

Le développement de l'aquaculture est de nature à alléger à terme la pression sur les ressources aquatiques vivantes qui sont limitées face à une demande croissante au moins au rythme de l'évolution démographique. L'impact de l'aquaculture sur l'environnement, en termes de pollution, n'est pas le souci premier dans les pays en développement, l'aquaculture ne se développant que selon des modalités extensives ou semi-intensives. Plus importante au stade actuel est la question de l'adéquation des modes d'élevage aux économies rurales: tandis qu'elle connaît une rapide expansion en Asie du Sud-Est, l'aquaculture demeure largement expérimentale en Afrique. Les compétences françaises du CIRAD, de l'IFREMER, de l'INRA et de l'ORSTOM se sont fédérées dans un Groupe National d'Aquaculture Tropicale pour affronter ces enjeux scientifiques et économiques. La compréhension des relations entre fluctuations environnementales et variabilité des ressources est abordée au sein de programmes également pluridisciplinaires et internationaux, à différentes échelles d'espace et de temps. Le Programme National "Déterminisme du Recrutement" (PNDR), mobilise la communauté scientifique fran-

çaise pour l'exploration de la variabilité de la ressource aux stades larvaires.

La comparaison des zones d'upwelling à l'échelle mondiale doit aboutir à une meilleure compréhension du rôle joué par ces remontées d'eaux froides dans les fluctuations d'abondance des ressources pélagiques: celles-ci constituent entre un tiers et la moitié des débarquements mondiaux et l'une des principales sources d'activité économique pour certains pays.

Les conséquences des El Nino sur l'économie des pays de la façade pacifique de l'Amérique Latine montrent l'importance de tels travaux. La compréhension des interactions entre environnement et ressources est également recherchée par des travaux sur les relations entre la pêche et le climat et notamment les relations entre les sécheresses et les pêches. Depuis 1990, les recherches sont orientées vers l'analyse croisée des dynamiques des ressources et des systèmes d'exploitation qui leur sont liés.

Des instruments sont mis en place pour mener une recherche interdisciplinaire, indispensable pour affronter la complexité des systèmes naturels et des systèmes sociaux qui en dépendent à des degrés divers pour leur survie.

Quelques publications récentes parmi une littérature aussi riche qu'abondante, à seule fin d'illustration de la diversité des domaines explorés. De nombreux films et audiovisuels sont également disponibles auprès des organismes de recherche

- (1) P. Cury, C. Roy (eds.) 1991: Pêcheries ouest-africaines; variabilité, instabilité, changement. Paris, ORSTOM, 525 pages.
- (2) J.R. Durand, J. Lemoalle, J. Weber (eds) 1991: La Recherche face à la Pêche Artisanale. Symp Int ORSTOM-IFREMER, Montpellier, France, 3-7 Jul. 1989, Paris, ORSTOM, 2 t., 1070 pages.
- (3) C. Fay, 1990: Système halieutique et espaces de pouvoir: transformation des droits et des pratiques de pêche dans le Delta Central du Niger (Mali), 1920-1980. Cah. Sci. Humaines, ORSTOM, 1-2: 205-228.
- (4) A. Fonteneau, J. Marcille (eds), 1988: Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique Centre-Est. F.A.O., Doc. Techn. Pêches, 292: 387 pages.
- (5) P. Freon, 1988: Réponses et adaptations des stocks de clupeïdes d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. Paris, ORSTOM, Etudes et Thèses, 287 pages.
- (6) F. Laloe, A. Samba, 1990: La Pêche Artisanale au Sénégal, ressource et stratégies. Paris, Etudes et Thèses, ORSTOM, 354 pages.
- (7) J. Lazard, Y. Lecomte, B. Stomai, J.Y. Weigel, 1991: Pisciculture en Afrique Subsaharienne. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, 155 pages.
- (8) J. Quensière, 1991. Systémique et pluridisciplinarité: l'exemple du programme d'étude de la pêche dans le delta intérieur du Niger, in SEMINFOR 4, "le transfert d'échelle", C. Mullon ed., Paris, ORSTOM 475-492.
- (9) IFREMER - 1989 Avancées en agriculture tropicale Symposium de Tahiti-Polynésie française, 20 fév, 4 mars, Actes de Colloque n°9 Brest IFREMER, 780 pages

L'écosystème corallien : évolution et modélisation

Les modèles de fonctionnement de l'écosystème récifal utilisés par les différentes disciplines scientifiques reflètent la multiplicité des approches.

Un modèle unitaire rendant compte à la fois de la cohésion fonctionnelle de la machine algo-coralienne et de ses aspects phénoménologiques pourrait être établi à partir d'un modèle d'endo-upwelling géothermique.

Francis Rougerie

Directeur de recherches
Département TOA, ORSTOM-Tahiti

Une des particularités de l'écosystème récifal corallien est de pouvoir être appréhendé à

différentes échelles topologiques (un récif constitue un ensemble fractal) et phénoménologiques :

- à l'échelle de l'unité fonctionnelle de base, le polype corallien, dont la partie animale assure la calcification de l'édifice calcaire tandis

que les micro-algues symbiontes (zooxanthelles) photosynthétisent la matrice organique ;

- à l'échelle de la colonie corallienne, dont la spécificité s'exprime par l'existence de milliers d'espèces et de plus de quatre cents genres ;

- à l'échelle de la barrière récifale formée par la croissance et l'agrégation des coraux et des algues calcaires encroûtées.

Le récif barrière : une singularité dans le champ océanique

Ce niveau de macro-intégration atteint son optimum dans le cas des atolls où, après la

disparition par subsidence de l'îlot central, la barrière récifale n'enserme plus qu'un vaste lagon - réceptacle sédimentaire. Les atolls affleurant au niveau des houles de l'océan tropical constituent en fait les plus anciennes (jusqu'à cinquante millions d'années) et les plus massives des structures vivantes de notre planète.

Au plan paléontologique, la filiation corallienne est prestigieuse puisqu'elle représente, au travers des archéocoraux et des récifs spongieux du Cambrien, une lignée issue directement des premières formes de vie symbiotiques et stromatolitiques.

L'extension actuelle des récifs coralliens est de l'ordre de 600 000 km². La modestie de ce chiffre est largement compensée par la très grande diversité biologique qui les caractérise, aussi bien au niveau des biotopes que des espèces libres inféodées.

Paradoxalement, ces oasis récifaux, dont la productivité primaire est très élevée et similaire à celle des forêts tropicales humides, se développent dans un océan tropical caractérisé par sa carence en sels nutritifs et en plancton.

Vers un nouveau modèle de fonctionnement récifal

S'agissant des études récifolagunaires, les approches traditionnelles s'ordonnent selon des plans qui reflètent directement l'origine des disciplines scientifiques concernées.

Les travaux portant sur la fertilité des lagons, leurs ressources et leurs caractéristiques hydrologiques, privilégient un plan horizontal, à base de transect île-lagon-passe-océan. Pour les géologues et les géomorphologues, le plan vertical, à base de forage et de dragage, est la condition nécessaire à l'obtention d'échantillons permettant de dater les calcaires récifaux et d'en définir la minéralogie ou la pétrologie.

Au plan de la signification écologique et de l'exploitation des ressources, le hiatus paraît grand entre les ressources renouvelables (poissons, crustacés, nacres) et les ressources fossiles (phosphates des atolls, hydrocarbures des réservoirs dolomitiques etc.). Ces différentes biomasses, biocénoses et faciès récifaux, construits, détritiques ou diagénétiques représentent les multiples facettes

d'une capitalisation des produits issus du métabolisme des petites polypes coralliens; eux-mêmes sont sous l'étroite dépendance de la production primaire (autotrophe) réalisée par leurs zooxanthelles symbiontes.

L'écosystème algo-corallien est caractérisé par la forte unicité de la fonction autotrophocalcification assurée par la symbiose polypezooxanthelles, à laquelle semble s'opposer la très grande diversité biogéochimique des structures récifolagunaires et des faciès associés. Le récent modèle de fonctionnement par endo-upwelling géothermique peut constituer une réponse à l'ensemble des problèmes posés : dans ce modèle, les eaux océaniques profondes pénètrent à travers les flancs poreux (carbonate ou basalte) et, chauffées par le flux géothermique émanant du socle, s'élèvent jusqu'en haut de la structure calcaire poreuse, où elles débouchent au niveau de la couronne récifale (nettoyée par les houles océaniques).

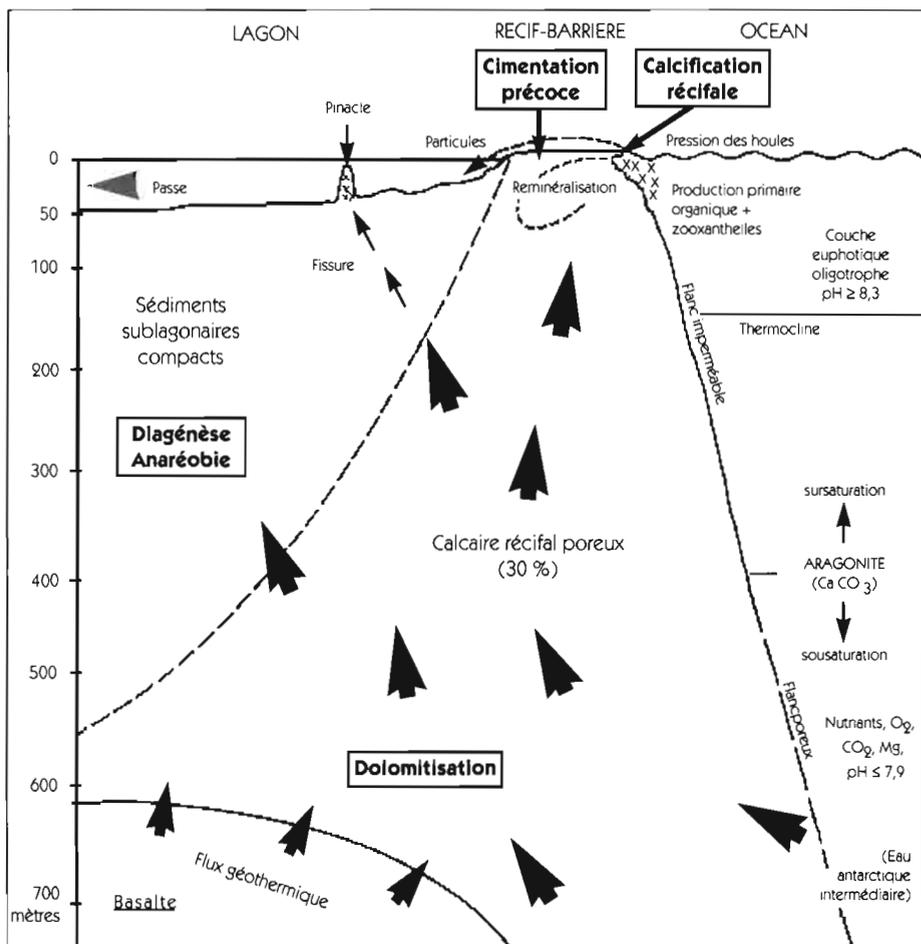
Ce processus de convection thermique interne au récif permet aux zooxanthelles symbiontes d'être alimentées en sels nutritifs neufs venus de l'océan profond. Ce processus peut également rendre compte des diverses diagénèses (cimentation précoce, dolomitisation) et faciès récifo-lagunaires (pinacles, gisements de phosphates, etc.) (Fig. 1).

Les barrières récifales d'îles hautes et d'atolls constituent le signal biologique marquant les sites de sortie des eaux endo-upwellées : le processus est analogue à un hydrothermalisme de basse énergie et ses implications peuvent couvrir la large gamme de ce que l'on appelle le phénomène récifal, à toute échelle de temps et d'espace.

Un programme de vérification et de validation est en cours au centre ORSTOM de Tahiti et fait appel aux traceurs océaniques, aux biomarqueurs et à l'outil isotopique. Dans le même temps, des programmes lagunaires consacrés aux ressources vivantes sont en cours en Nouvelle-Calédonie et à Tahiti dans le cadre du développement des états insulaires.

Une application du modèle d'endo-upwelling : le blanchissement des coraux

Les premiers phénomènes de blanchissement des coraux ont été observés aux Caraïbes à la fin des années soixante-dix et ont été notés depuis, avec une intensité croissante, en diverses zones du Pacifique (Panama, Indonésie, Polynésie). Ce blanchissement peut affecter les coraux sur des secteurs entiers de récifs barrières, de banquettes récifales et d'atolls, et se traduit au bout de quelques mois par une mortalité de 20 à 60 % des coraux blan-



Modèle de fonctionnement des récifs barrières et atolls par endo-upwelling géothermique : le flux d'eau profonde riche en sels nutritifs, débouchant au niveau de la couronne algo-corallienne, entretient la forte productivité primaire et des diagénèses spécifiques (cimentation précoce, dolomitisation, phosphatogénèse...)

chis - soit 10 à 20 % de l'ensemble d'un récif barrière. Il s'agit donc là d'un processus létal très significatif dont l'occurrence répétée peut mettre en cause la survie d'un récif à l'échelle locale, voire régionale.

Ce phénomène amène à poser de nombreuses questions auxquelles peu de réponses sont disponibles. Il apparaît cependant être en relation avec une température océanique excédentaire : en Polynésie par exemple, un blanchissement brutal a affecté les 500 km de récifs barrières des îles de la Société à partir d'avril 1991 (photo ci-dessous), alors que la température océanique atteignait 29,5° C, soit 1,5° C de plus que la moyenne saisonnière. Une synergie avec une augmentation en cours de l'irradiation U.V. atteignant l'océan, consécutive à la diminution de la couche d'ozone, est également possible.

L'application du modèle d'endo-upwelling permet de proposer l'hypothèse d'une diminution du flux de sels nutritifs atteignant l'écosystème algocorallien, par suite de l'atténuation de la cellule de convection interne, lorsque la couche océanique est anormalement chaude. Toutes ces hypothèses demandent à être vérifiées sur le terrain récifal, et à une échelle de temps inférieure à celle de la répétition du phénomène - et donc à la dégradation des récifs à l'échelle locale puis régionale. Là, comme dans beaucoup d'autres écosystèmes de notre planète, l'idée prévaut d'une sorte de compte à rebours létal, dont la vitesse est directement proportionnelle à l'impact de l'homme sur son environnement, et donc en premier lieu à sa démographie exponentielle. Et pourtant il semblerait que la nature ait également horreur des exponentielles...



Blanchissement des coraux en Polynésie en 1991 - ce phénomène brutal et d'une grande beauté a entraîné la mort de 15% des coraux des récifs barrières des îles de la Société. L'effort de recherche actuel paraît timide eu égard à la gravité du problème.

L'écosystème corallien : une recherche qui s'organise

Du fait de l'éloignement des zones récifologiques par rapport aux grands pôles de recherche des pays développés et des difficultés logistiques qui en découlent, les programmes portant sur les milieux coralliens ont longtemps été parcellaires, voire réductionnistes. C'est paradoxalement sous l'égide d'un programme MAB de l'UNESCO que la première tentative de recherche intégrée faite par la communauté récifale française a pu se dérouler sur la période 1975-1980 dans un atoll des Tuamotu (Polynésie française). Des financements CORDET permettent ensuite de renforcer cet effort de coopération entre des équipes du MUSEUM/EPHE (Paris), du C.O.M (Marseille-Endoûme), de l'ORSTOM (Nouvelle-Calédonie et Tahiti) et de quelques universités. Le cinquième congrès international sur les récifs coralliens de l'International Society for Reef Studies (I.S.R.S.), organisé à Tahiti en 1985 par B. Salvat, permit de situer l'importance et la vitalité de la recherche récifale française, dont le champ d'action porte sur les trois océans tropicaux : Polynésie et Nouvelle-Calédonie pour le Pacifique, Mayotte et Madagascar pour l'océan Indien, la Martinique et la Guadeloupe pour l'Atlantique. Plus récemment, la coopération des équipes récifales a été formalisée sous l'égide du P.R.C.O (Programme de Recherche Corallien), programme national financé par l'ORSTOM et l'INSU.

Trois grands thèmes ont été sélectionnés :

- flux de matière : calcification et décalcification, transformation de la matière organique par les poissons, fixation de l'azote ;
- processus d'endo-upwelling géothermique ;
- paléoenvironnement : paléoproduktivité, niveau des mers tropicales, magnétostratigraphie.



Un pâté corallien est un mini oasis où s'agrègent des espèces benthiques et libres

Un projet de forage sur atoll est à l'étude, qui devrait permettre à la communauté récifale française d'avoir une séquence complète jusqu'au basalte et d'étudier in situ les flux interstitiels et les diagénèses. La jeune Université Française du Pacifique a créé en 1989 à Tahiti un DEA consacré à la connaissance et à la gestion des écosystèmes coralliens. Son responsable actuel, R. Bagnis, a pu, après de longues années de recherche sur les toxines des poissons coralliens (ciguatera), faire avancer de façon significative ce problème complexe aux implications socio-économiques importantes.

Enfin, l'Observatoire Océanologique Européen de Monaco (J. Jaubert) intervient dans des zones récifales sous stress, Golfe Persique et Mer Rouge. Un projet de forage sur atoll est à l'étude, qui devrait permettre à la communauté récifale française d'avoir une séquence complète jusqu'au basalte et d'étudier in situ les flux interstitiels et les diagénèses.

La jeune Université Française du Pacifique a créé en 1989 à Tahiti un DEA consacré à la connaissance et à la gestion des écosystèmes coralliens. Son responsable actuel, R. Bagnis, a pu, après de longues années de recherche sur les toxines des poissons coralliens (ciguatera), faire avancer de façon significative ce problème complexe aux implications socio-économiques importantes. Enfin, l'Observatoire Océanologique Européen de Monaco (J. Jaubert) intervient dans des zones récifales sous stress, Golfe Persique et Mer Rouge.

(1) 5ème Congrès International sur les Récifs Coralliens, 1985. 6 vol., Antenne MUSEUM-EPHE Moorea, Polynésie française.

(2) Reef Diagenesis, 1986. Edited by J.H. Schroeder and B.H. Purser Springer-Verlag, Berlin, 455 p.

(3) The evolution of Reef communities, 1987. J.A. Fagerstrom Edited by John Wiley, New York, 600 p.

(4) 6ème Congrès International sur les Récifs Coralliens, 1988. 3 vol., I.S.R.S., Townsville, Australia.

(5) Coral Reef geomorphology, 1988. By André Guilcher. Edited by John Wiley Chichester, 228 p.

(6) Les atolls-oasis 1990, Rougerie F. et Wauthy B., La Recherche, N° 223, vol. 21, pp. 832-842

(7) L'endo-upwelling géothermique, 1990 Rougerie F., ORSTOM-Actualités, N° 31, pp. 9-15

(8) Blanchissement des coraux : phénomène régional ou signal d'alarme planétaire, sous presse. Rougerie F., Salvat B., Tatarata M., La Recherche.