volcaniques, le littoral est occupé par des récifs coralliens qui forment des récifs frangeants séparés généralement du récif-barrière par des lagons peu profonds s'apparentant le plus souvent à des chenaux de navigation. Les barrières sont entrecoupées de passes situées généralement au droit des rivières actuelles. Les sédiments sont soit d'origine volcanique et forment dans certaines îles de grandes plages de sable noir (côte nord est de Tahiti) sur les côtés ouvertes sur l'océan, soit coralliens sur les littoraux qui bordent les récifs. Sur les îles basses coralliennes ou atolls, la couronne récifale entoure une zone lagonaire centrale dont la profondeur est très variable d'un atoll à l'autre et dont le fond est généralement occupé par des sédiments carbonatés et des massifs coralliens. Certains s'érigent jusqu'à la surface du lagon pour former des pinacles. Les couronnes récifales sont entrecoupées ou non de chenaux (hoa) et de passes qui assurent la circulation de l'eau entre l'océan et le lagon. Les seules parties émergées sont les îlots coralliens (motu) boisés dispersés sur la couronne récifale.

L'archipel des Tuamotu est entièrement constitué d'atolls de taille et de degré d'ouverture variable de l'un à l'autre. Quelques atolls sont également présents dans l'archipel de la Société. En revanche, aux Marquises, en raison de l'histoire géologique et tectonique des îles, il n'y a pas de récifs formant une barrière de corail. La barrière fossile se trouve immergée par 80 m en moyenne de profondeur (Cabioch *et al*., 2008). Les formations coralliennes actuelles sont dispersées sur les flancs des îles (Andréfouët *et al*., 2005, 2008).

- ***Mangroves***

En dépit des grandes surfaces sédimentaires côtières et lagonaires, le littoral polynésien n'abrite pas de mangroves naturelles. Leur existence est toujours remise en question. Les sources documentaires remontent jusqu'à 1780 et les informations les plus récentes à ce sujet précisent en 1975 la présence de *Rhizophora stylosa* à Moorea, en association avec *Acrostichum aureum*, qui atteint 3 mètres de haut (Taylor, 1979). Les mangroves se trouvent essentiellement sur la côte ouest, à Haapiti (île de Moorea) et à Bora-Bora. À Tahiti, la présence de mangroves vers la presqu'île est elle aussi attestée par des documents. Il est fort probable que ces espèces aient été introduites à partir d'autres régions du Pacifique.

En 1933, quelques centaines de pieds de palétuviers *Rhizophora Stylosa* ont été introduits à Moorea en provenance de Nouvelle-Calédonie. Deux études menées en 1987 et 2003 (Cavaloc, 1987 ; Salvat & Cavaloc, 1989 ; Fauchille, 2003) indiquent à 16 ans d'intervalle que le nombre de palétuviers a quintuplé (16.000 en 2003) mais que le rivage de 49 km n'est occupé qu'à 5,2% par une mangrove peu diversifiée, sur une surface totale de 4,2 hectares (0,09% du lagon).

- ***Herbiers***

Il n'y a pas de formation d'herbiers de phanérogames marines en Polynésie française à proprement parler : on trouve tout au plus des tapis très fragmentés et plus ou moins diffus sur les accumulations sableuses dans les chenaux, en bordure de vasques ou en fond de baie. Seules deux espèces appartenant au genre *Halophila* ont été recensées.

LES HERBIERS DE POLYNESIE FRANÇAISE

ETAT DES CONNAISSANCES

A notre connaissance, aucune étude n'a été consacrée spécifiquement aux phanérogames marines de Polynésie française. Elles ont été signalées en 1992 dans les Tuamotu (Charpy *et al.*) et le peuplement d'un herbier à *Halophila decipiens* a été étudié à Tahiti (Frouin, 1996). Elles ont été observées au cours des études sur la flore marine de Polynésie (Payri *et al.,* 2000 ; Moorea Biocode Program, 2008). Plus récemment, à l'occasion d'un inventaire botanique des atolls des Tuamotu, les phanérogames marines des petits fonds ont été prises en compte et publiées pour les Tuamotu de l'ouest (Butaud, 2009). En outre, elles constituent une mosaïque de tâches diffuses qui sont difficiles à cartographier.

LES ESPECES DE PHANEROGAMES, DISTRIBUTION SPATIALE ET TRAITS PARTICULIERS DE LEUR ECOLOGIE

Seules deux espèces du genre *Halophila* (*H. decipiens et H. ovalis)* ont été recensées dans les archipels de la Société et des Tuamotu, sur les sédiments peu profonds des baies ou dans les chenaux. La prospection mériterait d'être étendue à un plus grand nombre d'îles et d'archipels pour confirmer cette situation de pauvreté en espèces qui est sensiblement comparable à l'archipel de Hawaii où deux espèces du genre *Halophila*, *H. hawaiiana* (espèce endémique) et *H. decipiens* ont également été recensées.

En Polynésie française, *Halophila decipiens* est relativement commune dans les fonds de chenaux et jusqu'à 60 m de profondeur. Elle affectionne plutôt les fonds sablo-vaseux où elle forme des populations diffuses notamment dans les îles de la Société (Moorea, Tahiti). *Halophila ovalis* est présente dans l'archipel des Tuamotu sur la plupart des sables lagonaires, dans les zones peu profondes. Les surfaces occupées par les herbiers n'ont jamais été estimées en Polynésie française.



Halophila ovalis. © J-L Menou

BIODIVERSITE (FAUNE ET FLORE) DES HERBIERS

L'herbier d'*Halophila decipiens* situé dans une bordure de chenal du lagon nord-est de Tahiti présente une plus grande diversité spécifique que dans les zones non végétalisées et une biomasse deux fois supérieure, en particulier de bivalves (*Corbula tahitensis, Chlamys elegantissima, Venus toreuma*). Les analyses comparatives de la faune soulignent l'originalité du peuplement de l'herbier abritant de nombreux invertébrés suspensivores et déposivores sélectifs qui profitent du rôle joué par les phanérogames pour augmenter le taux de matière organique et de particules fines dans ces eaux oligotrophes.

PRESSIONS, ETAT DE SANTE ET EVOLUTION DES HERBIERS

• *Pressions naturelles*

Les pressions naturelles s'exerçant sur les herbiers en Polynésie française peuvent être dues aux tsunamis, ayant pour origine les zones de subduction du pourtour Pacifique. Les vagues arrivant à très grande vitesse peuvent provoquer des dégâts dans les zones faiblement pentues, sans récifs coralliens les protégeant et dans les baies, à cause de leur amplitude qui augmente à l'approche des côtes.

Les cyclones, qui seraient liés au phénomène El Niño, peuvent être une cause de nuisance aux herbiers polynésiens peu profonds, notamment par la force de la houle et des pluies diluviennes. Les prévisions laissent présager une intensification de ces phénomènes à l'avenir.

• *Pressions anthropiques*

Des crises dystrophiques pouvant causer une anoxie des eaux et le dépôt de phytoplancton sur les feuilles des phanérogames ont eu lieu dans plusieurs îles de la Société. Elles se produisent souvent en période de temps calme lors d'un certain confinement des eaux du lagon et ont pour origine une surcharge en nutriments du milieu (Salvat *et al.,* 2008). Ces phénomènes sont probablement liés à l'augmentation de la population et au développement de l'activité touristique.
En outre, le tourisme est à l'origine de travaux d'aménagements côtiers, de diverses pollutions et d'utilisations variées du milieu dans lequel vivent les herbiers.

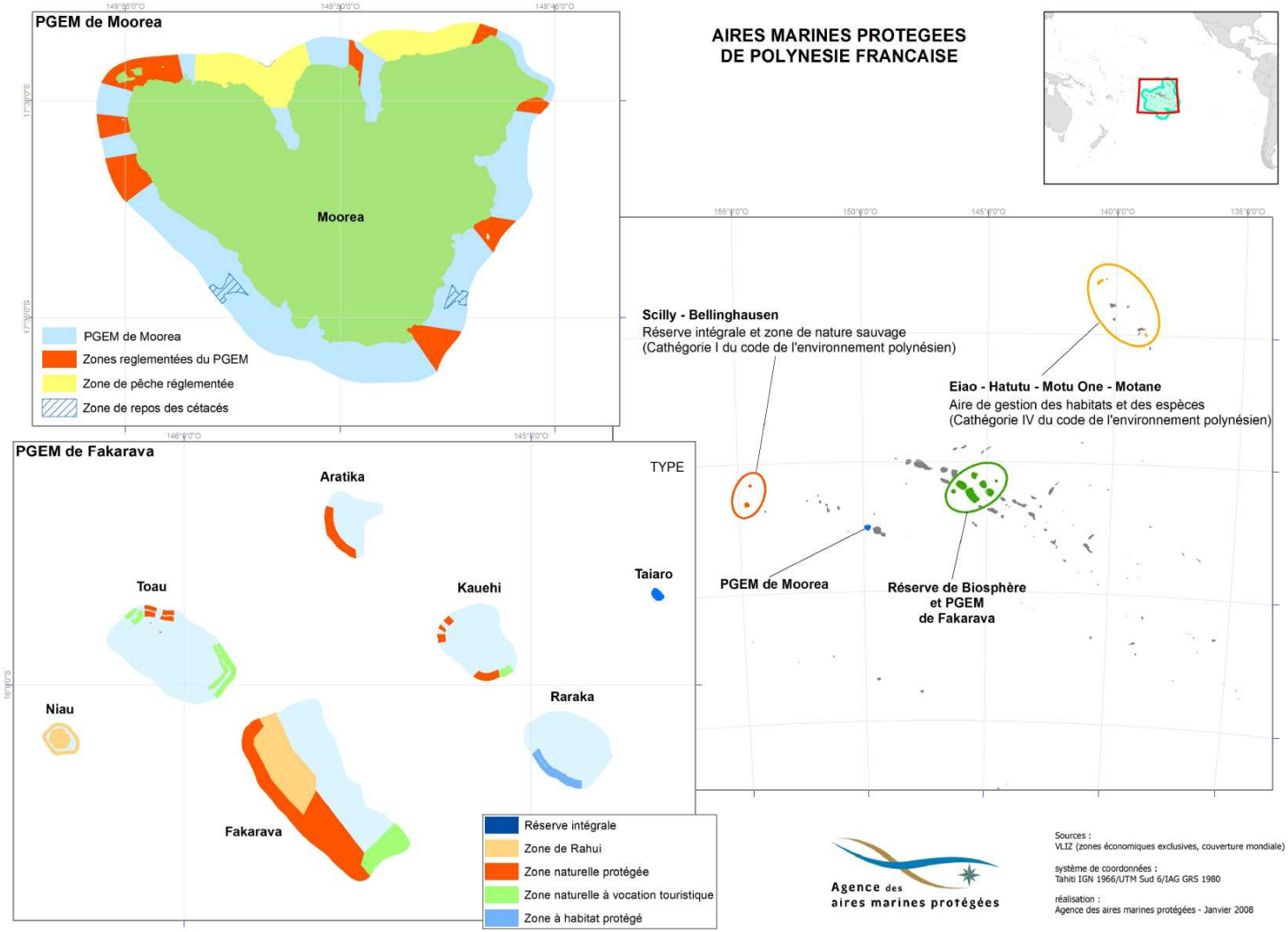
L'exploitation des ressources lagonaires (poissons, coquillages) peuvent nuire au bon fonctionnement des herbiers. Certains stocks de poissons des récifs et lagons de Tahiti sont très probablement surexploités et ceux de Moorea menacés. Toutefois, dans la plupart des atolls, la ressource est en bon état de conservation (Salvat *et al.*, 2008).

RECHERCHE, GESTION ET PROTECTION

Du fait de la faible colonisation des herbiers de phanérogames marines en Polynésie française, aucun programme de recherche les concernant n'est en cours.

Certains herbiers sont préservés par le biais de la présence d'AMP en Polynésie française. En effet, l'île de Moorea (archipel de la Société) est dotée d'un Plan de Gestion de l'Espace Maritime (PGEM) depuis 2004, allant du rivage à la pente externe jusqu'à 70 mètres de profondeur. Son lagon a été classé en site RAMSAR (5.000 ha).
Depuis 2007, la commune de Fakarava (archipel des Tuamotu), composée de sept atolls différents, possède elle aussi un PGEM. C'est également une réserve Man and Biosphere.
Ces deux PGEM intéressent des AMP de nature variée, présentées sur la carte 22.

En outre, la Convention d'Apia relative à la protection de la nature et la Convention de Nouméa sur la protection des ressources naturelles et de l'environnement y sont applicables. La Polynésie française est membre du PROE.



Carte 22 : Les AMP en Polynésie française (Réalisation : AAMP, 2008,
d'après des données du Service de l'Urbanisme, du Service de la Pêche et de la Direction de l'Environnement de Polynésie française).

SYNTHESE – CONCLUSION

Christian Hily

Au même titre que les coraux et les mangroves, les herbiers de phanérogames marines présentent un grand intérêt écologique, patrimonial et rendent de nombreux services écosystémiques, en particulier par leur rôle d'aire de ponte, de nourricerie et d'alimentation pour beaucoup d'espèces d'invertébrés et de poissons d'intérêt commercial. Ils constituent aussi un attrait particulier pour les activités de loisir et la conservation des espèces emblématiques comme les tortues et les dugongs. Les herbiers marins sont des écosystèmes très productifs permettant le développement d'une forte biodiversité faunistique et floristique. En amortissant les houles et en piégeant les sédiments, ils contribuent ainsi à protéger le littoral de l'érosion.

Ce premier bilan des herbiers de phanérogames marines réalisé à l'échelle de l'Outre-mer français souligne tout l'intérêt de considérer cet écosystème à cette large échelle. Il permet de souligner la diversité des situations environnementales dans lesquelles ils se développent, le grand nombre d'espèces de phanérogames concernées, et la richesse des peuplements associés. Cette approche à grande échelle permet aussi de mettre en évidence d'une part les grands traits communs, en particulier sur les enjeux et menaces, naturelles et anthropiques, et d'autre part des points particuliers et originaux dans certains territoires.

Toutes les familles de phanérogames marines sont présentes en Outre-mer français, hormis celle des Posidoniaceae. On compte 19 espèces de phanérogames appartenant à 8 genres (sur un total de 13), pour une surface proche de 68.400 ha (environ 7% de la surface des herbiers dans le monde), sans compter les îles Eparses et la Polynésie française, dont les superficies ne sont pas connues. Le tableau 3 donnant les surfaces d'herbier est donné à titre informatif. En effet, les démarches de cartographie des herbiers ne sont homogènes ni dans la méthodologie ni dans l'effort d'observation et de moyens consentis pour leur estimation. Il faut rappeler ici les difficultés méthodologiques et techniques pour caractériser l'emprise spatiale des herbiers d'espèces de petite taille (*Halophila spp.* par exemple), des herbiers en petites taches dispersées, ou enfin des herbiers aux densités de pieds faibles. L'absence de cartographie et donc d'estimations de surface dans les îles Eparses et en Polynésie française rend ainsi très probable une légère sous-estimation des chiffres présentés ci-dessous.

Tableau 3 : Résumé des caractéristiques des herbiers de phanérogames marines en Outre-mer français

	Archipel de la Guadeloupe	Saint Martin	Saint Barthélemy	Martinique	Iles Eparses	Mayotte	La Réunion	Nouvelle Calédonie	Wallis et Futuna	Polynésie française	TOTAL Outre-mer	TOTAL monde
Nombre de familles	2	2	2	2	3	3	1	4	2	1	5	6
Nombre de genres	4	4	4	4	7	8	2	6	3	1	8	14
Nombre d'espèces	6	6	6	7	7	11	2	11	3	2	19	68
Superficie estimée des herbiers (ha)	13.313	6.152	176	4.956	?	760	13	40.000	2.969	?	± 68.339	500.000
Rapport surface herbiers / terres émergées (%)	8	71	8	4		2	0,01	2	21			

Si l'on considère le rapport entre la taille des îles et la surface occupée par les herbiers, Saint-Martin est la première classée, tandis que c'est La Réunion qui possède les herbiers les moins étendus. La Nouvelle-Calédonie totalise la plus grande superficie d'herbiers de tout l'Outre-mer français, puisqu'elle possède à elle seule 40.000 ha, soit près de 60% de la surface totale d'herbiers marins de l'Outre-mer français. C'est aussi elle qui compte le plus grand nombre d'espèces de phanérogames marines, avec Mayotte, qui possède une grande diversité malgré une superficie relativement petite. La Réunion et la Polynésie française n'ont que deux espèces différentes, sur des surfaces réduites.

L'une des pressions majeures sur les herbiers de phanérogames marines est liée à l'utilisation d'engins de pêche traînants (pêche au djarifa à Mayotte par exemple). Les mouillages et les hélices des bateaux (notamment aux Antilles), ou encore le piétinement par les baigneurs (à La Réunion, dans le lagon de N'Gouja à Mayotte) et par les pêcheurs à pieds (Antilles, Nouvelle-Calédonie, Wallis et Futuna) sont aussi des causes importantes de régression des herbiers. De plus, ils sont victimes de l'urbanisation croissante des littoraux, sans distinction des territoires : les travaux de remblaiement (Antilles, Polynésie Française, Nouvelle-Calédonie), de dragage ou d'extraction de matériaux destinés à la construction (Mayotte, Polynésie Française, Wallis et Futuna) réduisent les surfaces qu'ils occupent, parfois très rapidement. L'érosion des sols liée à la déforestation (Antilles, Mayotte), à l'industrie minière (Nouvelle-Calédonie) et à l'urbanisation induit un envasement et une augmentation de la turbidité qui limitent l'extension des herbiers en profondeur dans les secteurs les plus proches du littoral. L'excès de sels nutritifs apportés par les rivières et les effluents dans les lagons favorise le développement de phytoplancton et d'algues épiphytes sur les feuilles des phanérogames, ce qui réduit la lumière disponible et modifie les conditions d'oxydo-réduction des sédiments.

Les cultures et les besoins des populations locales, très variables d'un territoire à l'autre, expliquent que les problèmes environnementaux sont considérés de manière différente : à certains endroits, l'habitude est prise d'exploiter le milieu, sa préservation reste secondaire, comme à Wallis où les réglementations en matière d'environnement sont non seulement peu nombreuses mais aussi très mal appliquées. A contrario, plusieurs zones marines sont depuis des générations protégées traditionnellement par des tribus kanak en Nouvelle-Calédonie, notamment sur la côte est.

En outre, même si le phénomène n'est pas encore avéré Outre-mer, les modèles climatiques prévoient un réchauffement et une élévation du niveau de la mer, qui, couplés à une intensification des phénomènes cycloniques dans les tropiques (surtout en Polynésie française), risque d'induire une régression des herbiers.

Les valeurs des surfaces occupées par les herbiers ne sont bien évidemment pas fixes et ont une dynamique naturelle. Outre la dynamique liée à la variabilité naturelle (appelée aussi stabilité dynamique), des tendances d'évolution peuvent être marquées à moyen ou à plus long terme. D'une manière générale, les observations suggèrent des régressions de surface et des dégradations plutôt que des augmentations. Dans le but de contrôler ces diminutions, plusieurs territoires d'Outre-mer ont mis en place des AMP ou des zones de gestion de nature différente, souvent pour préserver les écosystèmes coralliens en premier lieu :

Archipel de la Guadeloupe : Réserve naturelle nationale du Grand Cul-de-sac Marin (site RAMSAR), réserve naturelle nationale de Petite-Terre.
Saint-Martin : Réserve naturelle nationale de Saint-Martin.
Saint-Barthélemy : Réserve naturelle nationale de Saint-Barthélemy.
Martinique : 7 cantonnements de pêche, projet de parc naturel marin.
La Réunion : Réserve naturelle nationale marine de La Réunion.
Mayotte : Sites du Conservatoire du littoral de la Vasière des Badamiers-Lagune de Fangoujou, cantonnement de pêche de la passe en S et de N'Gouja, parc de Saziley, arrêté préfectoral de protection de biotope de la plage de Papani, parc naturel marin de Mayotte.
Iles Eparses : Europa et archipel des Glorieuses classés en réserves naturelles préfectorales, futur parc naturel marin aux Glorieuses.
Nouvelle-Calédonie : 3 réserves marines intégrales, 13 réserves naturelles marines, 8 aires marines de gestion durable des ressources en Province Sud et 1 réserve naturelle intégrale, 1 aire de gestion durable des ressources, 4 réserves de nature sauvage et un parc provincial en Povince Nord. Patrimoine Mondial de l'Humanité.
Wallis et Futuna : Trou de la Tortue et Lano.
Polynésie Française : Plans de Gestion de l'Espace Marin de Moorea et de Fakarava.

Les mesures de gestion instaurées dans ces AMP ne peuvent que concourir à la préservation des herbiers, même s'ils ont été bien souvent relégués au second plan, tout comme les mangroves, par rapport aux récifs coralliens. En effet, les herbiers

sont encore très peu considérés en termes de conservation : il n'existe pas de réglementation internationale spécifique à la protection des herbiers. Leur importance dans le maintien de la biodiversité, leur productivité et les ressources qu'ils abritent restent sous-estimées même si tout récemment le Millenium Ecosystem Assessment met en avant les nombreux services écosystémiques rendus par les herbiers. Seules trois espèces de phanérogames marines sont sur la liste rouge de l'UICN : *Halophila johnsonii* et *Halophila baillonis* (classées Vulnérable) et *Phyllospadix serrulatus* (classée Rare). Néanmoins, certains herbiers de l'Outre-mer français sont reconnus, au même titre que d'autres habitats marins, dans la convention internationale RAMSAR relative aux zones humides ainsi que dans les conventions des mers régionales (convention de Carthagène - Caraïbes ; convention de Nairobi-Afrique de l'Est ; convention d'Apia, Nouvelle-Calédonie).

Les herbiers sont également préservés de manière indirecte grâce à l'ensemble des lois visant à protéger le milieu marin, tel que celles portant sur l'amélioration de la qualité de l'eau (SDAGE aux Antilles, à La Réunion, à Mayotte), sur l'aménagement des territoires (ex. : loi Littoral dans les DROM), sur les pratiques de pêche, la protection des récifs coralliens, des mangroves ou de quelques espèces, comme dans la convention internationale de Bonn pour la conservation des espèces migratrices qui permet de conserver ou de restaurer l'habitat d'espèces menacées comme les tortues, les dugongs, etc.

De plus, une forte dynamique s'est créée avec la mise en place de l'Agence des Aires Marines Protégées. Associées à l'impulsion donnée par les directives européennes (Natura 2000, DCE, Stratégie Milieu Marin), les AMP sont en phase de redéfinition et surtout d'extension avec en particulier les parcs naturels marins (en place à Mayotte, en cours aux Glorieuses, en projet en Martinique). Les herbiers sont maintenant reconnus largement dans les problématiques de conservation du milieu marin : il y a lieu d'être raisonnablement optimiste sur l'avenir de leur état de santé écologique si ces outils de conservation nouvellement créés se révèlent efficaces pour diminuer les fortes perturbations qui s'y exercent, sous la pression grandissante des activités humaines sur le milieu côtier.

Il reste que le niveau des connaissances demeure largement insuffisant pour bien comprendre le fonctionnement des herbiers eux-mêmes, celui des peuplements associés, de leur biodiversité et des services écosystémiques qu'ils rendent à l'Homme. C'est très probablement sur ce point que les efforts de recherche devraient se porter dans les années futures.

Vers un Observatoire des herbiers de l'Outre-mer français

A l'issue de cette synthèse, une démarche coordonnée pour l'ensemble des herbiers de l'Outre-mer français paraît maintenant être l'étape ultérieure, étape nécessaire pour poursuivre l'effort de cohérence engagée par la France au niveau de ses récifs coralliens et de ses mangroves. Dans ce contexte, la mise en place d'un observatoire des herbiers est essentielle pour que la caractérisation et l'évolution de leur état écologique dans chaque territoire puissent être replacées dans un ensemble cohérent basé sur des protocoles standardisés.

Dans les différents territoires, quelques suivis sont déjà en place, mais il est important de les intégrer dans une approche plus globale. La mise en place de parcs naturels marins, l'existence de réserves marines, la mise en place de suivis de la qualité des masses d'eaux dans le cadre de la DCE dans les DROM mobilisent déjà des personnes compétentes sur le terrain pour effectuer les échantillonnages. Les objectifs de ces démarches sont bien entendu différents les uns des autres, mais la recherche d'un dénominateur commun, de protocoles standardisés pour un certain nombre de paramètres, pourrait être la première étape pour élaborer cet observatoire des herbiers. Les gestionnaires des milieux lagonaires et littoraux de l'Outre-mer français, aidés par les scientifiques, disposent de moyens techniques et logistiques pour effectuer des relevés selon des protocoles simples et à basse fréquence (une à deux fois par an), sur quelques stations représentatives des conditions d'un territoire. De telles approches sont déjà opérationnelles sur de nombreux herbiers dans d'autres parties du monde.

La France se doit de conserver durablement ses écosystèmes coralliens, atouts déterminants de ses territoires d'Outre-mer. Le suivi de la dynamique et de l'évolution des herbiers est un pilier de cette conservation. Il permettra en effet de disposer d'états comparatifs actualisés de la qualité des différents herbiers, de détecter précocement des signaux d'alarme d'érosion de la biodiversité et de faciliter la prise de décisions rapides pour remédier aux problèmes identifiés par ces diagnostics réguliers. Ces suivis à long terme de l'écosystème des herbiers seront donc aussi essentiels pour garantir l'exploitation durable des ressources des lagons en préservant les services de régulation, de prélèvement et culturels qu'ils rendent aux sociétés vivant dans ces territoires d'exception.

Bibliographie

Aliaume C., 1990. *Ichtyofaune des herbiers à Thalassia du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe. Organisation spatio-temporelle du recrutement. Liaison avec les variables de l'environnement*. Thèse de doctorat, Université de Paris VII, 226 pp.

Aliaume C., Lasserre G., Louis M., 1990. *Organisation spatiale des peuplements ichtyologiques des herbiers à Thalassia du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe*. Hydrobiol. Trop. 23 (3) : 231-250.

Aliaume C., Louis M., Lasserre G., 1993. *L'écosystème des herbiers à Thalassia testudinum en Guadeloupe (Antilles françaises) : relations entre le recrutement des poissons et l'habitat*. Acta oecologia, 14(5) : 627-641.

Andréfouët S., Chauvin C., Spraggins S., Torres-Pulliza D., Kranenburg C., 2005. *Atlas des récifs coralliens de Polynésie française*. 38 pages + 86 planches. IRD et Service de la Peche de Polynesie francaise, Nouméa.

Andréfouët S., Chagnaud N., Chauvin C., Kranenburg C., 2008. *Atlas des récifs coralliens de France Outre-Mer*. Centre IRD de Nouméa, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 153 pp.

Andréfouët S., Payri C., Kulbicki, Scopélitis J., Dalleau M., Mellin C., Scamps M., Dirberg G. 2010. *Mesure, suivi et potentiel économique de la diversité de l'habitat récifo-lagonaire néo-calédonien : inventaire des herbiers, suivi des zones coralliennes et rôle des habitats dans la distribution des ressources en poissons de récifs.* Rapport Conventions Sciences de la Mer – Biologie Marine, IRD Centre de Nouméa / ZoNéCo., 121 pp.

Arnaud J.P., Aboutoihi L., Gigou A., Guezel R., Saindou K., Salaun P., Ybrahim B., 2009. *Richesses de Mayotte - Parc naturel marin de Mayotte : les orientations*, Mission d'étude pour la création d'un parc naturel marin à Mayotte, Agence des aires marines protégées, 28 pp.

Augris C., Assor R., Clabaut P., Grotte A., Ondreas H., 1992. *Cartes des formations superficielles du plateau insulaire de la Guadeloupe, avec ses îles environnantes et Saint-Martin.* Dix feuilles à l'échelle 1/25 000. Edition IFREMER et Conseil Général de la Guadeloupe.

Baelde P., 1990. *Differences in the structure of fish assemblages in Thalassia testudinum beds in Guadeloupe, French West Indies, and their ecological significance.* Mar. Biol., 105 : 163-173.

Baelde P., 1986. *La faune ichtyologique du lagon du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe. Structure des peuplements et contribution à l'étude de la biologie d'Archosargus rhomboidalis (Sparidae) et d'Ocyurus chrysurus (Lutjanidae)*. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille II, 225 pp.

Baelde P., Louis M., 1987. *Croissance et production des juvéniles d'Ocyurus chrysurus (Poisson, Lutjanidae) dans un herbier en Guadeloupe*. Proc. 38th Gulf and Caribbean Fisheries Institute Congress, Martinique, 1985, pp 452-468.

Ballorain K., 2005. *Structure et fonctionnement d'un herbier marin soumis à l'herbivorie d'une population de tortues vertes (Chelonia mydas),* Diplôme d'Etudes Supérieures de Sciences Naturelles, Univ. Bordeaux 1, 105 pp.

Bandeira S.O., 1995. *Marine botanical communities in southern Mozambique : Seagrass and seaweed diversity and conservation*. Ambio 24 (1995), pp. 506–509.

Barans E., 1990. *Etude des herbiers de Phanérogames marines du Grand Cul-de-Sac Marin (Guadeloupe, Antilles françaises). Biomasse, productivité et estimation de la répartition par télédétection*. Rapport de DEA. Université de Bretagne Occidentale, 37 pp.

Battistini R., 1978. *Les récifs coralliens de la Martinique. Comparaison avec ceux du sud-ouest de l'océan Indien*. Cah. ORSTOM, sér. Océanongr., 16(2) :157-177.

Battistini R., Gayet J., Jouannig G., Labracherie M., Peypouquet J-P., Pujol C., Pujol-Lamy A., Turon J-L., 1976. *Etude des sédiments et de la microfaune des Iles Glorieuses (canal de Mozambique)*, Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol. 8, n° 2, p 147-171.

Bigot L., Garnier R., Lapegue J., 1999. E*xpertise environnementale du milieu marin lagunaire sur le site de la Vasière des Badamiers (Mayotte)*. ARVAM / Conservatoire du Littoral et des Rivages, 55 pp.

Bocquené G., 2002. *Bilan ponctuel de la présence des effets des pesticides en milieu littoral martiniquais en 2002*. Le Robert : IFREMER, 39 pp.

Borum J., Duarte CM., Krause-Jensen D. and Greve TM., 2004. *European seagrasses : an introduction to monitoring and management*, EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses (M & MS), 95 pp.

Bouchon C. et Laborel J., 1986. *Les peuplements coralliens des côtes de la Martinique*. Ann. Inst. Océanogr., Paris, 62(2) :199-237.

Bouchon C., 1978. *Etude quantitative des peuplements à base de Sclératiniaires des récifs coralliens de l'archipel des Mascareignes (océan Indien occidental)*, Thèse Univ. Aix-Marseille II, 2 vol. 206 pp.

Bouchon C., 1990. *La dégradation du milieu marin*. Pp. 189-195. *In* : La Grande Encyclopédie de la Caraïbe. Tome 5 : Le monde marin. Editions Sanoli, 207 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., 1987a. *Etude de l'environnement de la région ouest du Grand Cul-de-Sac Marin (Guadeloupe)*. Rapport CEMINAG : 19 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., 1987b. *Les communautés marines de la lagune Simpson (Saint Martin)*. Rapport CEMINAG, 9 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., 1988. *Les communautés marines de la Pointe Arago (île de Saint Martin)*. Rapport CEMINAG, 10 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Louis M., 1993. *Etude des communautés marines de la Pointe de Folle-Anse (Marie Galante)*. Rapport CEMINAG, 15 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., 1994. *Changes in the coastal fish communities following hurricane Hugo in Guadeloupe Island (French West Indies)*. Atoll Research Bulletin, 422 : 1-19.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., 2002. *Les écosystèmes marins côtiers des Antilles.* Pp 21-43. In : La pêche aux Antilles. Martinique et Guadeloupe. Éditions de l'IRD, Paris. 299 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., 2003a. *Les communautés marines des baies de Marigot, la Potence et Grand Case (Saint-Martin)*. Rapport CEMINAG, 33 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., 2003b. *Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe*. Rapport UAG/DIREN, 56 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., 2004. *Étude des communautés marines de la région de Eastern Point (Saint-Martin)*. Rapport CEMINAG, 12 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., Mège S., 1991. *Les communautés marines du récif de Saint-François (Guadeloupe)*. Rapport CEMINAG, mars 1991, 11 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., Monti D., 1998a. *Étude préliminaire relative à l'aménagement de haltes légères de Plaisance sur le littoral guadeloupéen*. Rapport BIOS / CEMINAG, 33 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., Monti D., 1998b. *L'environnement marin aux abords du port de Grand Bourg (Marie-Galante*). Rapport BIOS / CEMINAG, juillet 1998, 30 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., Monti D., 1998c. *L'environnement marin aux environs du port de Port-Louis (Guadeloupe)*. Rapport BIOS / CEMINAG, juillet 1998, 25 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. Louis M., Philippot V., Renoux A., 1986. *Étude de l'environnement marin de la région de Grand Bourg à Marie-Galante*. Rapport CEMINAG, 29 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., 1987. *Les communautés marines de la baie Nettlé et de l'ouest de la lagune Simpson (Saint Martin)*. Rapport CEMINAG : 9 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., 1992. *Etude de l'environnement marin aux abords de Gustavia (île de Saint-Barthélemy)*. Rapport CEMINAG, juillet 1992, 16 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Chauvaud S., Louis M., 1995a. *L'environnement marin côtier des îles de Petite Terre (Guadeloupe)*. Juillet 1995, 21 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Imbert D., Louis M., 1991. *Effets de l'ouragan Hugo sur les communautés côtières de Guadeloupe (Antilles françaises)*. Ann. Inst. Océanogr., Paris, 67 (1) : 5-33.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Imbert D., Louis M., 1998d. *Diagnostic écologique des étangs de Saint-Barthélemy*. Rapport CEMINAG, décembre 1998, 60 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Louis M., 1990. Les *biocénoses marines côtières de l'île de Saint-Barthélémy.* Dossier scientifique pour la création d'une réserve marine : 21 pp.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Louis M., 1995b. Les *biocénoses marines côtières de l'île de Saint-Martin.* Étude scientifique pour la création d'une réserve naturelle. Rapport UAG, janvier 1995, 41 pp.

Bouchon C., Boutry M., 2001. *Carte des biocénoses marines côtières de la Basse-Terre de l'île de la Guadeloupe*. Colloque de l'IFRECOR (Initiative française pour l'étude des récifs coralliens), Sainte-Luce, Martinique, 10-15 décembre 2001.

Bouchon-Navaro Y. ; Bouchon C. ; Louis M., 1992. *L'ichtyofaune des herbiers de phanérogames marines de la baie de Fort-de-France (Martinique, Antilles françaises)*. Cybium, 16(4) : 307-330.

Bouchon-Navaro Y., 1997. *Les peuplements ichtyologiques récifaux des Antilles. Distribution spatiale et dynamique temporelle*. Thèse de doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, 242 pp.

Bouchon-Navaro Y., Bouchon C., Kopp D., Louis M., 2006. *Weight-length relationships for 50 species collected in seagrass beds of the lesser Antilles.* Journal of Applied Ichtyology, 22 : 322-324.

Bouchon-Navaro Y., Bouchon C., Louis M., 2004. *L'ichtyofaune des herbiers de Phanérogames marines des Antilles françaises : intérêt de leur protection*. Revue d'Ecologie (terre et vie), 59 : 253-272.

Bouchon-Navaro Y., Bouchon C., Louis M., Legendre P., 2005. *Biogeographic patterns of coastal fish assemblages in the West Indies*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 315 (1) : 31-47.

Bouchon-Navaro Y., Louis M., Bouchon C., 1996. *Trends in fish species distribution in the West Indies*. Proc. 8th International Coral Reef Symposium. Panama. Vol. 1 : 987-992.

Bouchon-Navaro Y., Louis M., Bouchon C., 1997. *Les peuplements ichtyologiques côtiers des Antilles*. Cybium, 21 (1) : 107-127

Boudouresque C.F & Verlaque M., 2002. *Biological pollution in the Mediterranean Sea : invasive versus introduced species*. Mar.Pollut. Bull. Vol.44, no. 1, pp. 32-38.

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., p 1-202.

Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Meinesz A., 1984. *Relations entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de Posidonia oceanica dans la baie d'Elbu (Corse).* Int. workshop on *Posidonia* beds, Boudouresque C.F. edit., Gis Posidonie publi., Marseille, 1 : 185-191

Bourmaud C., 2003. *Inventaire de la biodiversité marine récifale à La Réunion*, rapport ECOMAR, MNHN, ARVAM, IREMIA/ETIC, WWF Marseille pour le compte de l'APMR, 137 pp.

Boutry M., 2001. *Cartographie des biocénoses marines côtières de la Basse-Terre de la Guadeloupe. Diagnostic écologique et pressions anthropiques*. Rapport DESS Université des Antilles et de la Guyane, 60 pp.

Bouvet G., Ferraris J., Andréfouët S. 2003. *Evaluation of large-scale unsupervised classification scheme for the reconnaissance of shallow marine ecosystems in New Caledonia*. Oceanol Acta 26, 281-290.

Brossard M., Imbert D., Menard S. et Cuny P., 1991. *La mangrove de la baie de Fort-de-France : relations sols-végétations et dynamique actuelle*. Rapport, PNUE.

Brugneaux S., Pierret L. et Mazataud V., 2004. *Les agressions d'origine anthropique sur le milieu marin côtier et leurs effets sur les écosystèmes coralliens et associés à la Martinique*, Les cahiers de l'observatoire N°1, Observatoire du Milieux Marins Martiniquais, 96 pp.

Bugajny E., 2007. *Essai d'échantillonnage conjoint des poissons et de la faune benthique des herbiers de Phanérogames marines dans le Grand Cul-de-Sac Marin (Guadeloupe)*. Rapport de Master 2 « Biodiversité tropicale », Université des Antilles et de la Guyane, 48 pp.

Butaud J.F., 2009. *Tuamotu de l'Ouest - Guide floristique*. Direction de l'environnement. Editions Au Vent des Iles. Tahiti. 52 pp.

Cabioch G., Montaggioni L., Franck N., Seard C., Sallé E., Payri, CE., Pelletier B. and Paterne, M., 2008. *Successive reef depositional events along the Marquesas foreslopes (French Polynesia) since 26 ka*. Marine Geology, 250(3-4) : 157-179.

Calichiama D., 2002. *Les poissons des herbiers de Phanérogames marines des Antilles : distribution spatiale et recrutement des juvéniles*. DEA de l'Université des Antilles et de la Guyane, 39 pp.

CAREX, 1999. *Cartographie de la frange littorale et du milieu marin peu profond de la Guadeloupe et des îles proches (La Désirade, île de la Petite Terre, Marie Galante, Les Saintes)*. Rapport DIREN, 78 pp.

CAREX, 2001a. *Cartographie de la frange littorale et du milieu marin peu profond de la Guadeloupe et des îles proches (Saint-Martin, Saint-Barthélemy)*. Rapport DIREN, 59 pp.

CAREX, 2001b. *Cartographie des fonds marins sur le secteur de la Riviera, de Gosier à Saint-François*. Rapport DIREN, 48 pp

Cavaloc E., 1987. *Colonisation des Rhizophora (Palétuviers) récemment introduits à Moorea (Société, Polynésie française)*. Bilan de répartition 1987 et conséquences écologiques. *RA*, 23 : 1-43.

Cesa F., 1998. *Etude de la variabilité spatiale de la biodiversité des fonds meubles d'un herbier du lagon de Nouvelle-Calédonie.* Conservation de la biodiversité en milieu tropical. DESS (Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisé) : Gestion de la Planète, Développement Durable et Environnement, Université de Nice-Sophia Antipolis (UNSA), 91pp.

Chancerelle Y., 2008. *Les récifs coralliens de Wallis et Futuna : suivi biologique, état de santé et perspectives d'avenir*, Rev. Écol. (Terre Vie), vol. 63 : 133-143.

Chauvaud S., 1997. *Cartographie par télédétection à haute résolution des biocénoses marines côtières de la Guadeloupe et de la Martinique. Estimation de la biomasse et de la production primaire des herbiers à Thalassia testudinum*, Thèse de doctorat de l'université de Bretagne Occidentale, 257 pp.

Chauvaud S., 2001. *Cartographie des biocénoses marines côtières de la réserve naturelle de Saint-Barthélemy.* Rapport TBM, 22 pp.

Chauvaud S., 2007. *Cartographie des biocénoses marines et terrestres de la réserve naturelle de Saint-Martin.* Rapport TBM, 31 pp.

Chauvaud S., Bouchon C., Manière R., 1998. *Remote sensing techniques adapted to high resolution mapping of tropical coastal marine ecosystems (coral reefs, seagrass beds and mangrove). Int. J. Remote Sensing,* 19 (18) : 3625-3639.

Chauvaud S., Bouchon C., Manière R., 2001. *Cartographie des biocénoses marines de Guadeloupe à partir de données SPOT (récifs coralliens, Phanérogames marines, mangroves). Oceanologica Acta,* 24 (1) : 1-14.

Chauvaud S., Le Bellour A., Diaz N., 2005. *Cartographie des biocénoses marines côtières du lagon du Grand-Cul-de-Sac Marin*. Rapport Parc National de la Guadeloupe, 24 pp.

Chauvet C., Lemouellic S., Juncker M., 2005. Première étude du peuplement de trocas(*Trochus niloticus*) des zones coralliennes de

Wallis. Rapport de mission juil. 2004. UNC-LERVEM / Préfecture de Wallis et Futuna, 46 pp.

Chevillon C., 2005. *Caractérisation des fonds et habitats benthiques par système de discrimination acoustique dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie*. Rapport ZONECO, 75 pp.

Ciccione S., Bourjea J., 2007. *Les tortues marines des Iles Eparses*, Lettre d'information des TAAF, n°25, p 2.

Ciccione S., Bourjea J., Quillard M., Chanfi D., 2006. *Assistance à l'0bservatoire des Tortues Marines (OTM) de la Collectivité Départementale de Mayotte pour l'encadrement et la formation des agents sur des programmes d'étude et de sensibilisation à la conservation des tortues marines et leurs habitats*, Rapport d'étape, 36 pp.

Clavier J., Garrigue C., 1999. *Annual sediment primary production and respiration in a large coral reef lagoon (SW New Caledonia)*. Marine Ecology. Progress Series, 191 : 79-89.

Commission Européenne, 2007. Lignes *directrices pour l'établissement du réseau Natura 2000 dans le milieu marin*. Application des directives «Oiseaux» et «Habitats», 131 pp.

Conservation International, 2008. *Economic Values of Coral Reefs, Mangroves, and Seagrasses : A Global Compilation*. Center for Applied Biodiversity Science, 23 pp.

Courboulès J., Manière R., Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Louis M., 1992. *Imagerie spatiale et gestion des littoraux tropicaux : exemple d'application aux îles Saint-Barthélemy, Saint-Martin et Anguilla.* Photo-interprétation, 1991/92-1 : 5-8.

Cruz-Palacios V. et Van Tussenbroek B. I., 2005. *Simulation of hurricane-like disturbances on caribean seagrass bed*, Journal of experimental Marine Biology and Ecology, 324: 44-60.

DAF, 2006. *Atlas des mangroves de Mayotte*, 145 pp.

DAF, 2007. *SDAGE de Mayotte : Etat des lieux.* Dossier Provisoire.

Dahlgren R.M.T., Clifford H.T., Yeo P.F., 1985. *The families of the monocotyledons: Structure, evolution and taxonomy*. Sringer Verlag, Berlin

Dalleau M., Andréfouët S., Wabnitz C., Payri C., Wantiez L., Pichon M., Friedman K., Vigliola L., Benzoni F., 2010. *Efficient coral reef conservation planning in Pacific Ocean Islands using habitats as surrogates of biodiversity*. Conservation Biology, 24, 541-552.

Davis R., Short FT., 1997. *An improved method for transplanting eelgrass, Zostera marina L*., Aquatic Botany n° 59, p 1-16.

Délépine R., Maugé L. A. & Padovani G., 1976. *Observations écologiques et climatologiques dans les îles Europa, Glorieuses et Tromelin*. Biologie marine et exploitation des ressources de l'océan Indien occidental. Saint Denis, La Réunion, *ORSTOM*.

Delord E., 2004. *Etat de santé des biocénoses marines (récifs coralliens et herbiers de Phanérogames marines) de l'île de Saint-Barthélemy et mise en place d'un SIG environnement*. DESS, Université des Antilles et de la Guyane, 95 pp.

den Hartog C., 1970. *The Seagrasses of the world*. Amsterdam : North-Holand Publishing Co., Amsterdam.

den Hartog C., 1987. *Wasting disease and other dynamic phenomena in Zostera beds*, Aquatic Botany vol. 27, p 3-14.

Diaz N., 2000. *Croissance de poissons récifaux d'intérêt halieutique en relation avec leur environnement aux Antilles*. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, 308 pp.

Dight IJ., Scherl LM., 1997. *The International Coral Reef Initiative (ICRI) : Global priorities for the conservation and management of coral reefs and the need for partnerships*, Coral Reefs vol. 16, p139-147.

Dinhut V., Nicet J-B., Quod J-P., 2008. *Suivi et état de santé 2007 des récifs coralliens de Mayotte*, Rev. Ecol. (Terre Vie), vol. 63, p 103-114.

Dirberg G., Chevillon C., Mattio L., Andréfouët S., Payri C., 2006, *Cartographie des algueraies à Sargasses : Approche optique et acoustique*, ZoNéCo et Centre IRD de Nouméa, 24 pp.

DIREN, 2003. D*ocument de prise en considération pour le classement des Iles Eparses en Réserve Naturelle Nationale*, 115 pp.

DIREN, 2005. *Projet de Réserve Naturelle sur les formations récifales de la côte ouest de La Réunion*, Rapport de présentation au CNPN, 50 pp.

DIREN, 2008. *Chiffres clés de l'environnement de Martinique*, Direction régionale de l'Environnement de Martinique, 51 pp.

Duarte C.M., 2002. *The future of seagrass meadows*. Environ. Conserv n° 29, p 192–206.

Duarte C., Dennison W., Orth R., Carruthers T., 2008. *The Charisma of Coastal Ecosystems : Addressing the Imbalance*, Estuaries and Coasts : J CERF vol. 31, p 233–238.

Egretaud C., Jouvin B., Fare H., Quinquis B., 2007. *Diagnostic environnemental de l'île de Wallis en vue de l'établissement d'un PGEM*, CRISP, 62 pp.

Faccioli F., 1996. *The morphological restoration of the Venice Lagoon*, Quaderni trimestriali, Consorzio Venezia Nuova, suppl. 3-4 p 1-24.

Fauchille A., 2003. *Colonisation des palétuviers - Rhizophora stylosa- sur l'île de Moorea, Polynésie française : Bilan de répartition et incidence écologique*. RA, 111 : 1-43.

Faure G., 1982. *Recherche sur les peuplements de scléractiniaires des récifs coralliens de l'archipel des Mascareignes (océan Indien occidental)*. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille II.

Ferrel D.J., Bell J.D., 1991. *Differences among assemblages of fish associated with Zostera capricorni and bare sand over a large spatial scale*. Mar. Ecol. Progr. Ser. 72: 15-24

Fontan E., 2009. *Les herbiers subtidaux de Nouvelle-Calédonie : caractérisation à différentes échelles*. Rapport M2, IRD Centre de Nouméa/Université Perpignan, Nouméa. 58 pp.

Frazier S., 1999. *Ramsar Sites Overview. A Synopsis of the World's Wetlands of International Importance*. Wetlands International. 58 pp.

Frouin P., 1996. *Structure et fonctionnement des écosystèmes benthiques dans les lagons soumis aux perturbations anthropiques : le lagon de Tahiti, Polynésie française*. Papeete : Université Française du Pacifique, Th. Ecologie Marine. 206 pp.

Garrigue C., 1987. *Les macrophytes benthiques du Lagon Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie (cartes des principaux groupements)*. Rapports Scientifiques et Techniques Sciences de la Mer 46 ORSTOM, Nouméa, 122 pp.

Garrigue C., Patenaude N., 2004. *Statut de la population de dugongs en Provinces Nord et Sud de Nouvelle-Calédonie*. Rapport final ZONECO, 57 pp.

Garrigue C., Patenaude N., Marsh H., 2008. *Distribution and abundance of the dugong in New Caledonia, South West Pacific Marine.* Mammal Science, 24 (1) : 81-90.

Gigou A., Dinhut V., Arnaud J.P., 2009. *Richesses de Mayotte - Parc naturel marin de Mayotte : un patrimoine naturel d'exception*, Mission d'étude pour la création d'un parc naturel marin à Mayotte, Agence des aires marines protégées, 58 pp.

Gravier-Bonnet N., Bourmaud C., 2005. *Hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) of coral reefs: preliminary results on community structure, species distribution and reproductive biology in the Îles Glorieuses (South West Indian Ocean)*. Proceed. 10th ICRS, Okinawa, Japan.

Gravier-Bonnet N., Boullet V., Bourjea J., Ciccione S., Rolland R., 2006. *Rapport de mission Europa*, 20 pp.

Green EP., Short FT., 2003. *World Atlas of Seagrasse*s, prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre, University of California Press, 298 pp.

Guerniou A., Nicet J.-B., 2001. *Inventaire des herbiers marins du récif frangeant de Mayotte*, Rapport du Service des Pêches et de l'Environnement Marin (DAF), 55 pp.

Guezel R., Quartararo A., Aboutoihi L., Saindou K., Salaun P., Ybrahim B., Arnaud J.P., 2009. Richesses *de Mayotte - Parc naturel marin de Mayotte : les hommes et l'océan,* Mission d'étude pour la création d'un parc naturel marin à Mayotte, Agence des aires marines protégées, 70 pp.

Guilcher A., 1988. *Coral reef geomorphology*. J Wiley and Sons, Chichester, New York, p 1–228.

Guillaume M. (ed.)., 2000. *L'inventaire Znieff-Mer dans les DOM : bilan méthodologique et mise en place*. Publications scientifiques du Muséum National d'Histoire Naturelle, 228 pp.

Gunther O. (Dir. Ed.), 2009. *Agenda des marées de la Province Nord*, 36 pp.

Hasting K., Hesp P., et Kendrick G.A., 1995. *Seagrass loss associated with boat moorings at Rottnest Island, Western Australia. Ocean and coastal Management*, 26(3) : 225-246.

Haynes D., Ralph P., Prange J., dennison B., 2000. *The impact of the Herbicide Diuron on Photosynthesis in three species of tropical seagrass*. Mar. Pollut. Bull. 2000, 41, 288–293.

Heck K.L., Valentine J.F., 1995. *Sea urchin herbvory: evidence for long-lasting effects in subtropical seagrass meadows*. Jpurnal of Experimental Marine Biology and Ecology, 180:205-217.

Hendler G., Miller J.E., Pawson D.L., Porter M.K., 1995. *Echinoderms of Florida and the Carribean: Sea stars, sea urchins and allies*. Edition Smithsonian institution press, 390 pp.

Hillman, K. & McComb, A.J., 1988. *The primary production of the Seagrass Halophila ovalis in the Swan/Canning estuary, Western Australia*, Biology of seagrasses, p 635-685.

IEOM, 2009. *Wallis et Futuna : rapport annuel 2009*, 153 pp.

IFRECOR, 2006. *Plan d'action national de l'IFRECOR (deuxième phase) 2006-2010*, 49 pp.

IFRECOR, 2007. *L'initiative française pour les récifs coralliens*, brochure de présentation, 65 pp.

INSEE, 2008a. *Tableaux économiques régionaux Guadeloupe*, p 134-147.

INSEE, 2008b. *Tableaux Économiques Régionaux Martinique édition 2007-2008*, publication INSEE, 161 pp.

INSEE, 2008c. *En cinq ans, 26 000 habitants de plus à Mayotte*, publication INSEE, 3 pp.

INSEE, 2009a. Mayotte Info n°39, 4 pp.

INSEE, 2009b. *Tableau Économique de La Réunion 2008-2009*, 237 pp.

INSEE, 2009c. *Wallis et Futuna : Recensement de la population de 2008*, publication INSEE Première, N° 1251, 4 pp.

Irlandi E., Orlando B., Macia S., Biber P., Jones T., Kaufman L., Lirman D., Paterson E.T., 2002. *The influence of freshwater runoff on biomass, morphometrics and production of Thallasia testudinum*, Aquatic Botanic 72: 67-68.

Jackson J.B.C., Kirby M.X., Berger W.H., Bjorndal K.A., Botsford L.W., Bourque B.J., 2001. *Historical overfishing and the recent collopse of coastal ecosystems*. Science, 293: 629-638

Jeudy De Grissac A., 1984. *Essais d'implantations d'espèces végétales marines : les espèces pionnières, les Posidonies*. *In* : Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds,* GIS Posidonie publ., Fr., 1: 431-436.

Kawasaki Y., Iituka T., Goto H., Terawaki T., Watanebe Y., Kikuti K., 1988. *Study on the technique for Zostera bed creation*. Central Res. Inst. electric Power Industry, Japon, Rep. n° U-14, p 1-231.

Kendrick G.A., Aylward M.J., Hegge B.J., Cambridge M.L., Hillman K., Wyllie A., Lord D.A., 2002. *Changes in seagrass coverage in Cockburn Sound, Western Australia between 1967 and 1999*. Aquatic Botany, 73: 75-87.

Kiska J., Vely M., Bertrand N., Breysse O., Wickel J., Maleck-bertrand N., 2003. *Le dugong (Dugong dugon, Müller 1776) autour de l'île de Mayotte (Océan Indien occidental) : bilan récent des connaissances acquises et préconisations pour sa conservation*, 32 pp.

Koch E.W., 1999. *Sediment resuspension in a shallow Thalassia testudinum bed*. Aquat. bot. 65: 269-280

Kopp D., 2003. *Variations nycthémérales des peuplements de poissons dans les herbiers de Phanérogames marines de Guadeloupe.* DEA de l'Université des Antilles et de la Guyane, 42 pp.

Kopp D., Bouchon-Navaro Y., Louis M., Bouchon C., 2007. *Diel differences in the seagrass fish assemblages of a Caribbean island in relation to adjacent habitat types.* Aquatic Botany. 87(1) : 31-37.

Kulbicki M., 2006. Ecologie *des poissons lagonaires de Nouvelle Calédonie*. Thèse EPHE-Université de Perpignan. 194p. + Annexes 501 pp.

Kulbicki M., Dupont S., Dupouy C., Bargibant G., Hamel P., Menou J.L., Mou Tham G., Tirard P., 1993. *Caractéristiques physiques du lagon d'Ouvéa*. *In :* Evaluation des ressources en poissons du lagon d'Ouvéa: 2ème partie: l'environnement physique: sédimentologie, substrat et courants - Convention Sciences de la Mer ORSTOM Nouméa 10 : 47-150.

Kuo J., Kirkman H., 1996. *Seedling development of selected Posidonia species from southwest Australia*. In Kuo J., Phillips R.C., Walker D.I. and Kirkman (eds) Seagrass biology: Proceedings of an international workshop, pp 57-64. Univ. Western Australia, Perth.

Laborel-Deguen F., 1984. *Les herbiers de phanérogames marines de la Martinique*. In : J. Laborel, F. Laborel-Deguen, J. Vacelet, C Bouchon, Y. Bouchon-Navaro, V. Pholipot, M. Louis et D. Lamy (eds). Mission CORANTILLES II sur les côtes de la Martinique, du 18 décembre 1983 au 6 janvier 1984. COREMA, UAG, Université de Aix-Marseille II.

Lagouy E., 2001. *Les biocénoses benthiques des herbiers de Phanérogames marines du Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe*. Rapport de la maîtrise « biologie des organismes et des populations, Université des Antilles et de la Guyane, 35 pp.

Larkum A.W.D., den Hartog C., 1989. *Evolution and biogeography of seagrasses*. In Larkum A.W.D., Mc Comb A.J. and Sheperd S.A. (eds). Biology of seagrasses pp 143-165 Elsevier, Amsterdam

Larkum A.W.D., Orth R.J., Duarte C.M. eds., 2006. *Seagrasses : Biology, Ecology and Conservation*. Springer, 691 pp.

Lefebvre T., Moncorps S. (coordination), 2010. Les espaces protégés français : une pluralité d'outils au service de la conservation de la biodiversité. Comité français de l'UICN, Paris, France, 100 pp.

Le Figaro, 2009. *Mayotte, moins riche que La Réunion*, article de journal, 1 pp.

Legrand H., 2009. *Base de données cartographique des fonds marins côtiers de la Martinique : Biocénoses benthiques*, Rapport final, Observatoire du Milieu Marin Martiniquais, mars 2009, 66 pp.

Lengrand L. et Associés, 2002. *Mieux connaître la place de la recherche et développement technologique dans les régions ultrapériphériques (RUP) de l'Europe et mieux les intégrer dans l'espace européen de la recherche, Etude pour la DG Recherche de la Commission européenne*, Rapport régional Martinique, 94 pp.

Leriche A., Pasqualini V., Boudouresque C-F., Bernard G., Bonhomme P., Clabaut P., Denis J., 2006. *Spatial, temporal and tructural variations of Posidonia oceanica seagrass meadow faing human activities*, Aquatic Botany 84: 287-293.

Les D.H., Cleland M.A., Waycott M., 1997. *Phylogenetic studies in Alismatida, II Evolution of marine angiosperms (seagrasses) and hydrophily*. Syst. Bot 22: 443-463.

Léopold M., Cornuet N., Moenteapo Z., Le Meur PY., Guillemot N., Sourisseau JM., Bonmarchand A., David C., Beliaeff B., 2009. *Quel avenir pour la pêche dans le lagon de Vook-Koohnê-Pwëëbuu (Nouvelle-Calédonie) ?*, IRD Nouméa, 26 pp.

Loricourt A., 2005. *Etude des herbiers à phanérogames marines à Mayotte*, rapport de stage de Master 2 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, Univ. de Pau et des Pays de l'Adour, 62 pp.

Marbà N., Cebriàn J., Enriquez S. et Duarte C.M., 1994. *Migration of large-scale subaqueous bedforms measured using seagrass (Cymodocea nodosa) as tracers*. Limnol. Oceanogr., 39:126-133.

Martinez C., 2006. *1986-2006 : 20 ans de loi Littoral. Bilan et propositions pour la protection des espaces naturels*. Comité français de l'UICN, 24 pp.

Mattio L., 2006. *Rapport n°1 : Inventaire des algueraies de l'îlot Larégnère et Baie Ste-Marie avec mention particulière au genre Sargassum*, Fiche d'opération ZoNeCo 2005, Typologie et cartographie des algueraies à sargasses / Optique vs Acoustique, 26 pp.

Mazzéo I., 2007. *Les aires marines protégées de Nouvelle-Calédonie*, Contibution volontaire au 1er colloque national sur les aires marines protégées, 8 pp.

MEDDM, 2009. *Le Livre Bleu des engagements du Grenelle de la Mer*, 71 pp.

Mège S., Delloue X., 2007. *Bilan des suivis des herbiers de Phanérogames Marines du Grand Cul-de-Sac Marin*. Rapport du Parc National de la Guadeloupe, 52 pp.

Meinesz A., Caye G., Loques F., Macaux S., 1990. *Analyse bibliographique sur la culture des Phanérogames marines*, Posidonia Newsletter, vol 1, p 1-67.

Meinesz A., Verlaque M., 1979. *Note préliminaire concernant quelques expériences de repiquage de Caulerpa prolifera et de Zostera noltii dans la zone de rejet de l'effluent thermique de la centrale électrique de Martigues-Ponteau (golfe de Fos, France)*. Rapp. P.V. Réun. Commiss. internat. Explor. sci. Médit. 25-26, p 209-212.

Mellin C., 2007. *Sélection de l'habitat à l'installation et utilisation de l'habitat post-installation chez les poissons récifaux-lagonaires de Nouvelle-Calédonie*. Thèse de Doctorat, Spécialité Océanologie Biologique et Environnement Marin, 220 pp.

Mellin C., Galzin R., Ponton D., Vigliola L., 2009. *Back-calculated larval and juvenile growth trajectories of coral reef fish: How to untangle fast growth and selection for fast growth ?* Aquatic Biology 6 : 31-39.

Ministère de l'Intérieur, de l'Outre-mer et des collectivités territoriales, Secrétariat d'Etat à l'Outre-mer, 2007. *Grenelle de l'environnement, plan d'action outre-mer : vers un outre-mer exemplaire*, 20 pp.

Ministère de l'Outre-mer, 2006. *Stratégie nationale pour la biodiversité. Plan d'action Outre-mer : Wallis-et-Futuna*. 17 pp.

Molinier R., Picard J., 1952. *Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français*. Ann Inst. Oceanogr., 27 (3) : 157- 234

Montaggioni L., 1978. *Recherches géologiques sur les complexes récifaux de l'archipel des Mascareignes (océan Indien occidental)*. Thèse de Doctorat es Sciences, Université Aix-Marseille II, 217 pp.

Naim O., Cuet P., Mangar V., 2000. *The Mascarene Islands, Coral reef of the Indian Ocean : their ecology an conservation*, edited by McClanahanT., Sheppard C., Obura DO., (Oxford Univ. Press), p 353-381.

O.M.M.M., 2004. *Les agressions d'origine anthropique sur le milieu marin côtiers et leurs effets sur les écosystèmes coralliens et associées de la Martinique*. Les cahiers de l'Observatoire, edition 2004, N°1. Fort-de-France: Observatoire du Milieu Marin Martiniquais, 96pp.

O.M.M.M., 2006a. *Esquisse cartographique au 1/100.000^{e} des biocénoses benthiques de la Martinique*.

O.M.M.M., 2006b. *Synthèse des types de corps-morts permanents pour le mouillage des bateaux de plongée sur les côtes de Martinique.*

Orth RJ. Carruthers TJB., Dennison WC., Duarte CM., Fourqurean JW., Heck Jr. KL., Randall Hughes A., Kendrick GA., Judson Kenworthy W., Olyarnik S., Short FT., Waycott M., Williams S L., 2006. *A Global Crisis for Seagrass Ecosystems*, BioScience Vol. 56 No. 12, p 987-996.

Parc Marin de La Réunion, 2005. *Cartographie des récifs coralliens : Conservation et réhabilitation, Phase 2 Saint Gilles, Saint Leu et Saint Pierre*, 105 pp.

PARETO, 2007. *Expertise environnementale du site de N'Gouja dans la perspective du développement de la capacité hôtelière du site et du classement en réserve naturelle*, Rapport technique, 50 pp.

Payri C.E. 2006a. *Revised checklist of marine algae (Chlorophyta, Rhodophyta and Ochrophyta) and seagrasses (Marine Angiosperma) of New Caledonia, in Payri*, C.E. et Richer de Forges, B. (edts). *Compendium of marine species from New Caledonia*. Documents scientifiques et techniques II7, volume spécial: 93-110.

Payri CE. 2006b. *Phanérogames marines de Nouvelle-Calédonie. Ecologie, distribution, identification*. IFRECOR, NC, 16 pp.

Payri CE., N'Yeurt ADR., Orempuller J., 2000. *Guides des algues de Polynésie française/Algae of French Polynesia*. Editions Au Vent des Iles. Tahiti. 320 pp.

Payri C., Menou JL., Geoffray C., Butscher J., Videault A., 2005. *Biodiversité et substances marines des Iles Loyauté. ALGUES/EPONGES/ASCIDIES/ECHINODERMES*. Rapport de mission, IRD, Nouméa, 72 pp.

Pellerin-Massicotte J., 1991. *Evaluation de la condition physiologique de Crassostrea rhizophorae et de la contamination de la chaine alimentaire dans la baie de Fort-de-France*. PNUE, UAG, Centre Océanographique de Rimouski, 18 pp.

Pergent-Martini et Pergent, 2000. *Marine phanerogams as a tool in the evaluation of marine trace-metal contamination : an example from the Mediterranean*. Int. J. Environment and pollution, n°13 (1-6), p 126-147.

Perillo T., 2008. *Iles Eparses*, Rev. Ecol. (Terre Vie), vol. 63, 2008, p 115-116.

Phillips R.C., Meñez E., 1988. *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science, 34, p 27-84.

Poupin J. & Juncker M., 2008. Crustacés des îles Wallis et Futuna : inventaire illustré, espèces commercialisables et capture des formes, 48 pp.

Préfecture de Mayotte, 2009. *Recueil des actes administratifs de la Préfecture de Mayotte*, édition mensuelle n°3, p 4-9.

Procaccini G., Acunto S., Fama P., Maltagliati F., 1999. *Structural, morphological, and genetic variability in Halophila stipulacea (Hydrocharitaceae) populations in the western Mediterranean*. Mar Biol. 135: 181-189

Pusineri C., Caceres S., 2009. *Dossier de prise en considération pour le plan de restauration du dugong à Mayotte*, 33 pp.

Quod J.-P., Bigot L., Blanchot J., Chabanet P., Durville P., Nicet J.-B., Wendling B., 2002. *Connaissance et Suivi des Récifs Coralliens des îles françaises de l'océan Indien*, bilan d'activités de l'année 2002, mission effectuée aux Glorieuses. Rapport préliminaire DIREN-ARVAM, 21 pp.

Quod J-P., Barrere A., Chabanet P., Durville P., Nicet J-B., Garnier R., 2007. *La situation des récifs coralliens des îles Eparses françaises de l'océan Indien*. Rev. Ecol. (Terre et Vie), vol. 62, p 3-16.

Ralph PJ., Short FT., 2002, *Impact of the wasting disease pathogen, Labyrinthula zosterae, on the photobiology of eelgrass Zostera marina*, Mar Ecol Prog Ser Vol. 226, p 265-271.

Reusch T.B.H., 2001. *New markers - old questions: population genetics of seagrasses*. Mar. Ecol. Progr. ser. 211: 261-274.

Ribes S., 1978. La *macrofaune vagile associée à la partie vivante des Scléractiniaires sur un récif frangeant de l'île de La Réunion (océan Indien).* Doct. 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille II, 167 pp.

Richard G., Bagnis R., Bennet J., Denizot M., Galzin R., Ricard M., Salvat B., 1982. *Etude de l'environnement lagunaire et récifal des îles Wallis et Futuna (Polynésie Occidentale)*.

Rocklin D., 2004. *Etude de la biodiversité taxonomique et fonctionnelle des peuplements ichtyologiques des herbiers du Grand Cul-de-Sac Marin (Guadeloupe).* Rapport DEA, Université des Antilles et de la Guyane, 42 pp.

Rolland R. (Coord.), 2005. *Mayotte : biodiversité et évaluation patrimoniale, contribution à la mise en œuvre de l'inventaire ZNIEFF*, 324 pp.

Rönnbäck P., Kautsky N., Pihl L., Troell M., Söderqvist T. Wennhage H. 2007. *Ecosystem Goods and Services from Swedish Coastal Habitats: Identification, Valuation, and Implications of Ecosystem Shifts*. Ambio 36 (7) 534-544

Salvat B., Cavaloc E., 1989. *Introduction, expansion et conséquences de l'introduction du palétuvier Rhizophora à Moorea (Société Polynésie*). Estuar. Coasts 19th Symp., 46-47.

Salvat B., Aubane A., Adjeroud M., Bouisset P., Calmet D., Chancerelle Y., Cochennec N., Davies N., Fougerouse A., Galzin R., Lagouy É., Lo C., Monier C., Ponsonnet C., Remoissenet G., Schneider D., Stein A., Tatarata M., Villiers L., 2008. *Le suivi de l'état de santé des récifs coralliens de Polynésie française et leur récente évolution*, *Rev. Écol. (Terre Vie),* vol. 63, p 145-177.

Scamps M., 2005. *Les herbiers de Nouvelle-Calédonie : Inventaire, caractérisation et typologie. Télédétection et cartographie.* Rapport de Maitrise. IRD-INAPG, Nouméa.

Sermage C., 2006. *Suivi écologique des herbiers de la côte Sud Caraïbe de la Martinique et impact des ancres des bateaux de plaisance*. Rapport de stage de Master 2 Exploitation durable des écosystèmes Littoraux, Observatoire du Milieu Marin Martiniquais, 45 pp.

Short FT., Wyllie-Escheverria S., 2000. *Global seagrass declines and effects of climate change, Seas at the Millennium : an environmental evaluation*, vol. 3, p 10-11.

Stiger V., Payri CE., 1999a. *Spatial and temporal patterns of settlement of the brown macroalgae Turbinaria ornata and Sargassum mangarevense in a coral reef on Tahiti*, MEPS vol.191, p 91-100.

Stiger V., Payri CE., 1999b. *Spatial and Seasonal Variations in the Biological Characteristics of Two Invasive Brown Algae, Turbinaria ornata (Turner) J. Agardh and Sargassum mangarevense (Grunow) Setchell (Sargassaceae, Fucales) Spreading on the Reefs of Tahiti (French Polynesia*). Bot. Mar. Vol 42, p 295-306.

Taquet C., 2007. *Diversité et différenciation génétique des populations de tortues vertes (Chelonia mydas) dans les sites de ponte et d'alimentation du Sud-Ouest de l'océan Indien :*

application aux stratégies de conservation de l'espèce, Thèse de doctorat, Univ. La Réunion, biologie, 226 pp.

Taylor F.J., 1979. *Rhizophora in the Society Islands*. Pacific Science, 33(2) : 173-176.

Tessier E., Bigot L, Cadet C, Cauvin B, Chabanet P., Conand C, Nicet J-B, Quod J-P., 2008. *Les récifs coralliens de La Réunion en 2007 : état des lieux et réseau de suivi*, Rev. Ecol. (Terre Vie), vol. 63, p 85-102.

Thomassin, 1978. *Les peuplements des sédiments coralliens de la région de Tuléar (S.W. de Madagascar). Leur insertion dans le contexte côtier indo-pacifique*. Thèse doct. Es-sci., Univ. Aix Marseille II : 494 pp.

Thorhaug A., 1979. *The flowering and fruiting of restaured Thalassia beds : a preliminary note*, Aquat. Bot. vol 6, p 189-192.

Tutin T.G., 1938. *The autecology of Zostera marina in relation to the wasting disease*, New Phytologist vol 37, p 50-71.

UICN, 2002. *Coral Reef Degradation in the Indian Ocean (CORDIO)*, Status report 2002, Editors : O. Linden, D. Souter, D. Wilhelmsson & D. Obura, p 7-12 ; 177-190.

UICN, 2003. *Biodiversité et conservation en Outre-mer : Iles Eparses*, p 107-116.

UNEP-GEF, 2008. *Transboundary Diagnostic Analysis of Land-based Sources and Activities in the Western Indian Ocean Region*, WIO-LaB project, p 41-43.

UNESCO, 1983. *Coral reefs, seagrass beds and mangroves : their interaction in the coastal zones of the Caribbean*, UNESCO reports in marine science.

Vanai P., 2000. *Etat des récifs à Wallis et Futuna*, Status of Coral Reefs 2000 in Southeast and Central Pacific, p 203-217.

Vaslet A., 2005. *Dynamique spatiale des peuplements ichtyologiques de la bordure lagonaire du Grand-Cul-Sac Marin en Guadeloupe*. DEA de l'Université des Antilles et de la Guyane, 40 pp.

Vaslet A., 2009. *Ichtyofaune des mangroves aux Antilles : influence des variables du milieu et approche isotopique des réseaux trophiques*. Thèse de Doctorat de l'Université des Antilles et de la Guyane, 274 pp.

Verducci M., Juncker M., 2007. *Faisabilité de la mise en place d'un PGEM à Alofi, Futuna et Wallis*. Rapport de mission, CRISP, 91 pp.

Virly S., Buisson D. Clough B., Lemonnier H., Richer de Forges B., 2005. *Evaluation de l'impact de l'aquaculture de crevettes sur les mangroves de Nouvelle-Calédonie*, Rapport final du Programme ZoNéC, 99 pp.

Walter KS. & Gillet HJ. (eds), 1997. *1997 IUCN Red List of Threatened Plants*, World Conservation Monitoring Centre, IUCN-The World Conservation Union.

Walker D.I., Kendrick G.A., McComb A.J., 2006. *Decline and recovery of seagrass ecosystems : The dynamics of change, Seagrasses : biology, ecology, and conservation*, Springer, p 551–565.

Waycott M., Freshwater D.W, York R.A., Calladine A., Kenworthy W.J., 2002. *Evolutionary trends in the seagrass genus Halophila (Thouars): Insights from molecular phylogeny*. Bull Mar. Sci. 71: 1299-1308.

Waycott M., Duarte C., Carruthers T., Orth R., Dennison W., Olyarnik S.,Calladine A., Fourqurean J., Heck K., Hughes A., Kendrick G., Kenworthy W., Short F., and Williams S., 2009. *Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems*, PNAS vol. 106 n° 30, p 12377–12381.

Wickel J., Jamon A., Wendling B., 2005. *Projet de réserve naturelle du lagon de Mayotte : état des lieux des peuplements de poissons récifaux*, 56 pp.

Willette D.A., Ambrose R.F., 2009, *The distribution and expansion of the invasive seagrass Halophila stipulacea in Dominica, West Indies, with a preliminary report from St. Lucia,* Aquatic Botany, vol 91, p 137–142.

Williams J.T., Wantiez L., Chauvet C., Galzin R., Harmelin-Vivien M., Jobet E., Juncker M., Mou Tham G., Planes S., Sasal P., 2006. *Checklist of the shorefishes of Wallis Island (Wallis and Futuna French Territories, South-Central Pacific)*, Cybium 30 : 247-260.

Zieman J.C., Orth R., Phillips R.C., Thayer G. and Thorhaug A., 1984. *The effects of oil on seagrass ecosystems*. *In* : Cairns J. and Buikema A.L., Editors, 1984. *Restoration of Habitats Impacted by Oil Spills*, Butterworth, Boston, p. 37–64.

Sites internet :

www.cep.unep.org/pubs/legislation/spaw_protocol_fra.html
http://conventions.coe.int/Treaty/FR/Treaties/Html/104.htm
www.crisponline.info/
www.ecologie.gouv.fr
http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:FR:PDF
http://europa.eu/legislation_summaries/environment/nature_and_biodiversity/l28076_fr.htm
http://europa.eu/legislation_summaries/environment/nature_and_biodiversity/l28051_fr.htm
www.meteo.pf/connaissances.php?lien=cyclone
www.ospar.org/
www.outre-mer.gouv.fr
www.ramsar.org/
www.seagrasses.org/
www.seagrassnet.org/
www.seagrasswatch.org
www.senat.fr/rap/l00-161/l00-1610.html
www.unep.org/NairobiConvention/
www.unepwcmc.org/marine/seagrassatlas/index.htm
www.worldseagrass.org/

Références des documents consultés pour l'élaboration des fiches descriptives des phanérogames marines de l'Outre-mer français :

CRC Reef Research Centre, 2004, *Seagrasses in Queensland waters : Current state of knowledge*, 6 pp.

Dennison B., McMahon K., Udy J., 2003, *Moreton Bay Seagrasses*, Centre for Marines Studies, 4 pp.

Green EP., Short FT., 2003, *World Atlas of Seagrasses*, prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre, University of California Press, 298 pp.

Lanyon J, Kelly G., 1986, *Seagrasses of the Great Barrier Reef*, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Special Publication Series (3), 61 pp.

Larkum A.W.D., 1995, *Halophila capricorni (Hydrocharitaceae) a new species of seagrass from the Coral Sea*, Aquatic Botany n°51, p 319-328.

Lehman R., 2006, *Seagrass Taxonomy*, Texas A & M University, 62 diap.

Payri C., Geoffray C., 2005, *Phanérogames marines de Nouvelle-Calédonie*, IRD-IFRECOR, 32 pp.

Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34, p 27-84.

Roelofs A., Coles R. and Smit N., 2005. *A survey of intertidal seagrass from Van Diemen Gulf to Castlereagh Bay, Northern Territory, and from Gove to Horn Island, Queensland*. Report to the National Oceans Office, 37 pp.

SeagrassNet, 2008, *Tropical Atlantic Region*, Supplement to the SeagrassNet Worldwide Manual, 4 pp.

Short F., Carruthers T., Dennison W., Waycott M., 2007, *Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model*, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology n°350, p 3–20.

USGS, 2005, *Seagrass habitat in the northern Gulf of Mexico : Degradation, Conservation and Restoration of a valuable Resource*, Gulf of Mexico Program, 28 pp.

Waycott M., McMahon K., Mellors J., Calladine A., Kleine D., 2004, *A guide to tropical seagrasses of the indo-west Pacific*, James Cook University, 72 p.

Waycott M., McMahon K., 2009, New *record for Halophila decipiens Ostenfeld in Kenya based on morphological and molecular evidence*, Aquatic Botany n° 91, p 318–320.

Zieman J. & R., Joseph C., 1989, *The ecology of the seagrass meadows of the west coast of Florida : a community profile*, Biological report 85 (7.25), National Wetlands Research Center & Minerals Management Service, 167 pp.

FICHES DESCRIPTIVES

DES PHANÉROGAMES MARINES

DE L'OUTRE-MER FRANÇAIS

Julie Duchêne, Claude Payri, Christian Hily

SOMMAIRE

Cymodocea rotundata 1

Cymodocea serrulata 2

Halodule beaudettei 3

Halodule pinifolia 4

Halodule uninervis 5

Halodule wrightii 6

Syringodium filiforme 7

Syringodium isoetifolium 8

Thalassodendron ciliatum 9

Enhalus acoroïdes 10

Halophila baillonis 11

Halophila capricorni 12

Halophila decipiens 13

Halophila minor 14

Halophila ovalis 15

Halophila stipulacea 16

Thalassia hemprichii 17

Thalassia testudinum 18

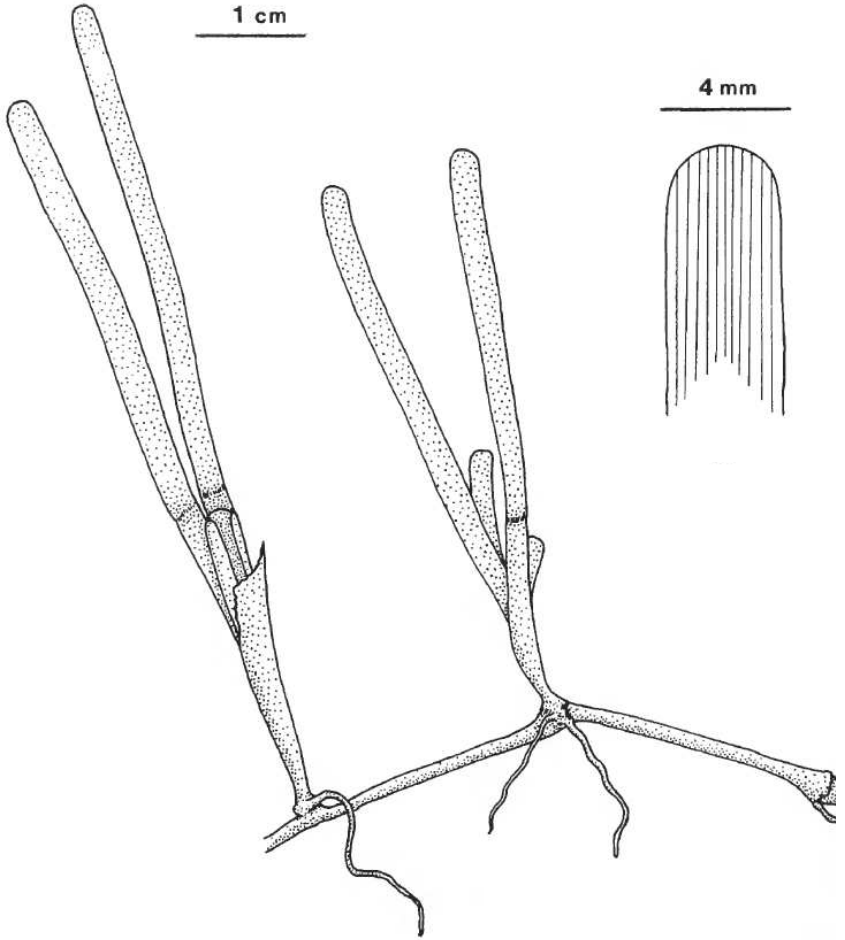
Zostera capensis 19

Cymodocea rotundata Ehrenberg & Hemprich ex Ascherson

On compte jusqu'à 7 feuilles en ruban, linéaires ou incurvées, mesurant en moyenne 3 mm de large et jusqu'à 18 cm de long. Elles sont portées par une tige courte, parcourue par les cicatrices (parfois sombres) des gaines qui l'entourent complètement. Ces mêmes gaines sont bien développées (1,5-5,5 cm de long). Une ligule est présente. L'extrémité des feuilles est arrondie (elle peut être en forme de cœur) et rarement denticulée. Elles sont nervurées (7 à 15 nervures parallèles) et renferment des cellules à tannins. 1 à 3 racines partent de chaque nœud du rhizome.



© C.Hily



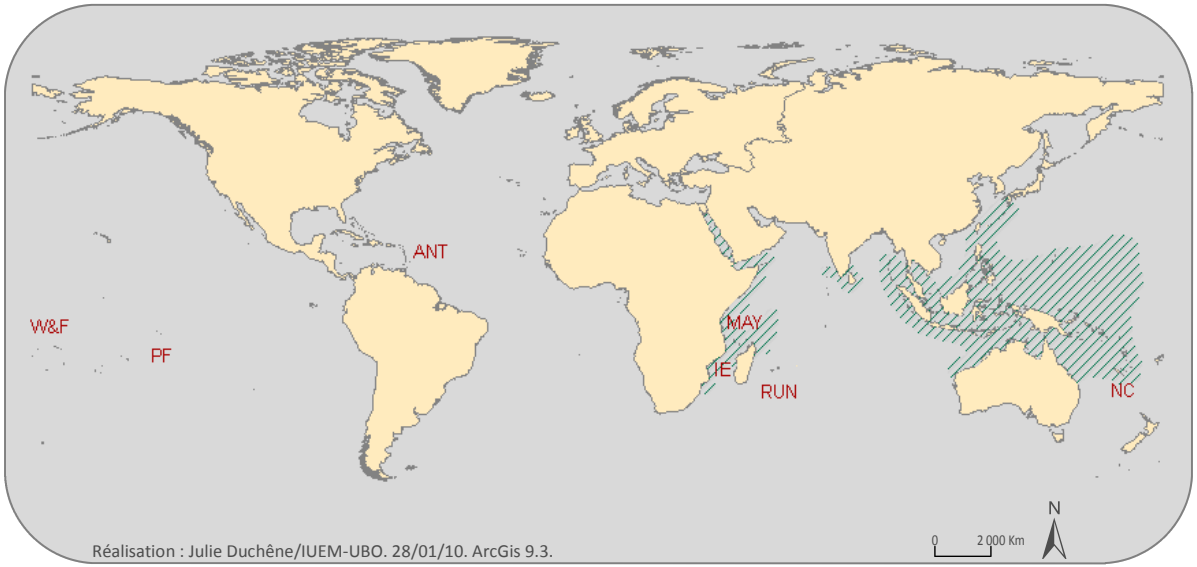
Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

Cette espèce peut être confondue avec *Cymodocea serrulata,* mais chez cette dernière, les cicatrices foliaires ne font pas le tour complet de la tige et les feuilles sont plus larges. Elle peut l'être également avec *Thalassia hemprichii* (qui ne possède pas de ligule) et *Halodule uninervis,* mais celles-ci ont un nombre de nervures, un apex et des cicatrices foliaires différents.



© IRD/J-L.Menou

Distribution géographique de *Cymodocea rotundata*



ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Cette espèce a été observée dans l'Océan Pacifique ouest, au nord de Madagascar, au sud de l'Inde et sur la côte est de l'Afrique. Elle peut être associée à d'autres espèces de phanérogames marines ou évoluer seule de manière rapide, pour former des herbiers denses. Elle vit dans des zones subtidales claires et peu profondes sur des sables coralliens, mais peut être abondante sur des vases en zone abritée. Elle est fréquente notamment dans les mangroves et les estuaires.

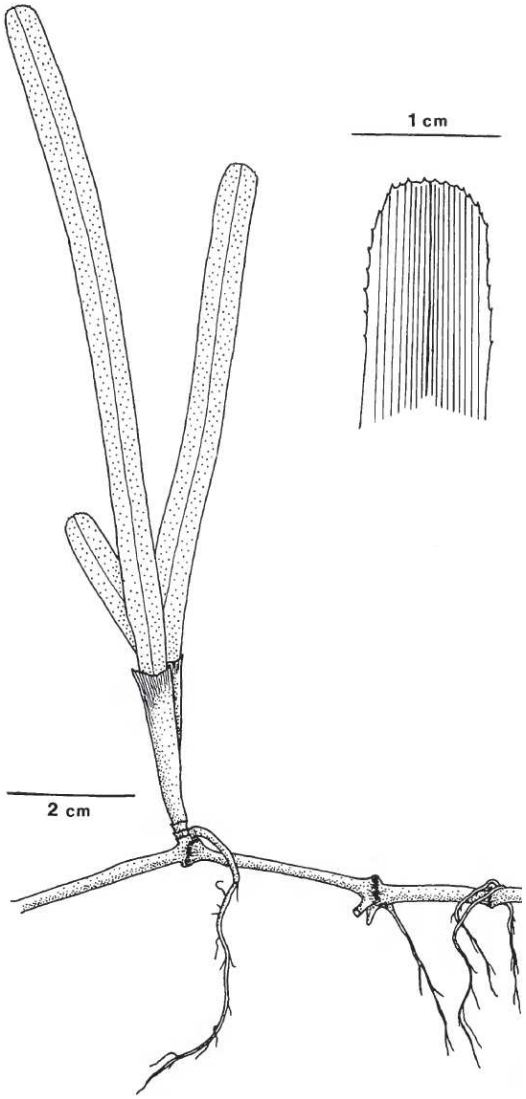
Cymodocea serrulata (R. Brown) Ascherson et Magnus

Cette espèce possède une tige courte dressée portant 2 à 5 feuilles, en forme de rubans, linéaires ou incurvées, mesurant en moyenne 5 à 9 mm de large et 6-15 cm de long. Elles sont protégées par une gaine formant un « V », dont la cicatrice n'entoure pas complètement la tige. Il y a une ligule haute de 1 mm.

L'extrémité des feuilles est arrondie et présente des denticules visibles à l'œil nu. Elles sont nervurées (13 à 17 nervures parallèles) et renferment des cellules à tannins.



© C.Hily



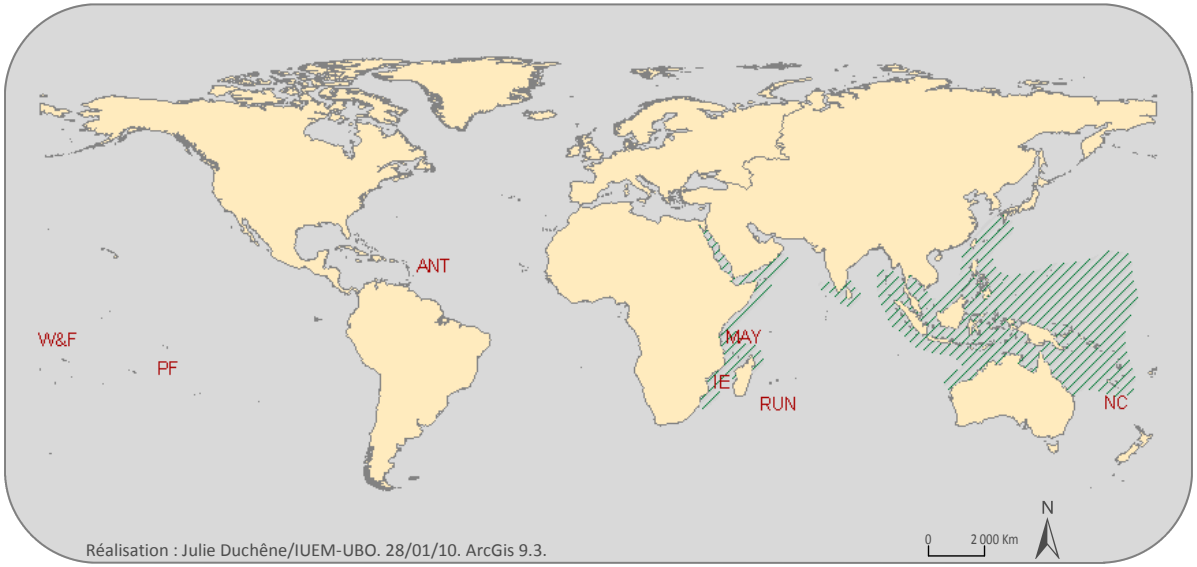
Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

Cette espèce peut être confondue avec *Cymodocea rotundata,* mais chez cette dernière, les cicatrices foliaires font le tour complet de la tige et les feuilles sont plus fines. Elle peut l'être également avec *Thalassia hemprichii*, qui ne possède pas de ligule et chez qui le nombre de nervures, la gaine, l'apex et les cicatrices foliaires sont différents.



© IRD/J-L.Menou

Distribution géographique de *Cymodocea serrulata*

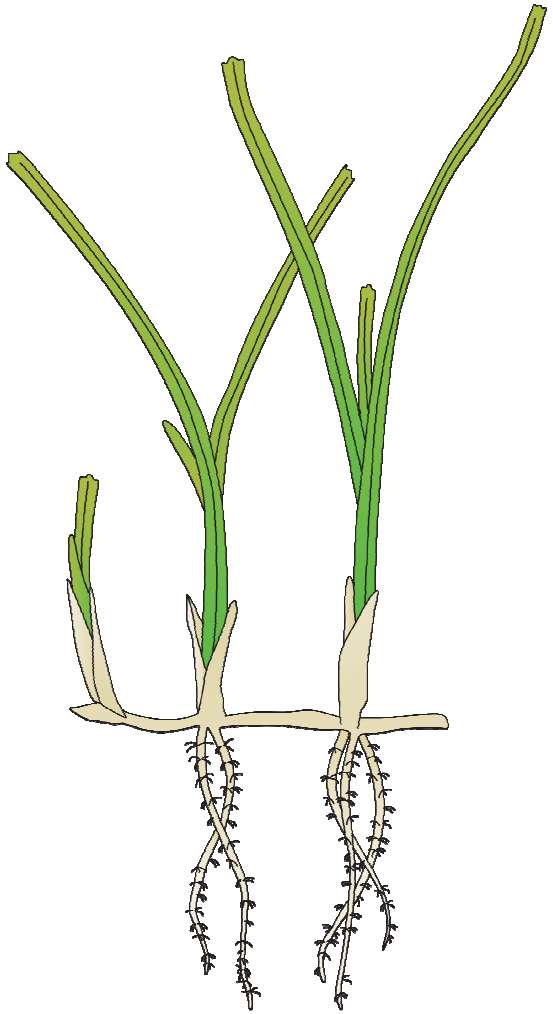


ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Cette espèce a colonisé l'Océan Pacifique ouest et l'Océan Indien. On peut la rencontrer dans les milieux vaseux et coralliens subtidaux jusqu'à 15 m de profondeur, à condition que la salinité ne soit pas faible. Elle peut former des herbiers monospécifiques ou se développer avec d'autres espèces de phanérogames marines.

Halodule beaudettei den Hartog

Les feuilles sont plates et mesurent de 4 à 33 cm de long pour environ 0,25 cm de large. On en compte 1 à 4 groupées en faisceau partant d'une courte tige. Leur extrémité est échancrée : trois pointes terminent la feuille.
Le rhizome est de couleur blanche.



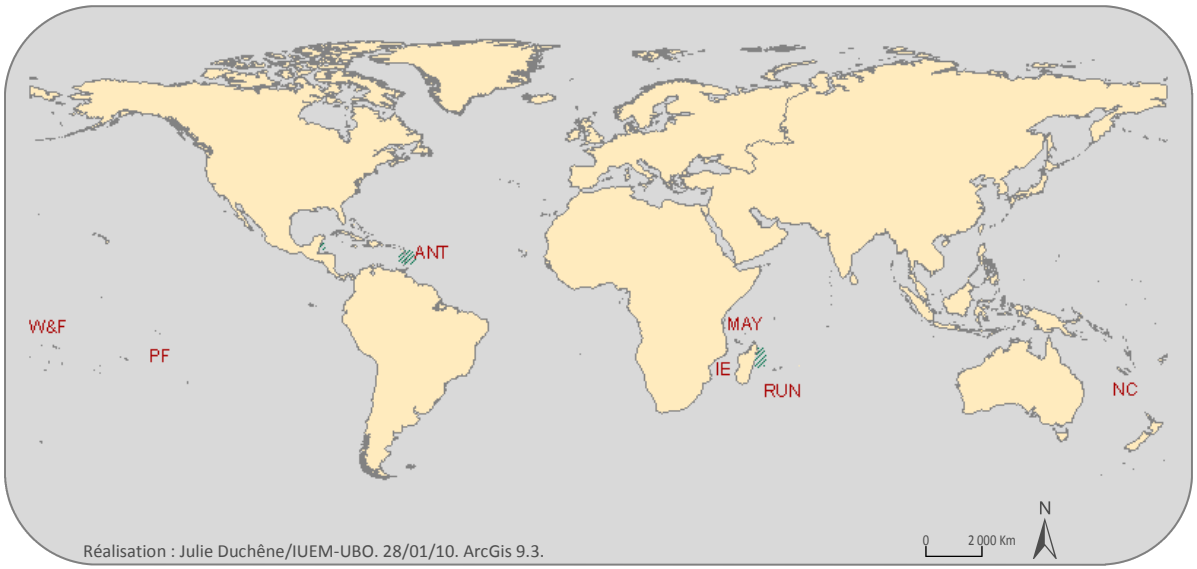
© T.Saxby IAN Image Library (ian.umces.edu/imagelibrary/)

Cette espèce fait l'objet de recherches génétiques et morphologiques poussées : elle peut être considérée comme conspécifique de *Halodule wrightii*, mais celle-ci ne possède que deux pointes à l'extrémité de ses feuilles. *Halodule beaudettei* peut être confondue avec *Thalassia testudinum*, mais les feuilles de cette dernière sont plus larges (de 2,5 cm à 4 cm).



© F.Mazéas

Distribution géographique de *Halodule beaudettei*

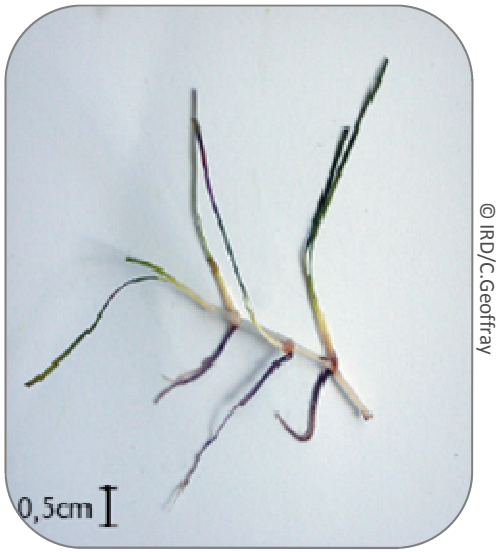


ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

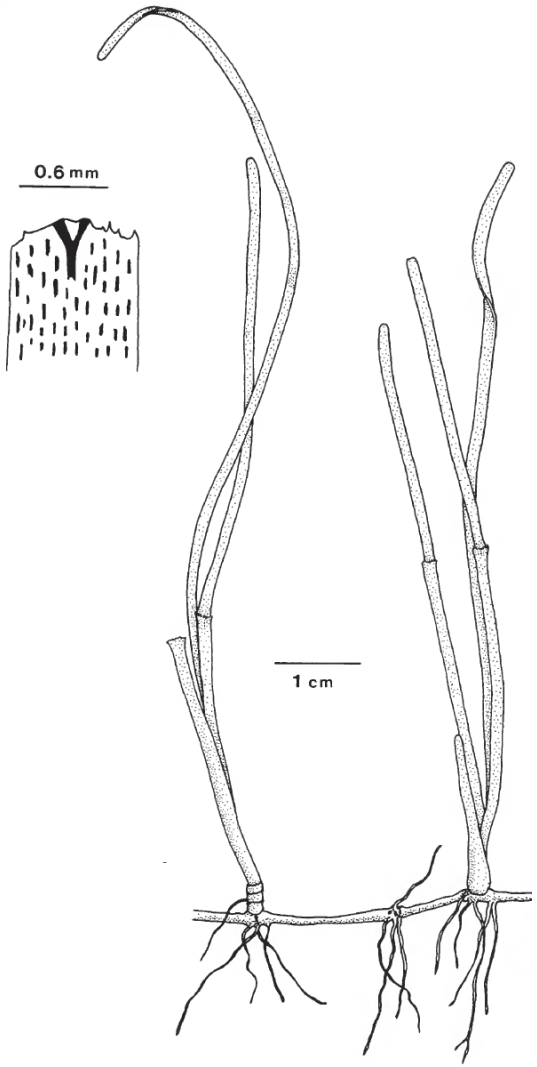
La distribution de cette espèce est restreinte : elle a été observée au Belize, dans quelques îles des Caraïbes et à l'est de Madagascar. C'est une espèce pionnière qui peut vivre en zone intertidale à subtidale sur une grande variété de substrats plus ou moins sablo-vaseux, seule ou avec d'autres espèces de phanérogames marines. On la rencontre régulièrement près des estuaires et dans les mangroves. Elle est eurytherme et euryhaline : son optimum de température est situé entre 20°C et 30°C et l'optimum de salinité entre 12 et 38,5.

Halodule pinifolia (Miki) den Hartog

Cette espèce (la plus étroite du genre) est caractérisée par de grandes variations phénotypiques, notamment dans la largeur et la longueur des feuilles, selon les conditions de vie dans lesquelles elle évolue. Les feuilles plates mesurent moins de 2 mm de large et jusqu'à 20 cm de long. Elles sont portées par une tige courte et se terminent par un limbe arrondi. Elles sont parcourues par une nervure centrale bifide visible. La gaine est bien développée et persiste longtemps après la chute de la feuille. Il existe une ligule et des cicatrices foliaires sur le rhizome (fin, fibreux et de couleur pâle), dont chaque nœud possède 2 à 3 racines. L'ensemble s'entrelaçant forme des mattes solides.



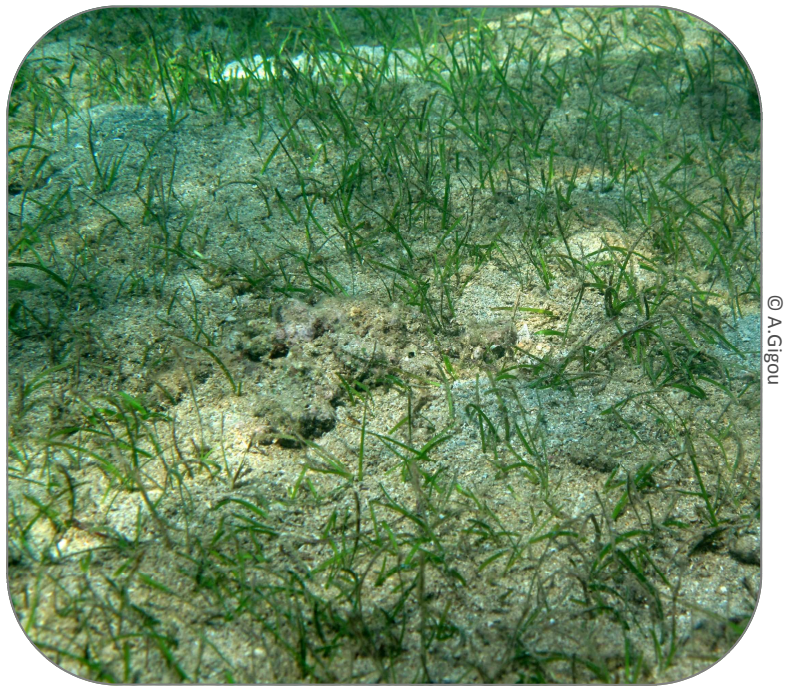
© IRD/C.Geoffray



Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

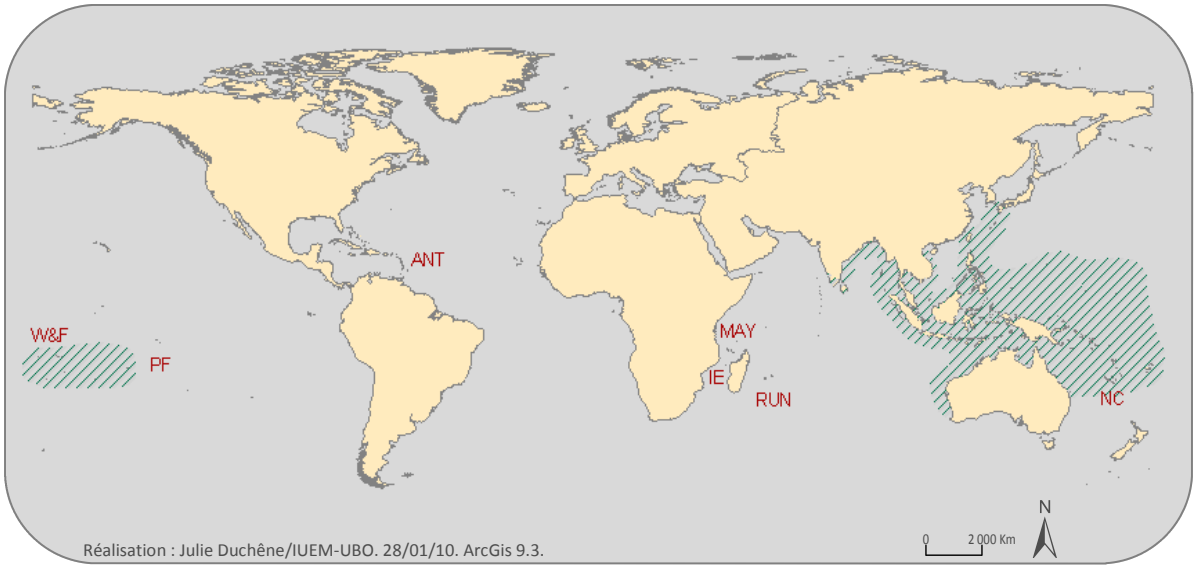
Elle peut être confondue avec *Halodule uninervis* mais s'en distingue par la morphologie de l'extrémité des feuilles et l'étroitesse des limbes.

C'est une source d'alimentation importante pour les dugongs et les tortues.



© A.Gigou

Distribution géographique de *Halodule pinifolia*



ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

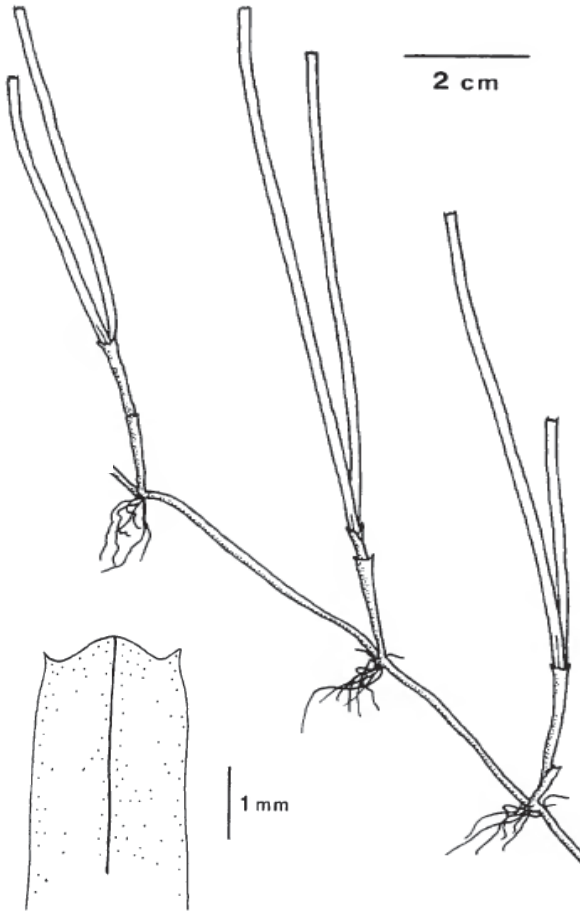
Cette espèce est rencontrée à l'ouest et au centre de l'Océan Pacifique et à l'est de l'Océan Indien. C'est une espèce pionnière et stabilisatrice des sédiments qui occupe une large gamme d'habitats, allant de la vase intertidale ou subtidale aux récifs coralliens. Elle tolère de grandes variations de salinité, on peut donc la retrouver en milieu saumâtre.

Halodule uninervis (Forsskal) Ascherson

De grandes variations dans les phénotypes caractérisent cette espèce, notamment dans la largeur et la longueur des feuilles, en fonction des conditions dans lesquelles elle vit. Les feuilles sont plates et mesurent entre 0,25 et 5 mm de large et jusqu'à 15 cm de long. Elles sont portées par une tige courte et se terminent par 3 pointes, dont les 2 situées en périphéries sont mieux dessinées que celle du milieu. Il est très rare que le limbe soit scindé en deux. Elles sont parcourues par une nervure centrale très visible. La gaine est bien développée et reste longtemps après que la feuille soit tombée. Il y a une ligule chez cette espèce et des cicatrices foliaires foncées sur le rhizome (fibreux et pâle). Chaque nœud rhizome possède 1 à 6 racines, l'ensemble en s'entrelaçant forme des mattes solides.



© C.Hily



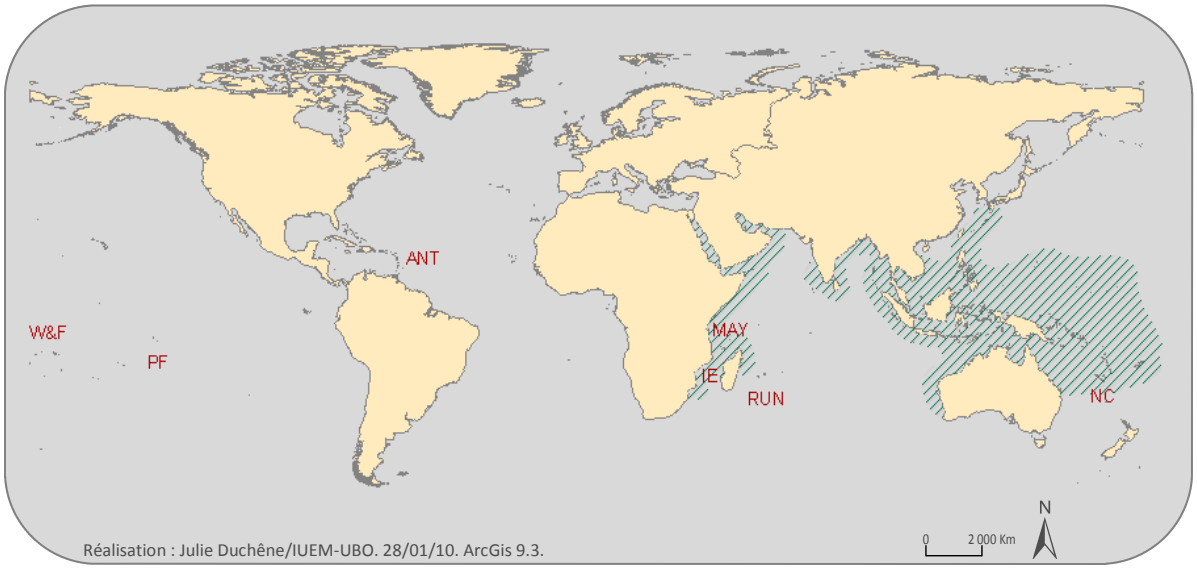
Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

Cette espèce peut être confondue avec *Halodule pinifolia* mais s'en distingue par la morphologie de l'extrémité des feuilles qui sont également plus larges. Elle peut l'être aussi avec *Zostera capricorni*, dont l'extrémité des feuilles est différente ; avec *Cymodocea rotundata*, dont les feuilles possèdent de nombreuses nervures et un apex différent ; avec *Thalassia hemprichii*, chez qui les feuilles ont un nombre de nervures beaucoup plus élevé, avec des cellules à tannins plus larges et chez qui le rhizome est plus fin.



© IRD/J-L.Menou

Distribution géographique de *Halodule uninervis*



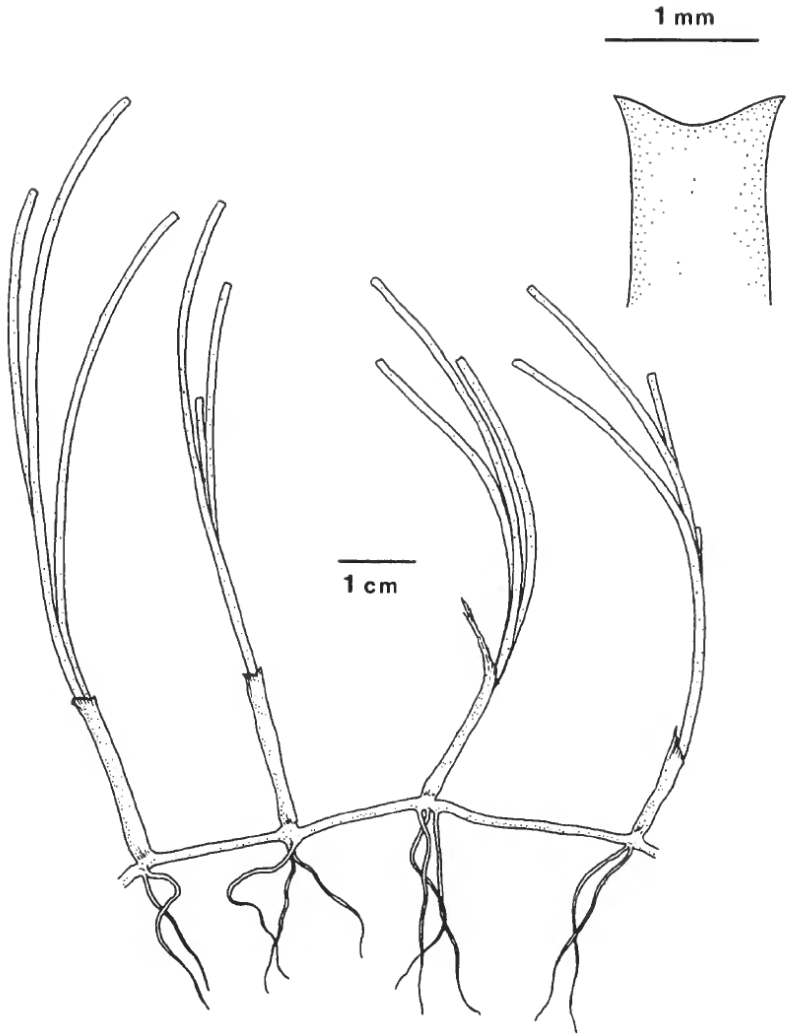
ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Elle est largement répandue dans l'Océan Pacifique ouest et l'Océan Indien. C'est une espèce pionnière et stabilisatrice des sédiments occupant une large gamme d'habitats abrités ou exposés, allant des substrats meubles intertidaux ou subtidaux (elle a déjà été retrouvée à une profondeur de 30 m) aux récifs coralliens. Elle tolère de grandes variations de salinité, on peut donc la retrouver en milieu saumâtre dans les estuaires et les criques de mangroves. Elle peut être présente malgré une hypersédimentation et forme des herbiers soit monospécifiques, soit mixtes.

Halodule wrightii Ascherson

Les feuilles sont plates et fines : elles mesurent de 3,5 à 32 cm de long pour environ 0,3 à 2,2 mm de large. Elles possèdent une échancrure apicale.

Le rhizome chez cette espèce est blanc. Les racines sont généralement proches de la surface, mais on peut les retrouver jusqu'à 25 cm de profondeur dans les sédiments.



Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

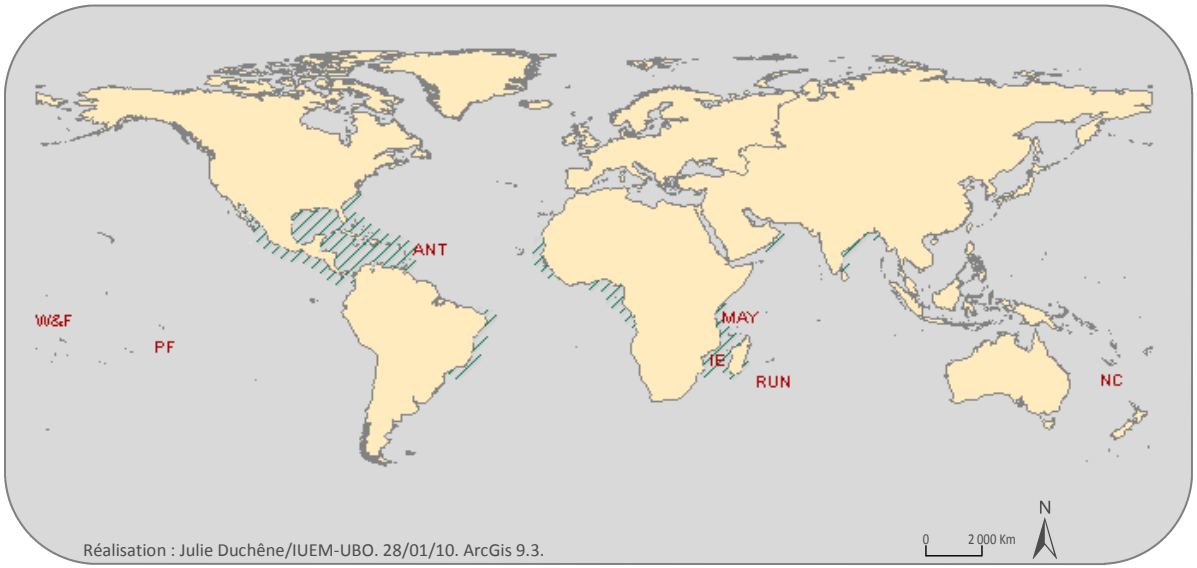
On peut confondre cette espèce avec *Thalassia testudinum*, mais les feuilles de cette dernière sont plus larges (de 2,5 cm à 4 cm) ainsi qu'avec *Halodule beaudettei* mais celle-ci possède trois pointes à l'extrémité de ses feuilles.

C'est l'une des sources d'alimentation préférentielle des dugongs et des lamantins.



© R.C.Phillips

Distribution géographique de *Halodule wrightii*



ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Sa distribution est vaste : de l'est de l'Amérique du sud à l'Amérique centrale, sur les côtes africaines est et ouest et à l'est de l'Inde. Cette espèce pionnière se rencontre du haut de la zone subtidale (à une dizaine de mètres maximum) au bas de la zone intertidale sur des sédiments sableux ou vaseux, parfois sur les récifs coralliens et dans les mangroves. Elle vit aussi bien en mode abrité que battu, où elle forme de vastes herbiers denses.

Syringodium filiforme Kützing

Les feuilles mesurent de 10 à 30 cm de long et 0,8 à 2 mm de large environ. Elles sont au nombre de deux ou trois par tige, sont tubulaires et possèdent deux nervures péricentrales. Une gaine de 2,5-6 cm de haut est présente. L'extrémité des feuilles a tendance à s'affiner.

Il y a souvent trois racines par nœud qui peuvent s'enfoncer entre 1 et 10 cm dans le sédiment.



© T.Saxby IAN Image Library (ian.umces.edu/imagelibrary/)

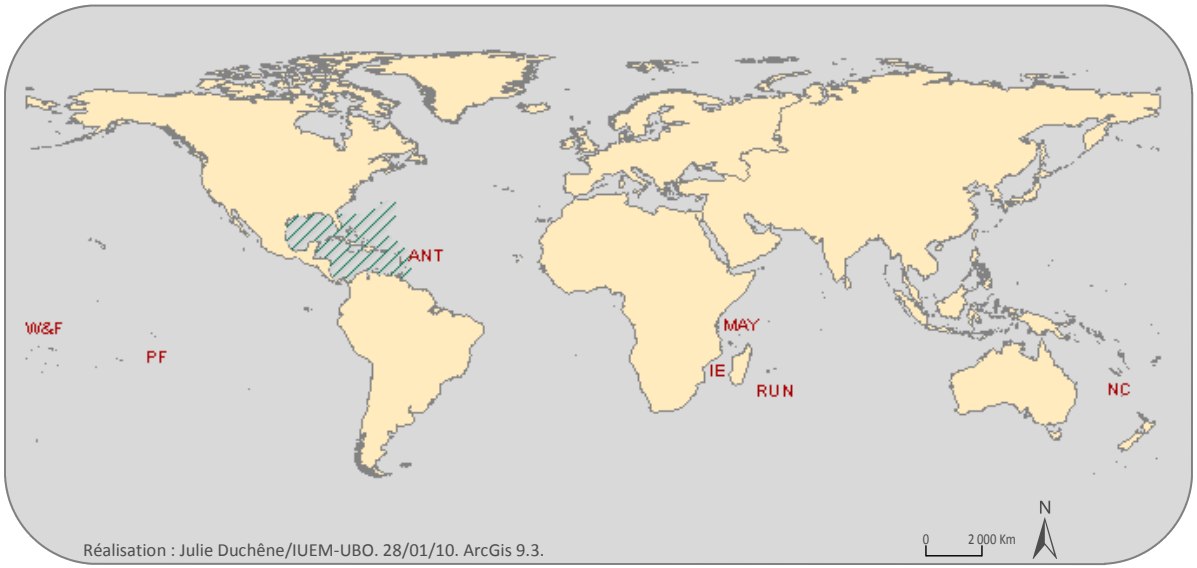
L'autre espèce du genre *Syringodium* (*S. isoetifolium*) s'en différencie par une gaine plus courte et davantage de nervures péricentrales. En outre, elle n'a pas colonisé l'Océan Atlantique donc est absente de cette région du monde.

Aussi nommée herbe à lamantin (manatee grass), c'est l'une des sources d'alimentation préférentielle de ces mammifères.



© F.Mazéas

Distribution géographique de *Syringodium filiforme*



ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Sa distribution est restreinte aux côtes bordant la Mer des Caraïbes, le Golfe du Mexique et l'Océan Atlantique centre-ouest. Intolérante aux longues périodes d'exondation, cette espèce coexiste souvent avec *Thalassia testudinum* sur des fonds vaseux en zone subtidale jusqu'à 10 m de profondeur, parfois jusqu'à une vingtaine de mètres où elle forme des herbiers monospécifiques.

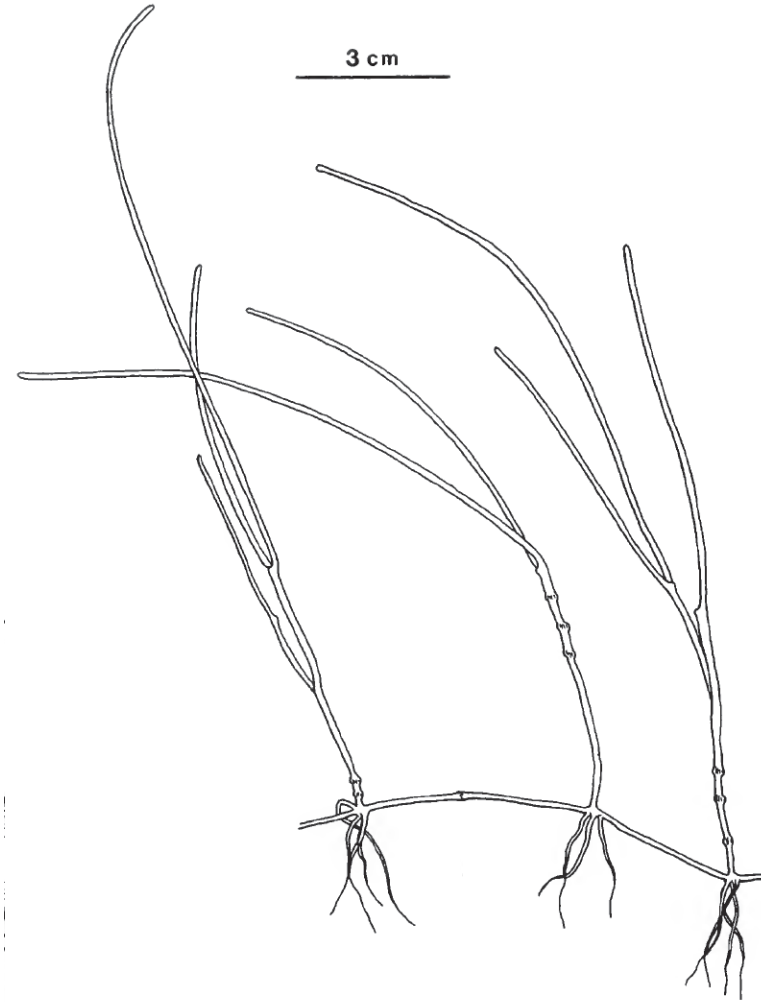
Elle résiste aux faibles salinités, ce qui lui permet de coloniser les milieux saumâtres, en particulier près des rivières.

Syringodium isoetifolium (Ascherson) Dandy

Les feuilles sont fines (1-2 mm de large), plus étroites à la base et effilées à l'extrémité. Leur longueur est variable, elles peuvent atteindre 50 cm de long. Elles sont tubulaires et renferment des cavités d'air.
Le rhizome est fin et possède à chaque nœud une courte tige portant 2 à 3 feuilles. Il y a une gaine (1,5-4 cm de long) et une ligule.



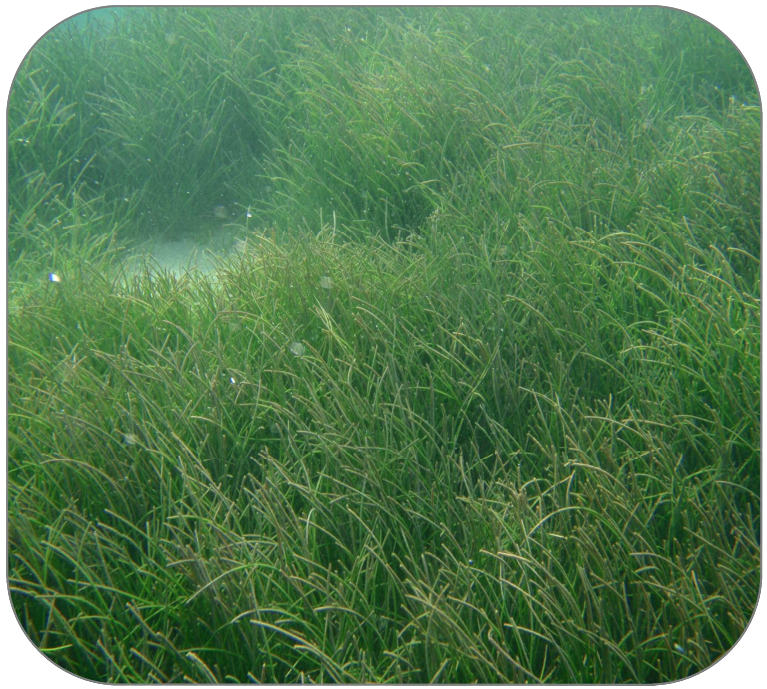
© C.Hily



Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

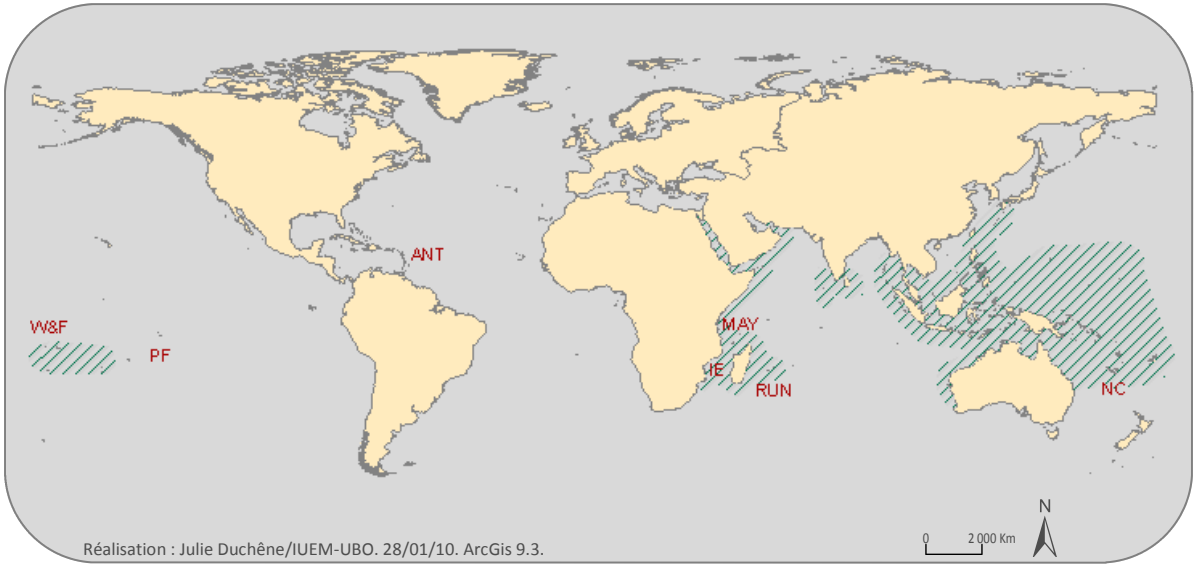
A première vue, on peut confondre les feuilles de cette espèce avec celles de *Halodule spp.*, *Zostera capricorni*, *Cymodocea rotundata* et *Thalassia hemprichii* lorsqu'elles sont fines, mais la forme cylindrique des limbes de *Syringodium isoetifolium* est caractéristique. Elle peut aussi être confondue avec *Syringodium filiforme*, mais cette dernière n'est présente qu'en Atlantique.

C'est une plante très consommée par les tortues marines.



© C.Hily

Distribution géographique de *Syringodium isoetifolium*



ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Cette espèce est présente à l'ouest et au centre de l'Océan Pacifique, sur les côtes bordant l'Océan Indien et en Mer Rouge. Elle vit sur des sédiments fins sableux ou vaseux en milieu subtidal (jusqu'à 10 m de profondeur) et forme très fréquemment des herbiers denses monospécifiques en milieu récifal. Il lui arrive également de coexister avec d'autres espèces de phanérogames marines, mais de manière dispersée. Elle ne tolère que de courtes périodes d'exondation et est très sensible à un excès en sels nutritif auquel elle répond par une croissance rapide.

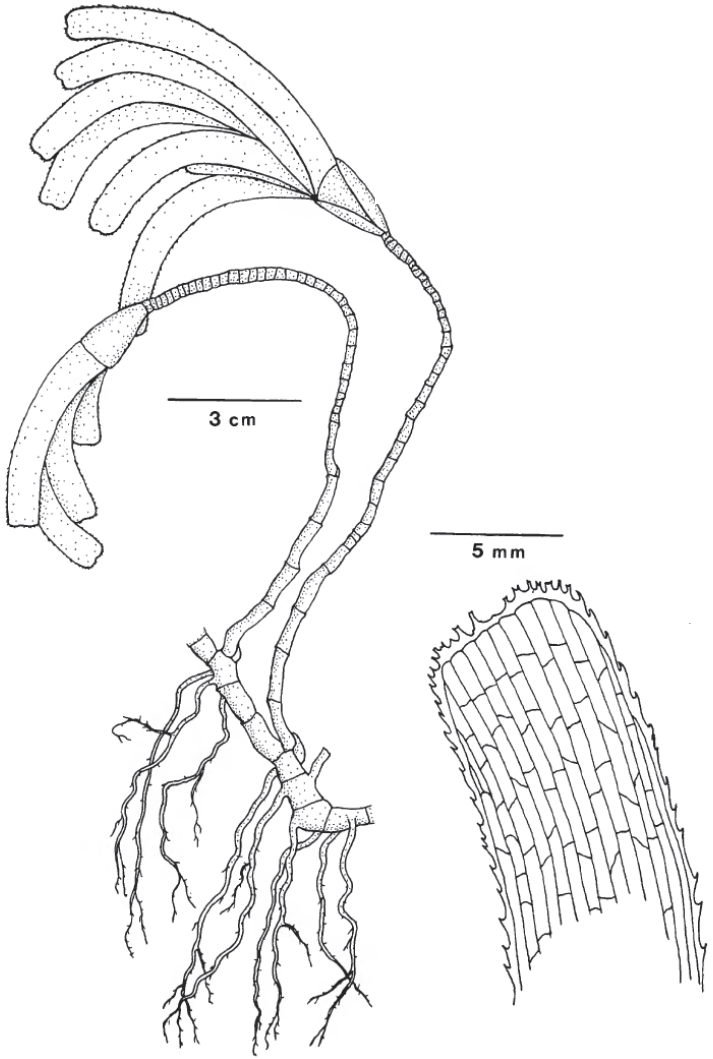
Thalassodendron ciliatum den Hartog

Cette espèce possède une tige verticale (8-70 cm de long) portant des cicatrices foliaires. À l'extrémité de cette longue tige, des feuilles plates généralement courbées et regroupées à leur base dans une gaine d'1,5 à 3 cm de long forment un bouquet. Leur extrémité est arrondie et leur bordure denticulée de manière irrégulière. Elles mesurent environ 10 cm de long pour 1 cm de large et possèdent 17 à 27 nervures parallèles. Il y a présence d'une ligule de 2 mm de long environ.

Le rhizome est ligneux avec de nombreuses cicatrices. Il est résistant, avec des racines robustes permettant la fixation sur des substrats durs.



© C.Hily



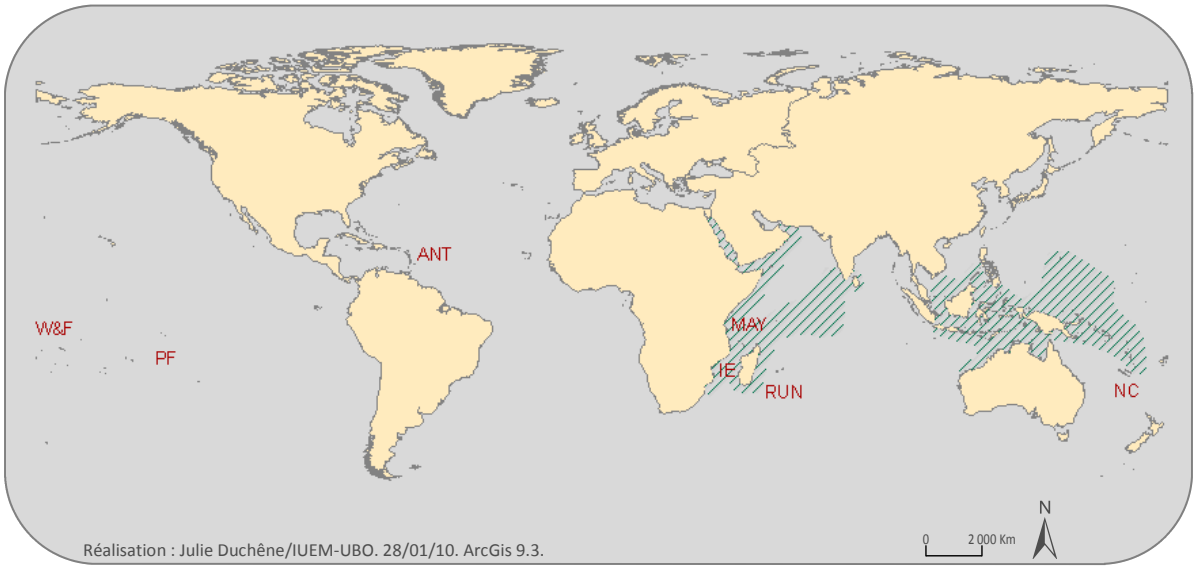
Source : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

Cette espèce très caractéristique ne peut être confondue qu'avec l'autre espèce du même genre *Thalassodendron*, *T. pachyrhizum*, présente sur la côte sud-ouest de l'Australie uniquement. Celle-ci a une gaine deux fois plus longue et moins de nervures sur les feuilles qui ont surtout une bordure découpée par des appendices trapézoïdes.



© C.Hily

Distribution géographique de *Thalassodendron ciliatum*



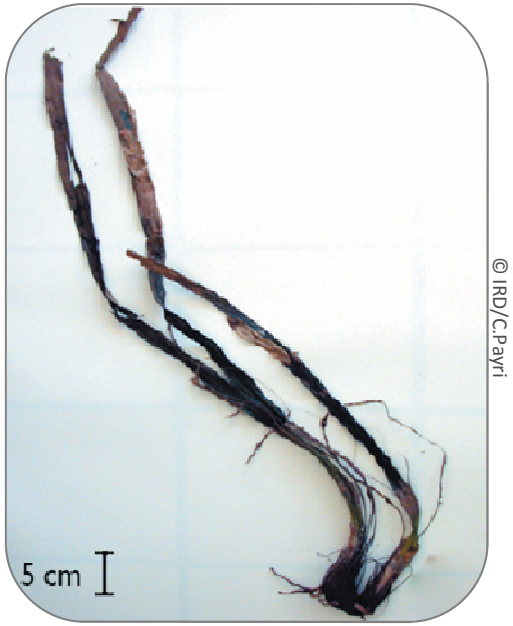
ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Cette espèce est courante dans les océans Indien et Indo-Pacifique et en Mer Rouge. Elle affectionne les substrats durs ou rocheux. On la trouve donc communément du haut de la zone subtidale jusqu'à 10 m de profondeur et sur les platiers récifaux, où elle forme souvent des herbiers monospécifiques, principalement à cause de la qualité du substrat.
C'est une espèce intolérante aux apports d'eau douce, mais elle est résistante à la houle.

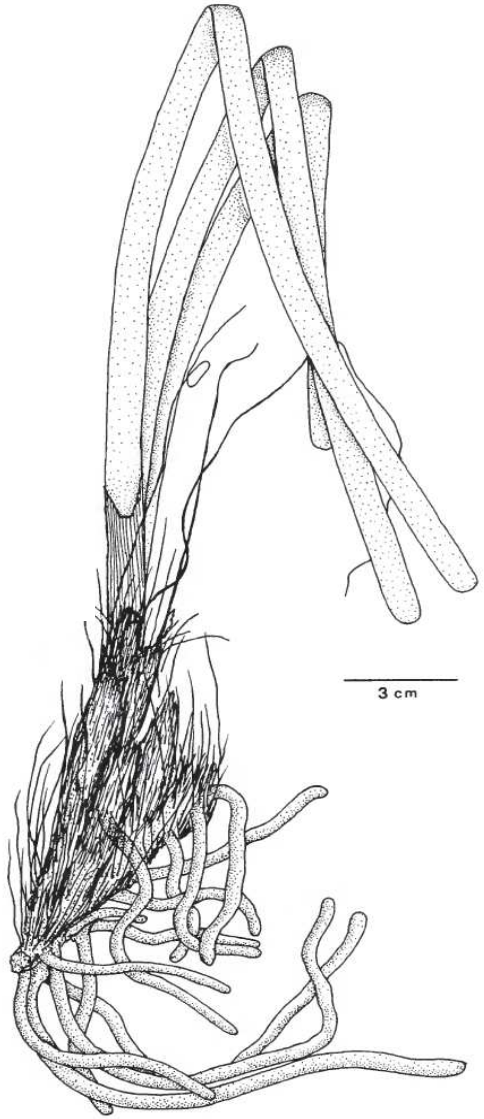
Enhalus acoroïdes (Linnaeus f.) Royle

Les feuilles plates (vertes foncées) sont robustes et bien développées : de 30 cm jusqu'à 2 m de long, de 1,2 à 2 cm de large. Leurs bords sont recourbés, donnant d'un côté un aspect lisse à la feuille et de l'autre celui d'une gouttière. Elles ont de nombreuses nervures parallèles et leur extrémité est ronde ou plus fine, souvent asymétrique.

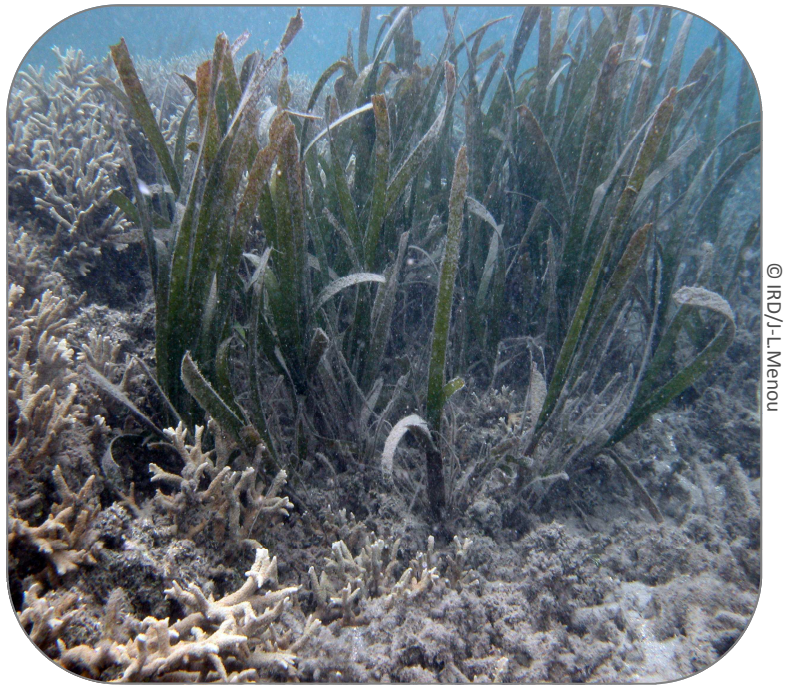
Le rhizome, très épais, mesure 1,5 cm de diamètre et est recouvert d'un duvet foncé formé par les restes des feuilles, tandis que les nombreuses racines ressemblant à des cordes (larges de 3 à 5 mm) sont claires. L'ensemble forme une matte épaisse.



© IRD/C.Payri

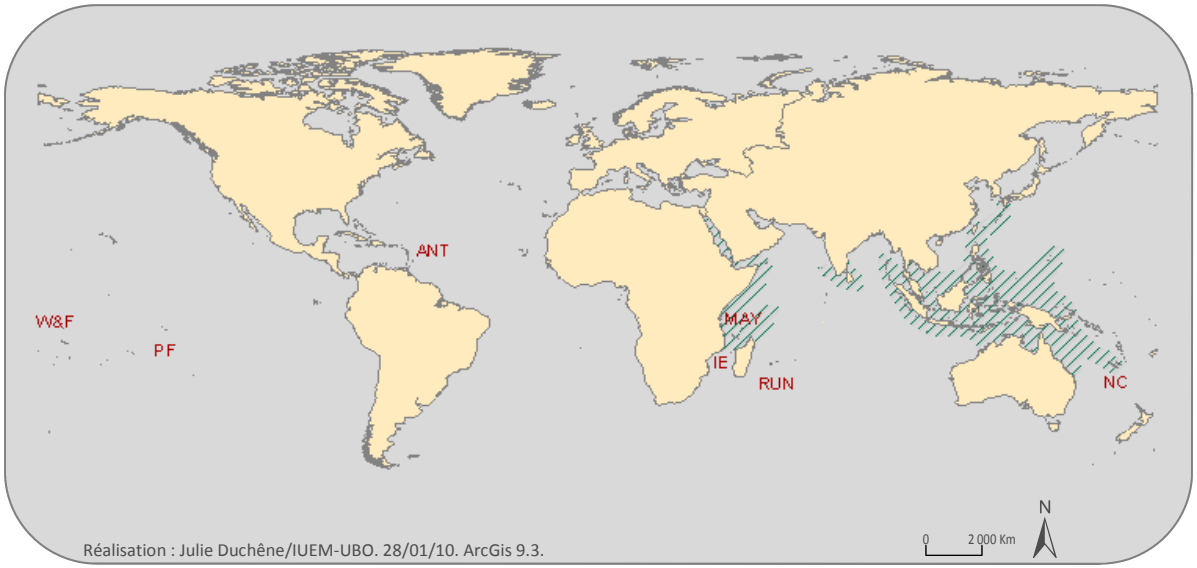


Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34



© IRD/J-L.Menou

Distribution géographique de *Enhalus acoroïdes*

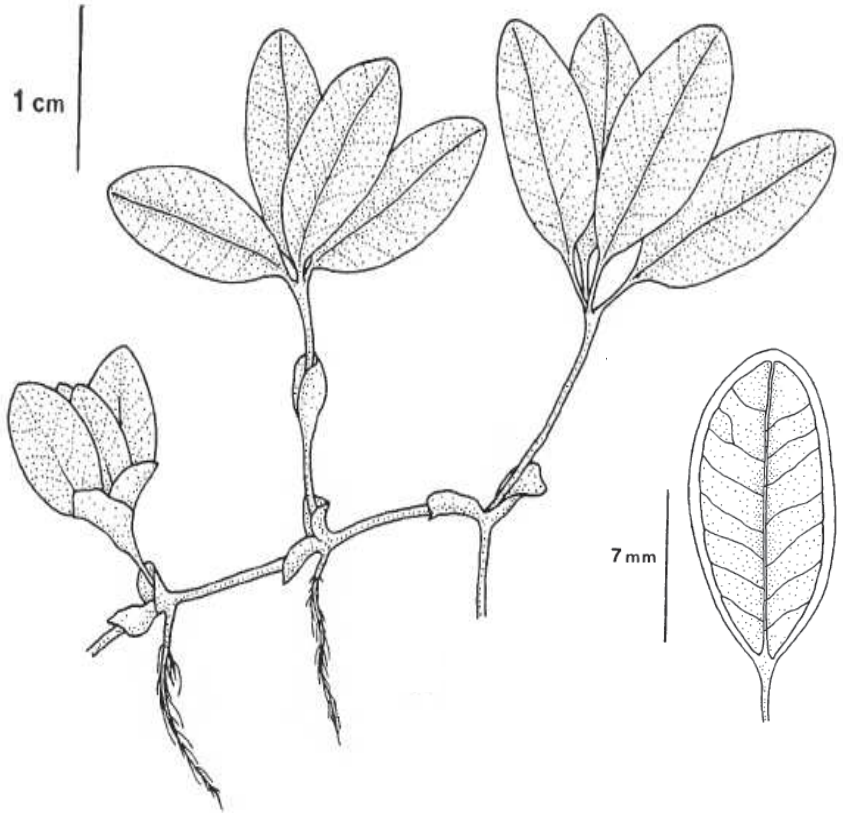


ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Cette espèce est présente à l'ouest de l'Océan Pacifique, dans l'Océan Indien et en Mer Rouge. Elle affectionne les vastes baies abritées ou les mangroves. Elle forme des herbiers très étendus, mono ou plurispécifiques en milieu intertidal, subtidal jusqu'à 4 m de profondeur en général, saumâtre ou récifal sur des sédiments sablo-vaseux.

Halophila baillonis Ascherson

Les feuilles, au nombre de 4, sont ovales. Leur longueur est comprise entre 0,5 et 2,2 cm et leur largeur entre 2 et 8 mm. Elles sont portées par une tige, possèdent une nervure centrale et 3 à 8 paires de nervures latérales inclinées à 60-80°, reliées par des nervures croisées.
Le rhizome est fin, un pétiole distinct mesurant de 2 à 5 mm de long est présent.



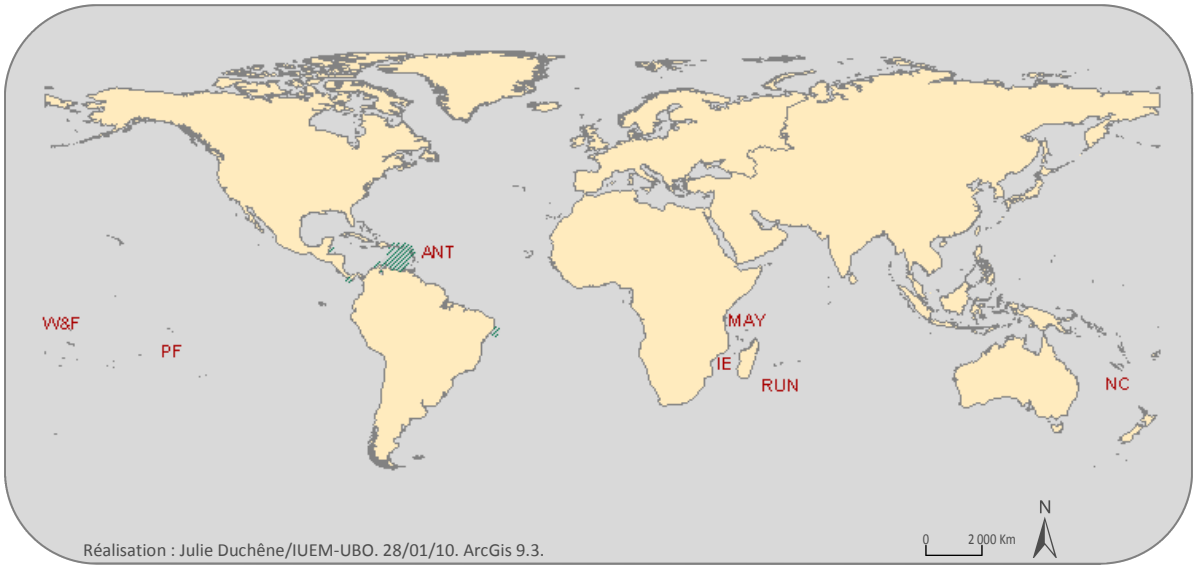
Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

Cette espèce peut être confondue avec *Halophila engelmanni*, mais on les distingue du fait que celle-ci possède un plus petit nombre de feuilles, avec un apex arrondi, ainsi qu'un long pétiole.



© F.Short

Distribution géographique de *Halophila baillonis*



ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Cette espèce à distribution limitée est présente à l'est de la Mer des Caraïbes, sur la côte pacifique du Panama, sur la côte nord du Venezuela et de la Colombie, à l'extrémité est du Brésil, ainsi qu'au Belize. Elle vit dans des zones abritées et peu profondes sur des substrats allant de la vase au sable grossier. C'est une espèce euryhaline, que l'on peut trouver dans les estuaires, les lagunes, les mangroves, etc.

Elle forme des herbiers monospécifiques, parfois plurispécifiques. On la rencontre du haut de la zone subtidale jusqu'à 30 m de profondeur.

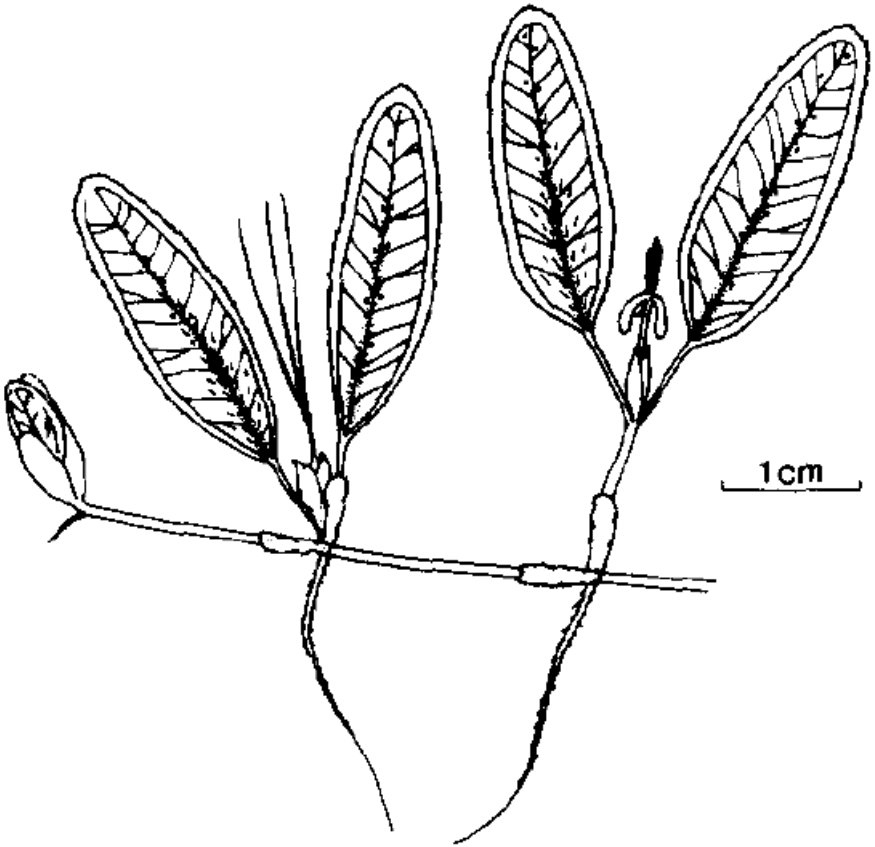
Halophila capricorni Larkum

Les paires de feuilles ovales peuvent atteindre 3 cm de long pour 0,9 cm de large. Elles sont portées par une tige courte dressée et protégée par une écaille translucide velue (5 à 8 mm). Les feuilles légèrement denticulées (0,3 mm de profondeur) sur les bords présentent la particularité d'être recouvertes d'un duvet (0,6 mm de haut) sur un côté seulement. Elles possèdent une nervure centrale, 9 à 14 nervures latérales et une nervure périphérique, ainsi qu'un pétiole long de 3 à 8 mm.

Le rhizome mesure entre 0,9 et 1,5 mm de diamètre.



© IRD/C.Geoffray



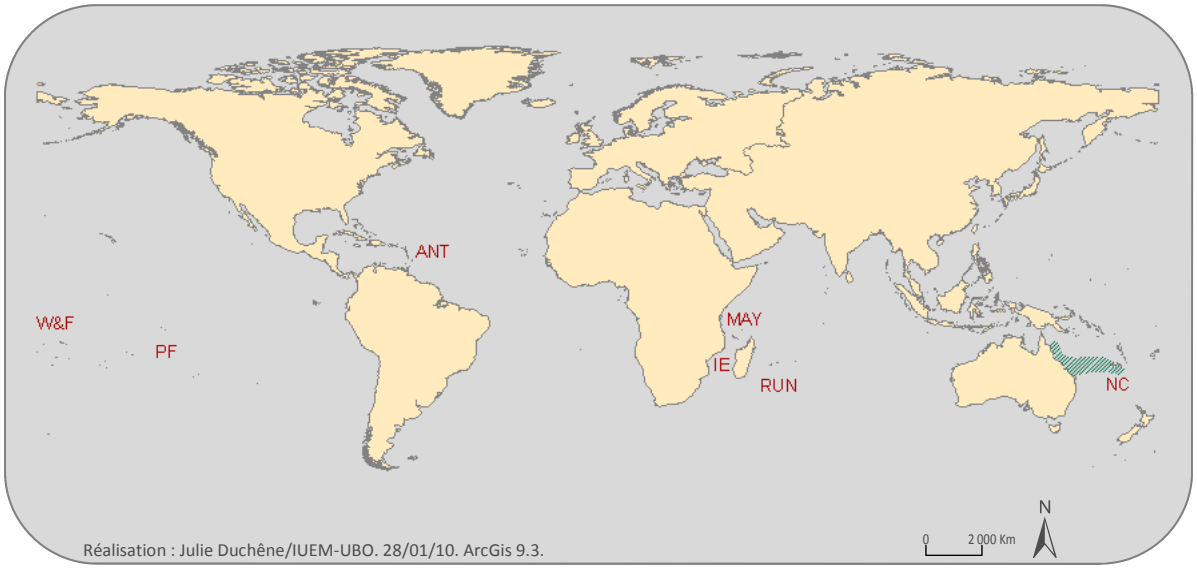
Source : Larkum A.W.D., 1995, *Halophila capricorni (Hydrocharitaceae) a new species of seagrass from the Coral Sea*, Aquatic Botany n°51

Cette espèce ressemble à *Halophila decipiens*, avec qui elle a probablement été confondue jusqu'à sa description en 1995, mais les feuilles de celle-ci sont légèrement moins larges et sont duveteuses sur les deux faces. En outre, son rhizome est deux fois plus mince.



© J-L.Menou

Distribution géographique de *Halophila capricorni*



ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

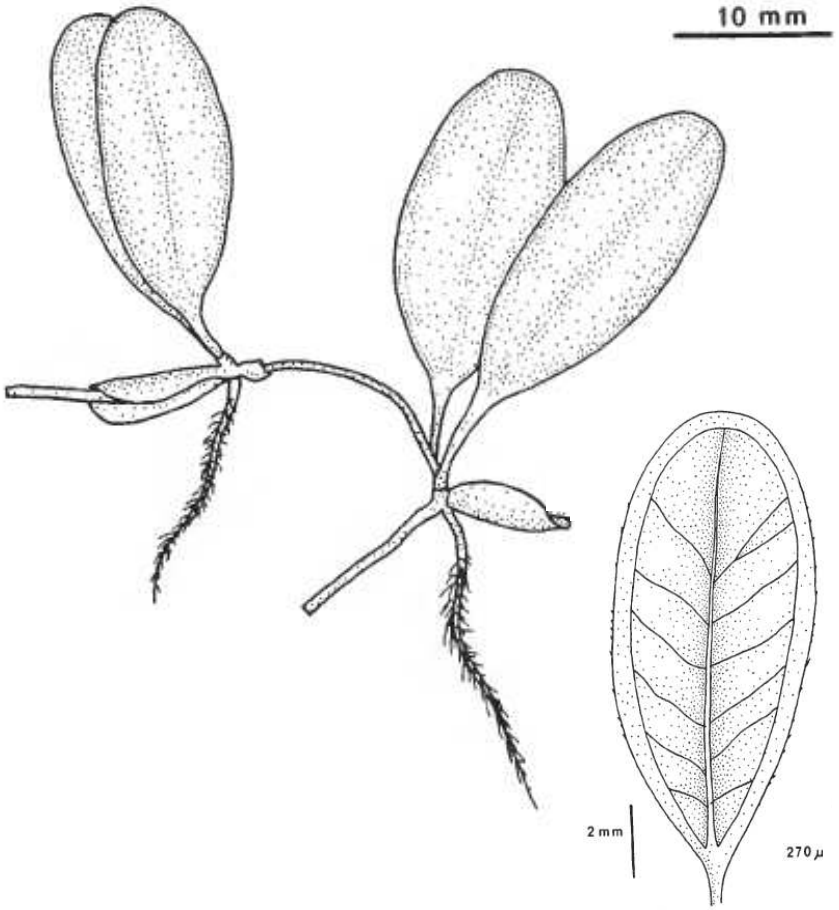
Cette espèce récemment nommée (1995) n'a jusqu'à présent été identifiée que sur la grande barrière de corail en Australie, dans la Mer de Corail et en Nouvelle-Calédonie. Il est possible qu'elle soit également présente dans la zone mélanésienne (elle a été peut-être été observée aux Philippines). Elle vit en zone subtidale et profonde (supérieure à 20 m) sur des substrats parfois grossiers ainsi que sur les pentes externes des récifs coralliens dans des eaux claires.

Halophila decipiens Ostenfeld

Cette espèce possède des paires de petites feuilles translucides avec un court pétiole de 3 à 15 mm de haut. Elles sont portées par une tige dissimulée par une écaille translucide velue (4 à 5 mm). Les feuilles ovales et allongées peuvent atteindre 2,5 cm de long pour 0,6 cm de large. Elles possèdent des denticules de petite taille sur le bord externe de la nervure périphérique et du duvet sur chaque face. Elles ont une nervure centrale et 6 à 8 nervures latérales.
Le rhizome est très fin. Il arrive que les racines sortent du sédiment.



© IRD/C.Geoffray



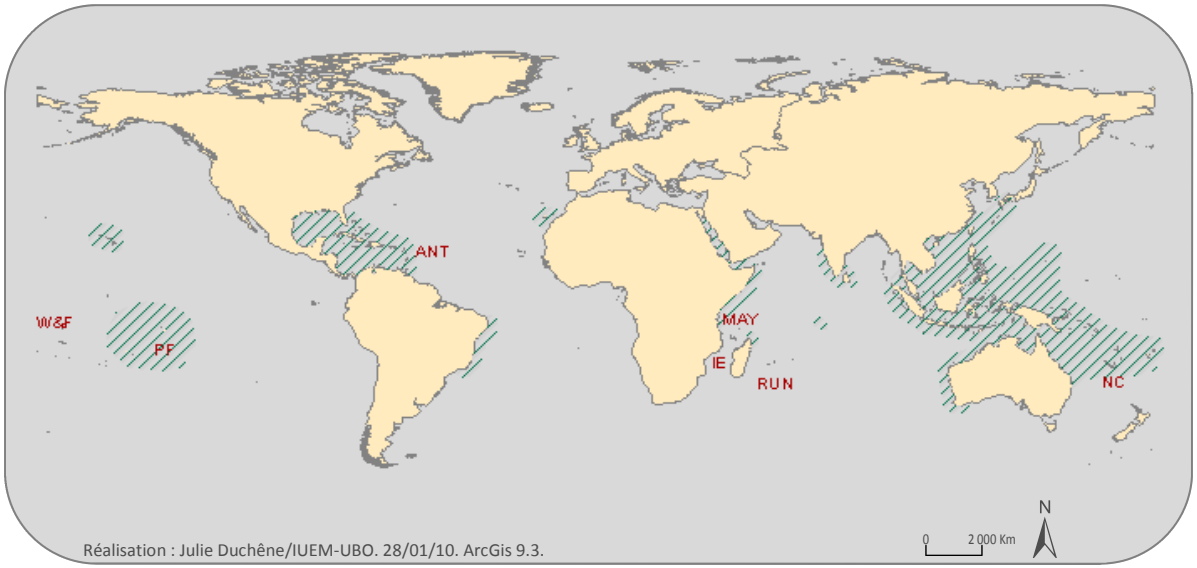
Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

On peut la confondre avec *Halophila capricorni*, mais cette dernière est plus grande et n'est duveteuse que sur une face de la feuille. Son rhizome est également plus épais.



© IRD/J-L.Menou

Distribution géographique de *Halophila decipiens*



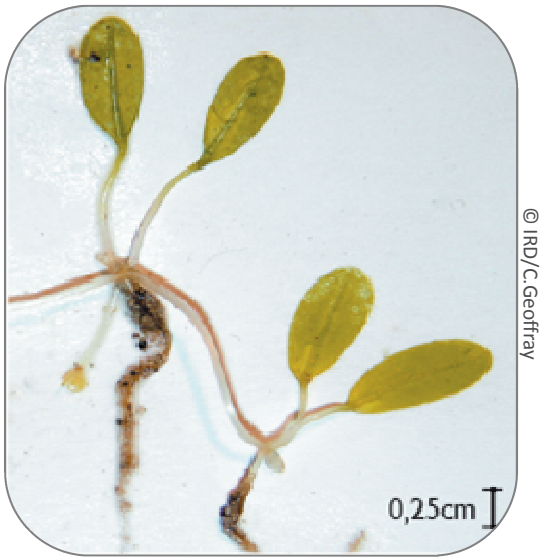
ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Cette espèce pantropicale est commune dans les océans Indien, Pacifique et Atlantique, ainsi qu'en Mer Rouge. C'est l'espèce la plus commune en eau profonde (10 à 30 m en général). Elle tolère très bien les faibles luminosités, il n'est d'ailleurs par rare de la rencontrer à des profondeurs allant jusqu'à 85 m dans les eaux claires. Euryhaline, elle est souvent présente sur les récifs coralliens et dans les milieux sableux. Elle forme majoritairement des herbiers monospécifiques.

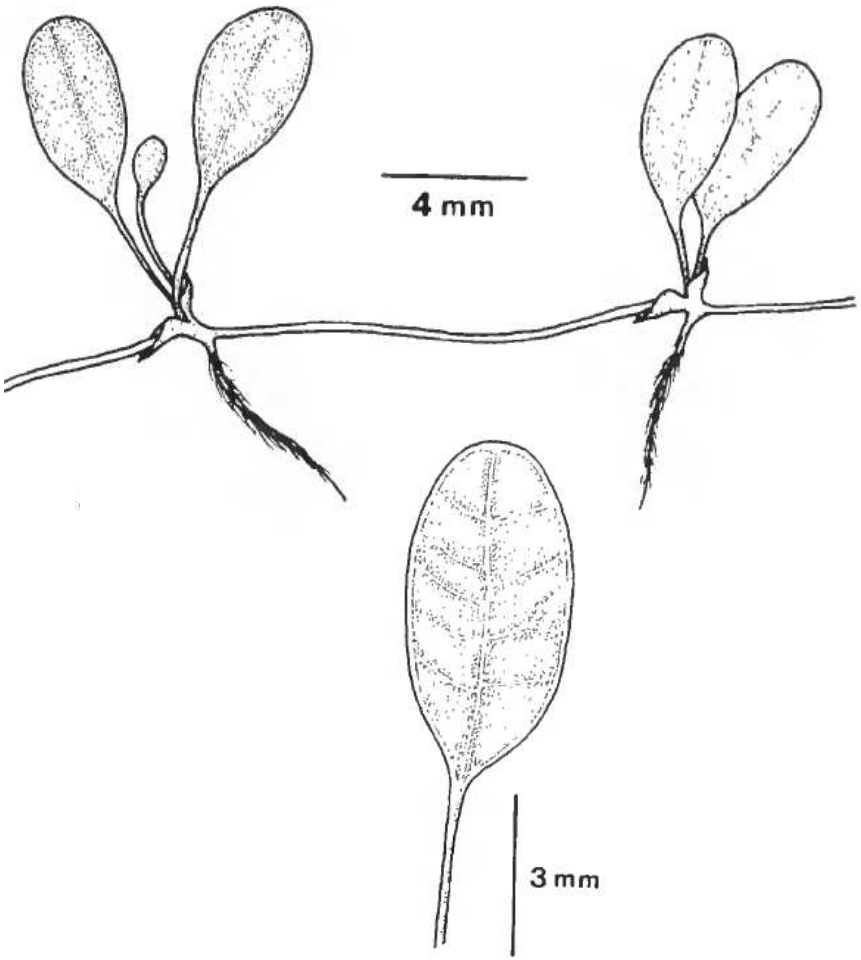
Halophila minor (Zollinger) den Hartog

Les paires de petites feuilles de forme ovale à ronde mesurent entre 0,35 et 0,6 cm de long, pour une largeur comprise entre 0,6 et 1,2 cm. Elles sont portées par un pétiole, entouré d'une paire d'écailles, pouvant mesurer jusqu'à 2 cm de hauteur. Elles possèdent une veine centrale et 7 à 12 paires de veines latérales relativement peu espacées, ainsi qu'une nervure périphérique. Les bords et les surfaces foliaires sont lisses.

Le fin rhizome est de couleur pâle. Il porte une racine à chaque nœud.

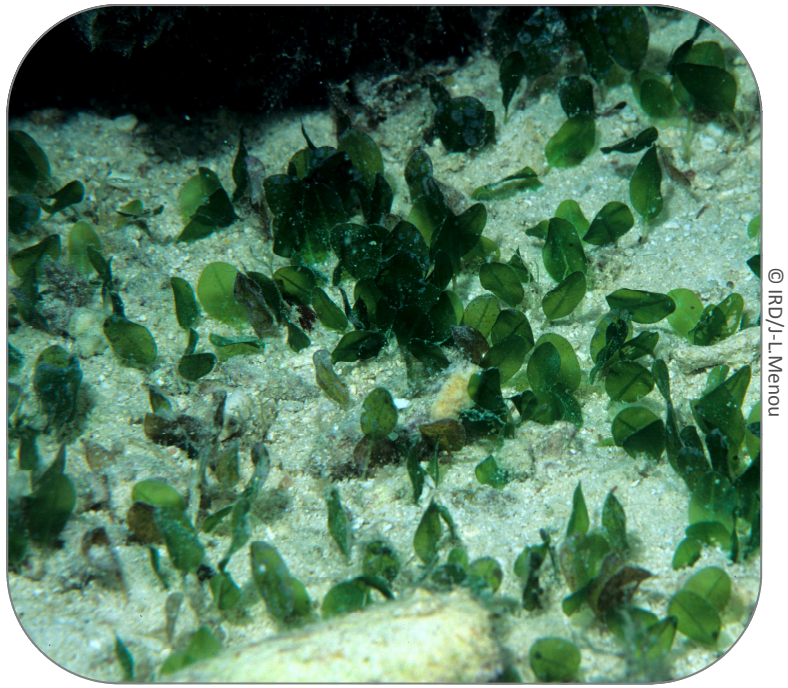


© IRD/C.Geoffray



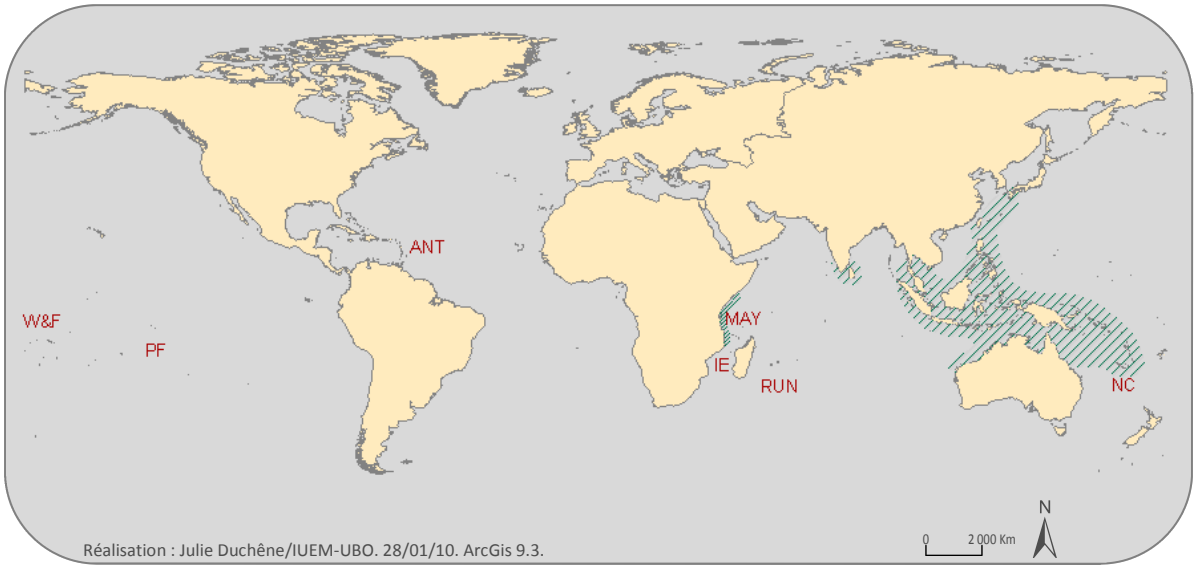
Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

Halophila minor **est désormais considérée comme conspécifique de** ***Halophila ovalis*****. On peut la confondre avec** ***Halophila ovata*****, mais celle-ci est plus large et a des espaces entre les nervures latérales plus grands.**



© IRD/J-L.Menou

Distribution géographique de ***Halophila minor***

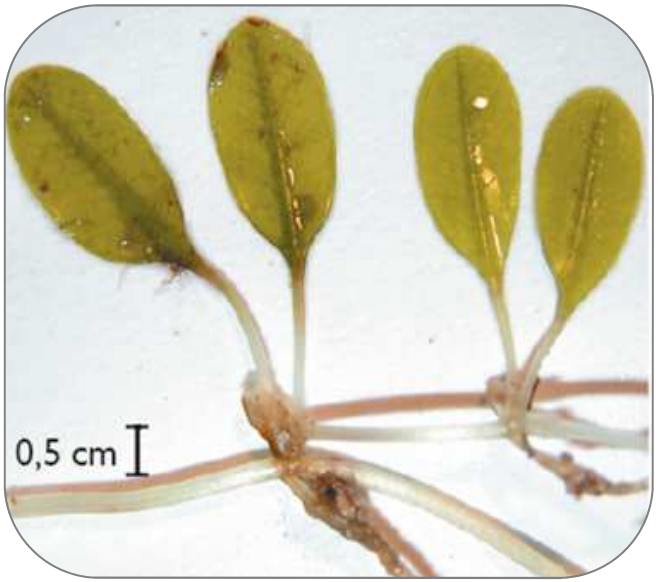


ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

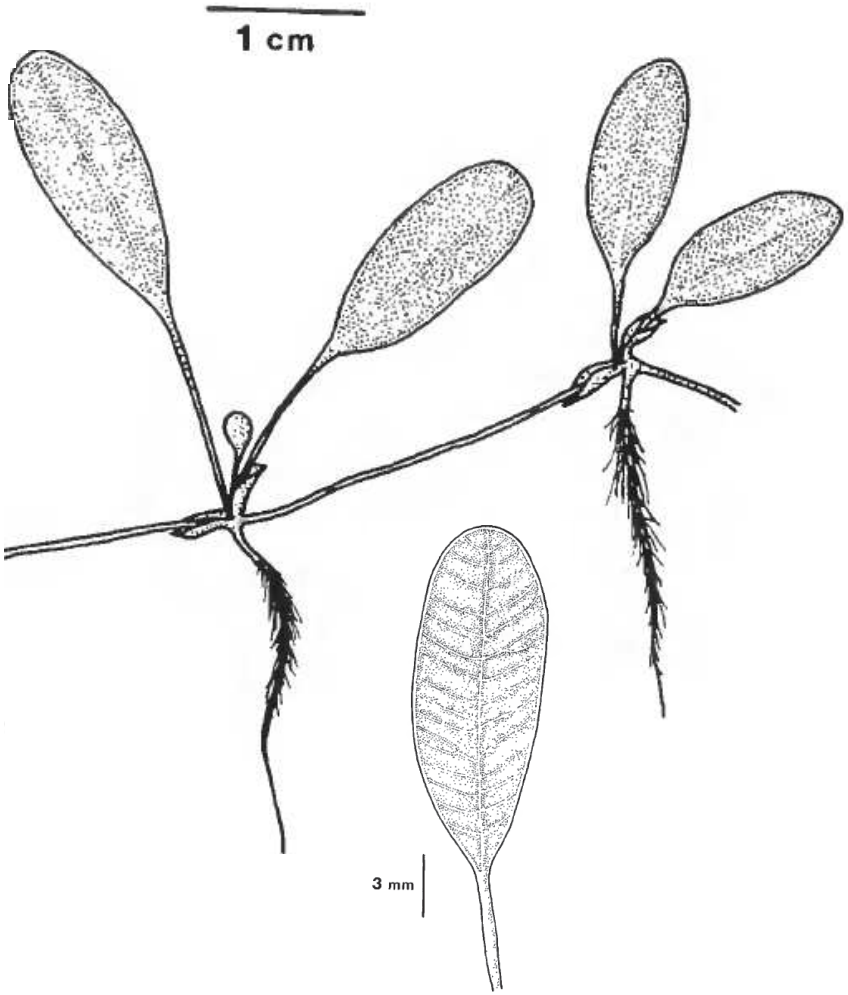
Cette espèce se rencontre dans l'Océan Pacifique ouest, sur les côtes indo-malaisiennes, celles de l'Afrique de l'est et de l'Inde. Elle vit en zone intertidale et subtidale abritée jusqu'à 4 m de profondeur, sur des sédiments plus ou moins grossiers, parfois sur les récifs coralliens, où elle forme des herbiers principalement monospécifiques. Elle tolère l'hypersédimentation.

Halophila ovalis (R. Brown) Hooker

Les paires de petites feuilles lisses de forme ovale à elliptique ont une taille variable. Elles mesurent entre 1 et 4 cm de long, pour une largeur comprise entre 0,5 et 2 cm. Elles sont portées par un pétiole de couleur rose mesurant entre 1 et 4,5 cm et entouré d'une paire d'écailles. Elles possèdent 10 à 25 paires de nervures latérales inclinées à 45-60° par rapport à la nervure centrale. La nervure périphérique est lisse du côté externe de la feuille, tout comme les bords de cette dernière. Le rhizome est pâle et fin. Il porte de fines racines à chaque nœud.



© IRD/C.Geoffray



Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

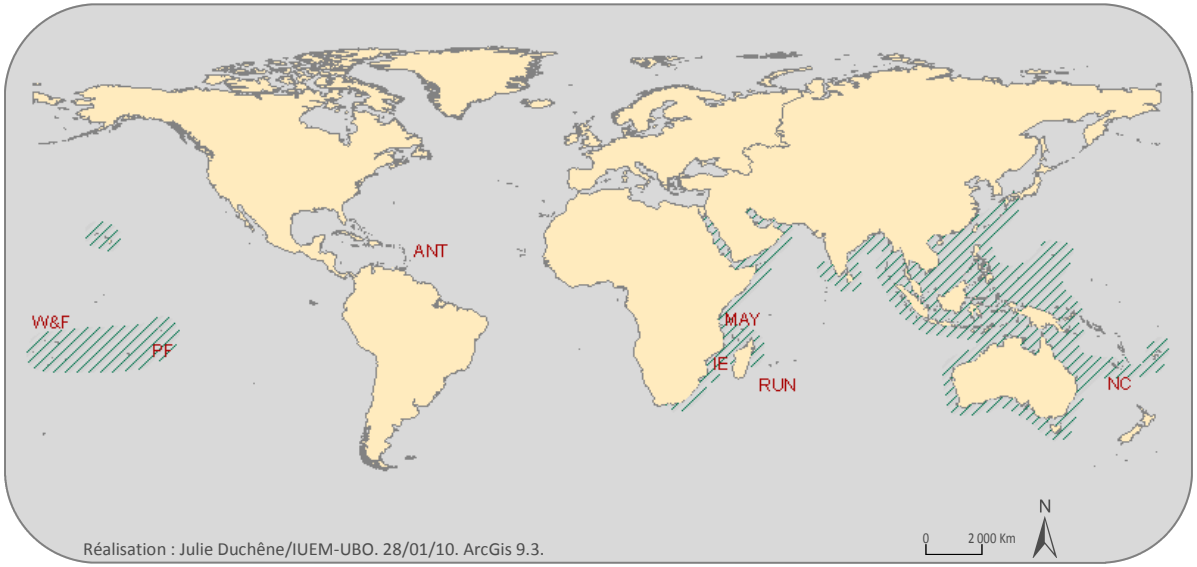
On peut la confondre avec *Halophila ovata*, mais celle-ci est de forme moins allongée. Elles diffèrent par le nombre et l'inclinaison des nervures latérales. Elle peut être prise également pour *Halophila decipiens* mais cette dernière à une bordure de limbe finement denticulée, un duvet et des nervures plus prononcées sur les feuilles qui sont également plus allongées.

C'est l'une des sources d'alimentation préférentielle des dugongs et des tortues juvéniles.



© IRD/C.Geoffray

Distribution géographique de *Halophila ovalis*



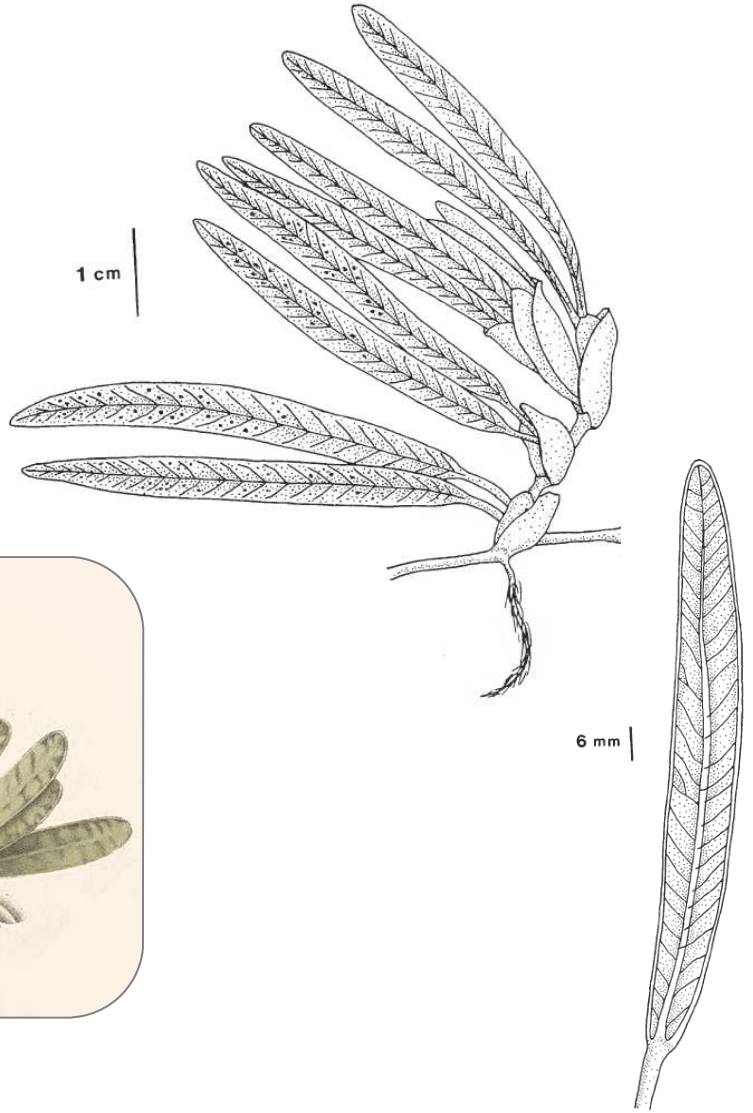
ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Cette espèce a une large répartition dans les océans Indien et Pacifique ainsi qu'en Mer Rouge. Elle forme des herbiers monospécifiques plus ou moins denses et peut vivre également associée à d'autres phanérogames. On la retrouve en zone subtidale, jusqu'à 20 m de profondeur, sur divers types de substrats, des plus durs aux plus meubles. C'est la plus eurytherme des espèces de phanérogames marines. C'est une espèce pionnière mais elle n'a pas la capacité de stabiliser les sédiments : elle est trop petite et sa croissance n'est pas assez dense. Néanmoins, elle est adaptée à la vie sur substrat instable et supporte d'être recouverte par le sable ou la vase.

Halophila stipulacea Ascherson

Chez cette espèce, les paires de feuilles allongées (entre 3 et 6 cm de long) et étroites (entre 0,25 et 0,8 cm de large), avec un pétiole court (maximum 2 cm), sont protégées en leur base par une écaille en biais. Lorsque la tige est petite, les feuilles peuvent alors se retrouver très rapprochées. Les feuilles sont parcourues par une nervure centrale bien visible, ainsi que par des nervures latérales inclinées de 45 à 60°. Leur bord est denticulé, surtout au niveau de l'apex (arrondi) et elles sont parfois recouvertes d'un duvet.

Le rhizome mesure entre 0,5 et 2 mm de large.



Modifié d'après : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34



M.Rubrum, *in* Hemprich F.G., Ehrenberbg C.G., 1900, Symbolae physicae seu Icones Adhuc Inditeae : coroprum naturalium novorum aut minus cognitorum.

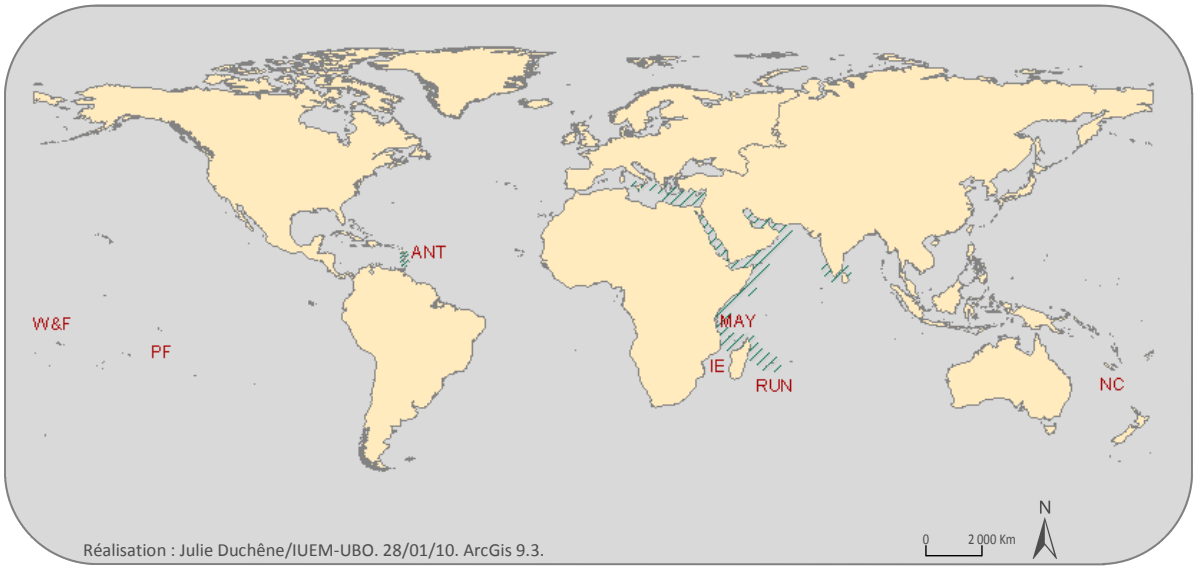
Cette espèce est relativement peu connue. Qualifiée d'invasive, elle a été observée dans la mer des Caraïbes pour la première fois en 2002 (Grenade). Sa progression continue d'être signalée autour des îles antillaises (Dominique, Sainte-Lucie, Antigua, Martinique, Guadeloupe).

C'est une source d'alimentation pour les dugongs et les lamantins.



© L.Juhel

Distribution géographique de *Halophila stipulacea*



ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

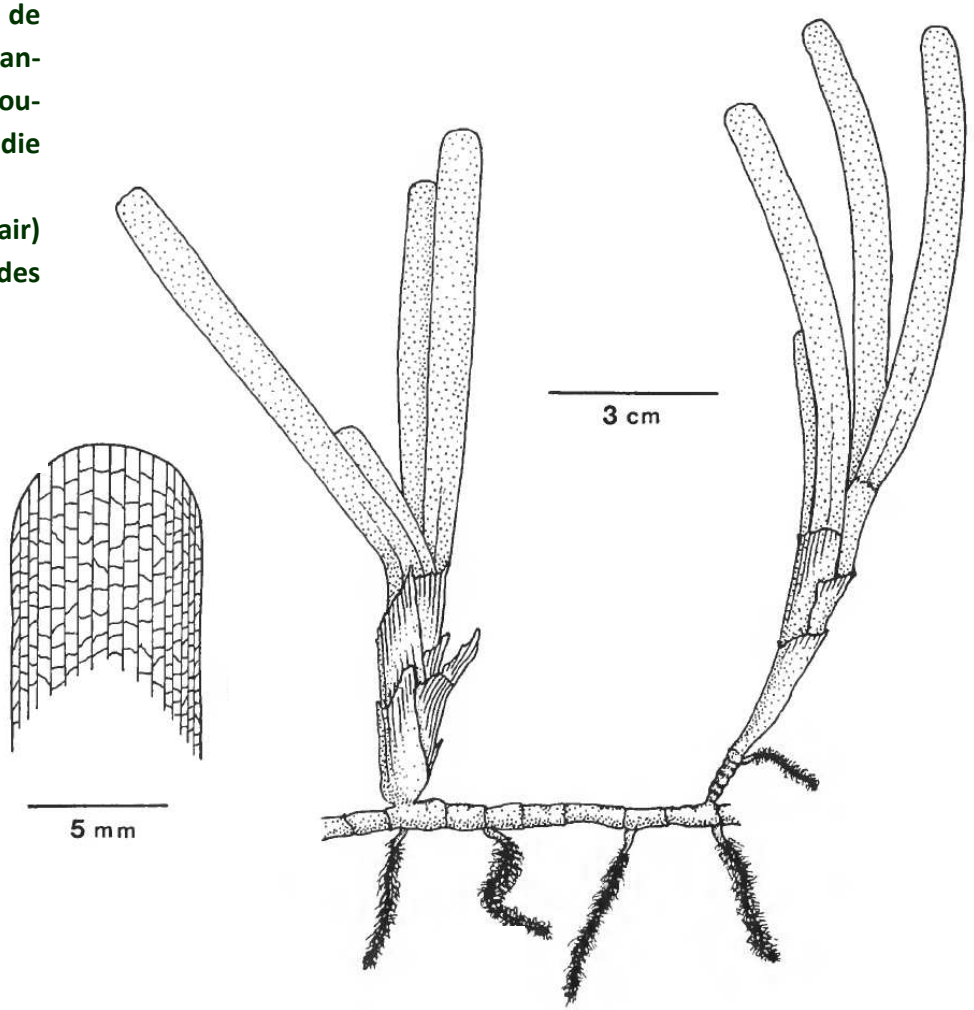
Cette espèce a été recensée dans l'Océan Indien (sur la côte est africaine, à Madagascar, sur la côte ouest de l'Inde) ainsi que dans les mers Rouge, Méditerranée et des Caraïbes. Elle semble avoir une gamme de tolérance assez élevée, notamment à la salinité. Elle forme des herbiers parfois denses en zone subtidale jusqu'à 20 m de profondeur, en fonction de laquelle sa densité et sa biomasse diminuent alors que la longueur des feuilles augmente. Sa limite de répartition supérieure est liée à son intolérance aux UV importants. Elle peut croître en milieu corallien.

Thalassia hemprichii (Ehrenberg) Ascherson

Les feuilles portées par une tige bien développée sont en forme de ruban et légèrement courbées, mesurant jusqu'à 40 cm de long et 1 cm de large. Elles sont parcourues sur toute leur longueur par des cellules à tannins (rouges, violettes ou brunes) qui leur donnent une apparence mouchetée, ainsi que par 10 à 17 nervures parallèles. Leur extrémité arrondie possède de minuscules échancrures.
Le rhizome est fin (maximum 5 mm) et de couleur pâle (blanc ou rose clair) Il porte des cicatrices triangulaires entre les nœuds ainsi que les restes des gaines (3 à 7 cm de long) persistant après la chute des feuilles.



© IRD/C.Geoffray



Source: Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

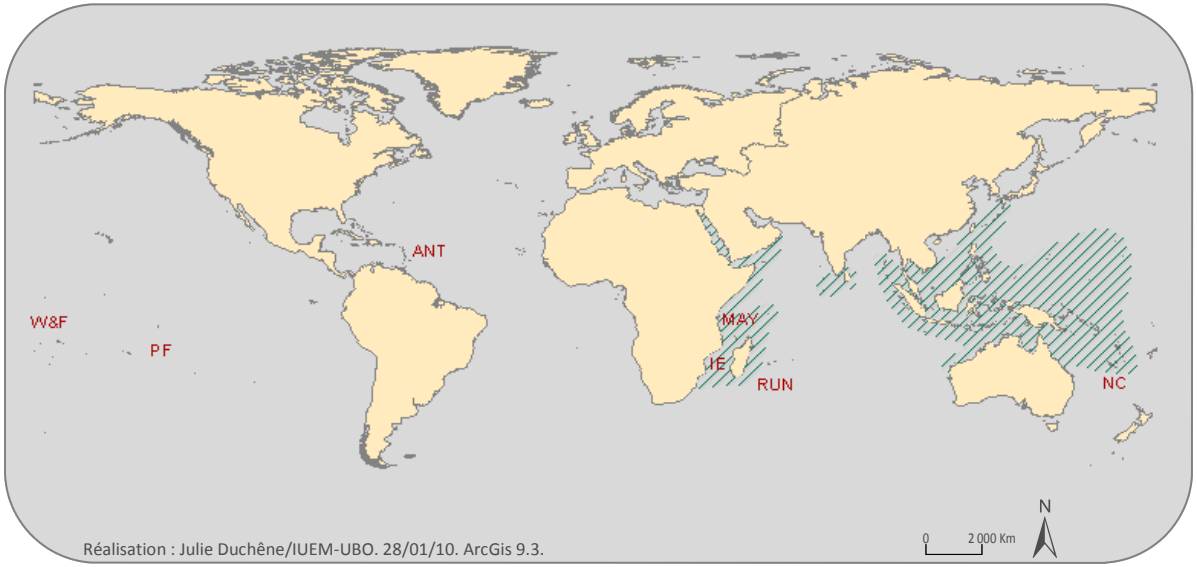
Elle peut être confondue avec *Cymodocea serrulata*, mais celle-ci ne possède pas de cicatrices sur le rhizome. En revanche, elle est parée d'une ligule.

Aussi nommée herbe à tortue (turtle grass), c'est l'une de leurs sources d'alimentation préférentielle.



© IRD/J-L.Menou

Distribution géographique de *Thalassia hemprichii*

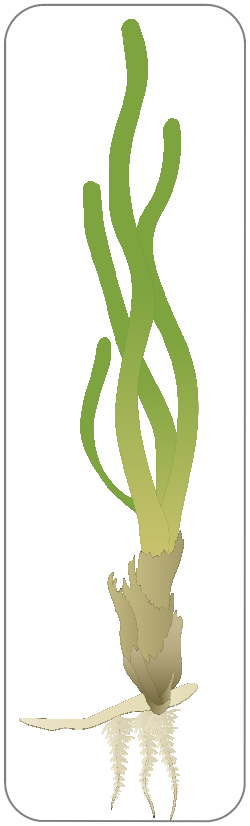


ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

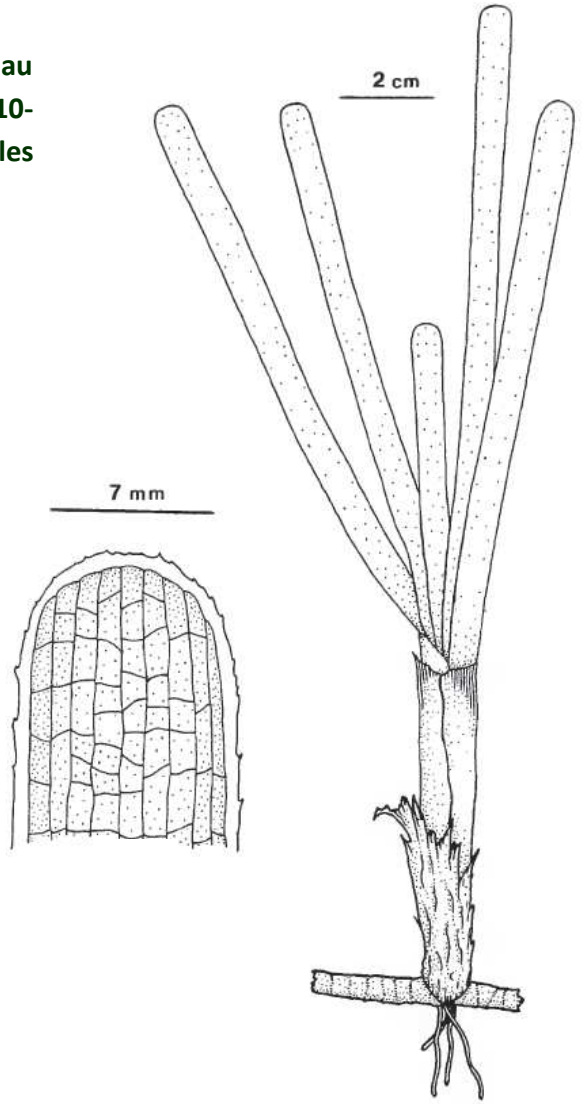
On rencontre cette espèce en Mer Rouge, à l'ouest de l'Océan Pacifique ainsi que dans l'Océan Indien. Cette espèce dominante et stabilisatrice des sédiments se rencontre en zone intertidale et subtidale, jusqu'à 10 m de profondeur, sur des substrats variés et peut vivre sur les récifs coralliens. Elle supporte mal les longues périodes d'exondation et les apports d'eau douce. Elle forme des herbiers denses monospécifiques ou vit associée à d'autres espèces de phanérogames marines (notamment des genres *Halodule*, *Cymodocea* et *Enhalus*).

Thalassia testudinum Banks & Solander

Les feuilles, au nombre de 3 à 7 par pied sont regroupées en faisceau à leur base et sont portées par des tiges dressées. Elles sont longues (10-60 cm) et larges (4,5-10 cm), ayant l'aspect de rubans verts foncés. Elles possèdent une gaine fibreuse et des nervures parallèles.
Le rhizome est fin et peut s'enfouir entre 3 et 15 cm de profondeur.



© T.Saxby IAN Image Library (ian.umces.edu/imagelibrary/)



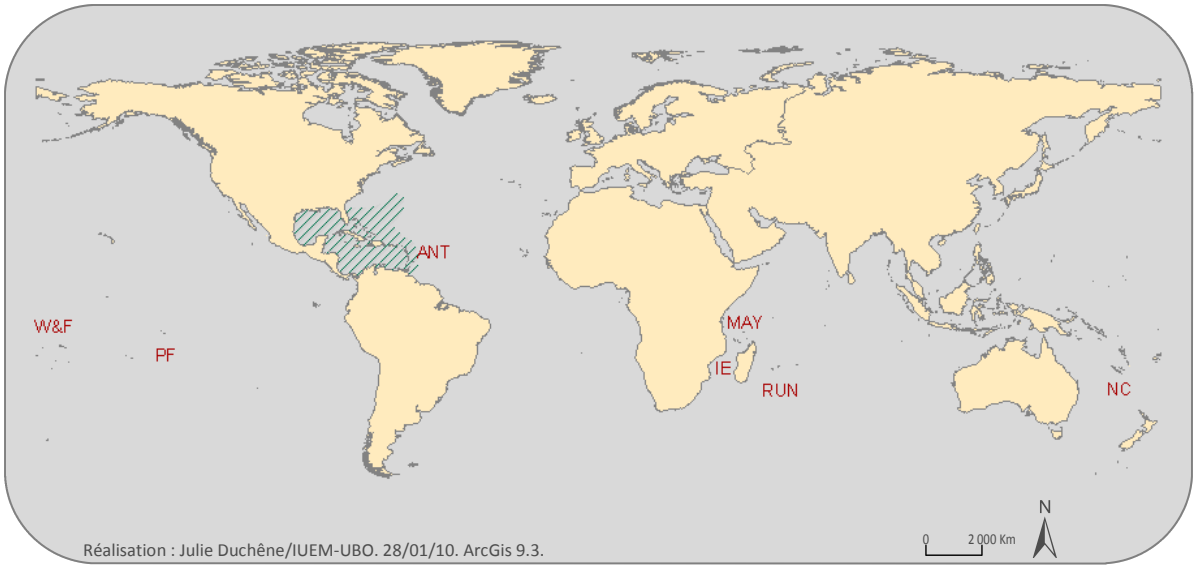
Source : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

Aussi nommée herbe à tortue (turtle grass), c'est l'une de leurs sources d'alimentation préférentielle, de même que pour les lamantins.



© F.Mazéas

Distribution géographique de *Thalassia testudinum*



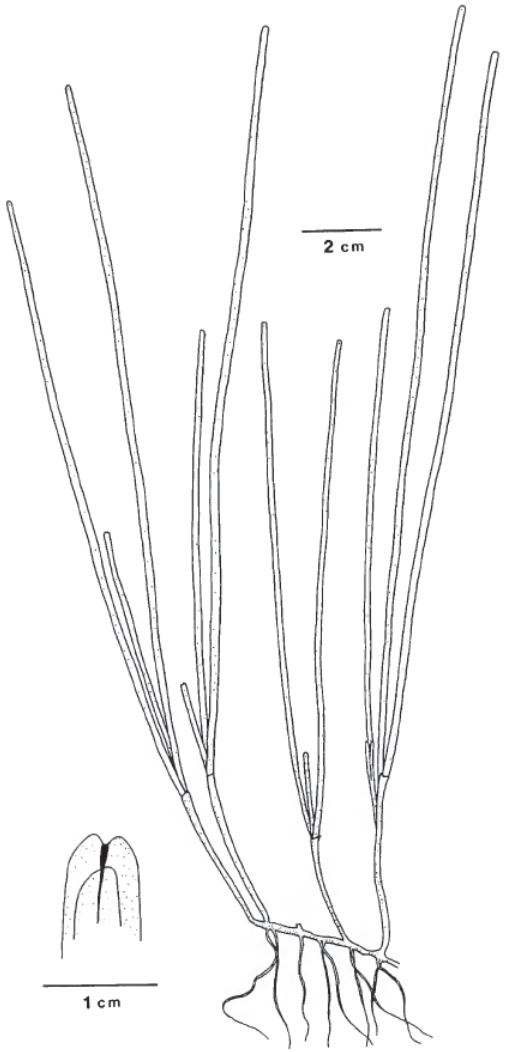
ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Cette espèce est présente en Amérique centrale, dans le Golfe du Mexique, dans les Caraïbes, les Bermudes et en Floride. C'est une espèce climacique qui forme des herbiers denses monospécifiques ou des herbiers mixtes, souvent avec *Syringodium filiforme*, en zone subtidale. Elle vit dans des eaux claires, où on peut la trouver jusqu'à 30 m. Elle tolère difficilement les fortes houles : elle croît dans des zones abritées, sur des substrats variés plutôt vaseux ou sableux. Elle supporte très bien les conditions anoxiques, tout comme les variations de salinité et de température.

Chaque pied de cette espèce peut vivre plus de 10 ans, mais il lui faut 2 à 5 ans pour se remettre d'une dégradation du rhizome.

Zostera capensis Setchell

Comme toutes les espèces de zostères, sa taille et la largeur de ses feuilles est variable. Il existe des formes à feuilles étroites (habitats exposés) ou larges (habitats abrités), pouvant mesurer moins de 10 cm et atteindre 1 m, pour 0,5 à 2,5 mm de large.
Les feuilles plates et profondément nervurées (3 nervures) croissent directement à partir du rhizome, laissant une gaine permanente. Elles sont de couleur verte foncée et sont arrondies et découpées à l'extrémité.
Le rhizome est souvent brun foncé ou jaune.



Source : Phillips R.C., Menez E., 1988, *Seagrasses*, Smithsonian Contributions to the Marine Science n° 34

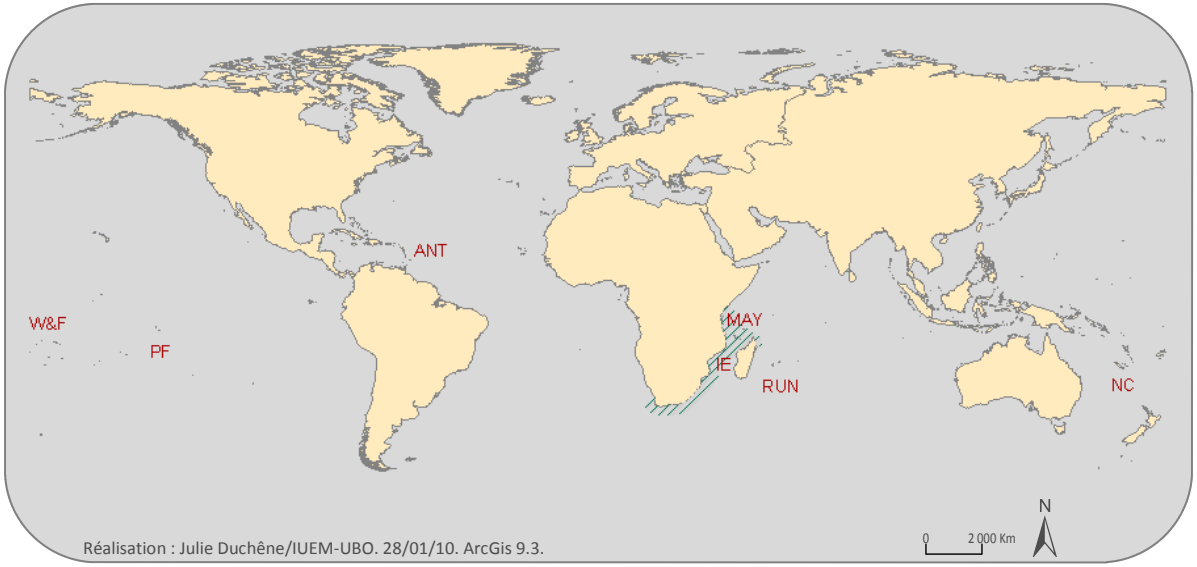
La biologie de cette espèce est peu connue.

On peut la confondre avec *Zostera muelleri*, mais à l'inverse, celle-ci n'est pas profondément échancrée à l'extrémité des feuilles.



© www.steenboknaturereserve.org.za

Distribution géographique de *Zostera capensis*



ANT : Antilles françaises ; **IE** : Iles Eparses ; **MAY** : Mayotte ; **NC** : Nouvelle-Calédonie ;
PF : Polynésie française ; **RUN** : La Réunion ; **W&F** : Wallis et Futuna

Cette espèce est présente à l'extrême sud-ouest de l'Océan Indien : sa distribution s'étend de l'Afrique du sud à l'équateur au Kenya et au nord-ouest de Madagascar. Elle vit dans les estuaires, les prés-salés et les lagunes. Elle est abondante en zone intertidale et subtidale, où elle forme de vastes herbiers monospécifiques denses. On peut également la rencontrer dans des herbiers plurispécifiques.



Conservatoire
du littoral