

Les écosystèmes coralliens de l'Indo-Pacifique

Les récifs coralliens, l'un des plus anciens écosystèmes vivants connus, font l'objet d'un intérêt croissant de la part de la communauté internationale consciente de la nécessité de protéger et de valoriser leur biodiversité. Présents dans 54 pays de l'Indo-Pacifique, les écosystèmes coralliens sont soumis à la pression d'une population côtière de plus de 200 millions de personnes. Si quatre pays développés présentent de larges zones récifales (Australie, Japon, USA, France), la plupart des pays concernés sont parmi les plus pauvres de la planète.

Les récifs coralliens connaissent un déclin mondial qui s'accroît depuis plusieurs décennies, dû principalement au réchauffement climatique et aux activités humaines. Les écosystèmes associés subissent en outre l'impact de multiples usages liés à l'exploitation des ressources marines et à l'aménagement des zones côtières. L'augmentation de ces perturbations, attendue en fréquence et en intensité dans les prochaines décennies, conduit à s'interroger sur l'avenir des récifs coralliens. Ainsi leur survie semble conditionnée à notre capacité à mettre en œuvre des politiques de gestion ambitieuses basées sur une meilleure compréhension de la dynamique globale des écosystèmes et sur le développement d'une recherche pour une écologie intégrative.

Les recherches menées par l'IRD depuis des décennies se situent principalement dans l'Indo-Pacifique et s'inscrivent dans le cadre de programmes nationaux et internationaux.

Ces recherches concernent le fonctionnement et l'exploitation durable des écosystèmes coralliens, que celle-ci soit à caractère alimentaire, patrimonial ou économique, et la conservation de la biodiversité.

Les objectifs de ces recherches actuelles sont les suivants :

- Décrire la structure spatiale des écosystèmes coralliens à différentes échelles et étudier ses conséquences sur la diversité des communautés biologiques et sur leur exploitation ;
- Analyser l'influence des perturbations naturelles et anthropiques sur la structuration des communautés biologiques (cycles de vie, biodiversité fonctionnelle) et leurs usages ;
- Proposer des outils d'aide à la gestion.

Les sites ateliers :

La Nouvelle-Calédonie

Riche d'une biodiversité reconnue sur le plan international, la Nouvelle-Calédonie concentre une partie importante des travaux de recherche sur les récifs coralliens. Le développement des exploitations minières sur les bassins versants proches du littoral constitue un haut risque de dégradation des récifs et justifie d'autant plus les besoins d'analyse pour assurer un développement durable de ces zones côtières.

- Le lagon sud-ouest en Province Sud a déjà fait l'objet de nombreuses recherches en écologie corallienne et en océanographie physique depuis une vingtaine d'années : il représente un des chantiers principaux. À proximité du « Grand Nouméa » qui concentre plus de la moitié de la population du Territoire et une pêche plaisancière importante, le lagon sud-ouest abrite de nombreux îlots et structures récifales contrastées. Des baies et des passes offrent un gradient de conditions hydrodynamiques et environnementales qui favorisent l'étude de relations entre les habitats et les communautés. Un réseau de réserves marines de différents statuts permet des études comparatives pertinentes à l'échelle locale de l'effet des perturbations naturelles et anthropiques sur les ressources marines, leur habitat et le comportement des usagers dans l'espace récifo-lagonaire.

- La zone Voh-Koné-Pouembout en Province Nord est suivie depuis le lancement d'un projet d'exploitation minière qui risque d'engendrer une augmentation des pressions anthropiques sur la zone côtière, dont la pêche. Depuis 2001 des recherches sont menées en partenariat étroit entre l'entreprise privée Falconbridge, le Service de la Mer de la Province, le Secrétariat de la Communauté du Pacifique et l'IRD afin d'acquérir les connaissances nécessaires pour assurer un développement durable des interactions Nature/Société de la biodiversité et des activités reliées aux ressources marines de la zone. Les problèmes de gestion des ressources seront particulièrement abordés sur ce site avec la mise en place d'un comité de suivi impliquant les acteurs concernés par le socio-système écologique.

- L'atoll d'Ouvéa, a fait l'objet, à la demande de la Province des Iles Loyauté en 1990-91, d'un important programme pluridisciplinaire sur l'écosystème récifo-lagonaire. Isolé de la Grande Terre, avec une faible pression démographique, cet écosystème, susceptible d'être un des sites proposés pour le classement des récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie au Patrimoine Mondial de l'UNESCO, permet par approche comparative avec d'autres îles du Pacifique sud, d'étudier l'influence des facteurs biogéographiques (ouest/est du Pacifique), géomorphologiques (atoll de grande/petite taille) et culturels (Mélanésie/Polynésie) sur les ressources marines et communautés biologiques associées.

La Polynésie française

La Polynésie française constitue une zone privilégiée pour l'étude sur les écosystèmes coralliens. Ce Territoire abrite 118 îles et atolls répartis en cinq archipels et dont la dispersion au sein des 13 200 000 km² de la ZEE (Zone Economique Exclusive) pose de nombreuses difficultés de gestion. Les principales activités économiques du Territoire sont représentées par le tourisme, la perliculture et la pêche qui génèrent des conflits d'usage de l'espace lagunaire liés à l'accroissement de la population sur la zone littorale. Deux îles ont fait l'objet de nombreux programmes de recherches dans le passé et font partie des sites ateliers des programmes actuels sur le développement durable des ressources marines côtières :

- L'île haute de Moorea de l'archipel de la Société, localisée à proximité de l'île de Tahiti abrite la station marine du CRIOBE de l'EPHE (Ecole Pratique des Hautes Etudes) et la « GUMP station » de l'Université de Berkeley. Le partenariat avec l'EPHE nous offre une opportunité de travailler avec des données historiques sur les communautés des écosystèmes coralliens, notamment sur la radiale de Tiahura, réserve scientifique suivie depuis plus de 20 ans par l'EPHE, le CRIOBE. Moorea est, en outre, la première île de Polynésie où un Plan de Gestion de l'Espace Maritime, envisagé comme un outil de gestion mis à la disposition des communautés polynésiennes est mis en place depuis 2004. Cette île représente un intérêt particulier pour les études sur les Aires Marines Protégées menées par l'IRD.

- L'atoll de Tikehau où l'IRD a accumulé une quantité de connaissances, très abondantes dans les années 80, sur le fonctionnement de l'écosystème insulaire. Cet atoll abrite une pêcherie commerciale importante puisque c'est un des principaux atolls de l'archipel des Tuamotu qui alimente le marché de Tahiti en poissons récifaux. La population d'environ 4300 personnes est impliquée dans la gestion de ses ressources marines pour assurer un développement durable des activités de son île tournée vers la pêche et le tourisme. D'autres atolls des Tuamotu font l'objet de recherches sur l'évaluation des stocks de benthiques et la proposition de plans de gestion pour les ressources d'invertébrés afin de pérenniser ces exploitations importantes pour l'économie et la subsistance de nombreuses îles isolées de Polynésie.

Madagascar

La création d'aires marines protégées ou d'aménagement spécifique des zones côtières et littorales s'inscrit à Madagascar dans une histoire récente, liée entre autres au rattachement de l'Etat malgache à plusieurs volets du droit international de l'environnement relatifs à la protection de la diversité biologique, à la lutte contre les pollutions, et au milieu marin en particulier. Catalyseur de projets régionaux pour l'Océan indien, la Commission de l'Océan indien (COI), dont Madagascar est un des membres fondateurs, a développé son activité autour de deux axes. L'un d'eux concerne la gestion intégrée des zones côtières, en particulier sur des zones récifales et de lagons. L'Institut Halieutique et des Sciences Marines, qui collabore avec plusieurs unités de l'IRD, s'intéresse à la conservation de la biodiversité et des écosystèmes marins de la région de Tuléar et a participé activement à l'élaboration du document projet « Réserve de Biosphère de Toliara » pour l'UNESCO. Cette nouvelle collaboration est soutenue par un financement de l'Agence Universitaire Francophone et du Fonds Français pour l'Environnement Mondial, en collaboration avec WWF, sur deux sites d'étude: le lagon de Tuléar et Andavadoaka.

Structure spatiale des écosystèmes coralliens

La diversité spécifique des poissons, et coraux, algues ou invertébrés des habitats récifo-lagunaire de l'Indo-Pacifique dépend à la fois de facteurs régionaux (distance à la région centrale, taille et degré d'isolement des îles) et de facteurs locaux (géomorphologie, couverture benthique, nature des sédiments, architecture et rugosité, hydrodynamique, bathymétrie). Les facteurs structurants des communautés biologiques que l'on cherche à identifier, à partir des données originales acquises, sont d'abord les facteurs liés à l'habitat, puis les facteurs biologiques et écologiques intrinsèques aux communautés. Par ailleurs, dans l'optique d'une approche de la « biocomplexité » des récifs coralliens, nous prenons en compte les facteurs liés aux communautés humaines qui contribuent en effet de plus en plus à l'évolution de la biodiversité par l'exploitation, voire la destruction directe des espèces, à la dégradation des habitats ou à l'importation d'espèces envahissantes mettant en péril les espèces endémiques.

Les habitats récifaux

Une cartographie mondiale des récifs est entamée depuis 2001 pour l'ensemble des récifs de la planète à partir d'environ 1600 images Landsat de haute résolution (30 m). Au niveau des océans Pacifique et Indien, la cartographie est terminée à 90%. Mais environ 50% de la région Indo-Malaise reste encore à réaliser. Il reste également à extraire de cette base de données les variables morphométriques qui seront utiles aux analyses spatiales biogéographiques des communautés vivantes (surface des différents types de récifs, distances inter-récifs et inter-îles, indices spatiaux divers).

La vie des communautés récifales est fortement conditionnée par l'hydrodynamisme (circulation 3D, échanges hydrodynamiques entre récifs, lagons et océans, perturbations lors d'arrivées massives d'eaux douces). La composante hydrodynamique du milieu est ajoutée à la matrice des variables morphométriques de l'habitat pour deux sites (Lagon Sud de Nouvelle-Calédonie et un atoll des Tuamotu) par le biais de la modélisation. En Polynésie, la caractérisation des courants intra-lagonaires des atolls et le processus d'installation des larves perlicoles est d'ailleurs une priorité des services techniques pour estimer le potentiel halieutique des atolls perlicoles (perliculture et pêche).

Les communautés de poissons et d'invertébrés

L'Indo-Pacifique constitue le plus vaste ensemble biogéographique de la planète et présente une large gamme de situations biogéographiques incluant des espèces uniformément réparties de la Mer Rouge jusqu'au Pacifique central, des espèces à répartition soit indienne soit pacifique, et toute une mosaïque de situations intermédiaires.

Un des objectifs à terme est de pouvoir modéliser la diversité piscicole de l'ichtyofaune en fonction d'un nombre limité de facteurs simples à mesurer, de façon à pouvoir prédire la diversité pour toute île du Pacifique insulaire.

Pour chacune des 5900 espèces recensées, on établira leurs caractéristiques principales (taille, alimentation, comportement) dans la zone 0-100m, à partir de la bibliographie ou par analogie avec des espèces proches, afin d'étudier les structures spatiales des peuplements à différentes échelles, en fonction de facteurs régionaux et locaux.

À partir des données de comptages en plongée de l'IRD, de la CPS (Secrétariat de la Communauté du Pacifique Sud) et de l'EPHE (> 5 000 stations dans le Pacifique Sud), on déterminera la part des facteurs locaux et régionaux en expliquant les relations entre biomasse (ou abondance) et diversité afin de mieux appréhender le potentiel halieutique des écosystèmes. Compte-tenu du nombre élevé d'espèces, cette analyse est effectuée en regroupant les poissons par structures ou par groupes fonctionnels, une attention particulière étant portée sur les effets relatifs de la pêche comme la diminution des tailles ou des niveaux trophiques du peuplement.

À l'échelle des systèmes récifo-lagonaires et à l'instar des organismes des niveaux trophiques supérieurs (poissons notamment), les invertébrés constituent des communautés particulièrement diversifiées et fortement structurées qui jouent un rôle fondamental dans le maintien et l'évolution des écosystèmes coralliens. Certaines espèces constituent en outre une ressource alimentaire et/ou économique importante pour les populations humaines insulaires. La structure spatiale des communautés d'invertébrés et les traits d'histoires de vie des populations (caractéristiques biologiques) sont étudiés par approche comparative de zones en réserve et zones exploitées par la pêche.

Structuration spatiale et usages

La connaissance de la structure des pêcheries et l'identification des facteurs socio-économiques explicatifs permettent de proposer la mise en place de suivis des activités de pêche qui restent difficiles à appréhender globalement : en effet, les pêcheries associées aux récifs coralliens sont particulièrement complexes car elles regroupent différentes formes de pêche : artisanale, commerciale, subsistance et/ou récréative. Une première application concerne l'étude de la pêche plaisancière du lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie, avec le développement d'une application SIG (Système d'Information Géographique) pour expliquer le comportement spatial des pêcheurs en fonction des caractéristiques de l'écosystème. Des questionnaires, par enquêtes, ainsi que des survols aériens, visent à décrire la dynamique spatiale de la pêcherie et à proposer un outil de gestion du lagon. L'autre initiative est effectuée à plus large échelle sur des sites de Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Tonga et Fidji dans le cadre d'une analyse comparative des systèmes de production et de leur environnement. Le but est de cartographier récifs, lagons, ressources, zones de pêche, foyers de population afin de dégager les facteurs qui structurent les systèmes halieutiques de ces zones contrastées.

La mise en protection d'une superficie de l'écosystème corallien, et la régulation des accès aux usages, nécessite de mieux comprendre l'effet des aires marines protégées sur les communautés biologiques : ces effets de la pêche ou de la plongée sont relativement connus à l'intérieur des réserves mais sans pour autant fournir des diagnostics clairs sur l'effet global de la mesure de gestion spatiale sur les peuplements. Les premiers travaux sur le récif Aboré de Nouvelle-Calédonie, qui ont permis de proposer une démarche d'étude d'effet écosystémique, doivent être validés. Ils seront poursuivis sur d'autres réserves du lagon sud-ouest afin de confirmer les effets sur l'ensemble de l'écosystème. Le but in fine est de proposer des outils qui pourront être appliqués à d'autres cas d'étude (Aires Marines Protégées du lagon de Moorea en Polynésie française, de Mauivuso à Fidji ou de Tuléaar à Madagascar).

Perturbations naturelles et anthropiques

Les perturbations naturelles et/ou anthropiques (changements climatiques, cyclones, très grandes marées, dragages et remblais, surpêche, pêche à l'explosif ou au poison, hypersédimentation) jouent un rôle majeur dans la structuration et la dynamique des communautés associées aux récifs coralliens. L'impact des différentes perturbations sur les

communautés récifales a été amplement étudié : blanchissement, cyclones, explosions démographiques d'*Acanthaster planci* (étoiles de mer épineuses), surexploitation halieutique. Ces différentes dégradations ont un impact sur les communautés coralliennes à la base de la structure récifale elle-même et, par « effet cascade », sur les communautés associées (algues, invertébrés, poissons). En diminuant la complexité de l'habitat corallien, ces modifications affectent la dynamique temporelle des communautés associées aux récifs : or c'est cette biocomplexité qui serait à l'origine de la grande biodiversité et abondance observées sur les écosystèmes récifaux, en favorisant la reproduction des espèces et l'installation des larves et en offrant des abris potentiels vis-à-vis des prédateurs. Protéger les habitats et les communautés associées est un des nombreux objectifs attendus par la mise en place des Aires Marines Protégées.

Face à ce constat, les objectifs poursuivis concernent des processus importants à appréhender pour assurer un développement durable des écosystèmes coralliens :

- Identifier les habitats côtiers présentant les conditions optimales de survie pour les stades larvaires et juvéniles des poissons, indispensables au maintien des populations ;
- Déterminer les éléments biologiques et écologiques essentiels à prendre en compte pour répondre aux attentes et aux besoins des populations locales vis-à-vis de leurs ressources en invertébrés et poissons récifo-lagonaires ;
- Prédire, évaluer et suivre la réponse des écosystèmes coralliens au blanchissement et perturbations, et en déduire les conséquences directes en terme de gestion des pêches, de conservation de la biodiversité et de tourisme.

Cycle de vie des poissons et habitats essentiels

L'occupation des zones côtières par les premiers stades de vie des poissons récifaux a été observée aussi bien dans l'Atlantique tropical que dans le Pacifique. Les habitats côtiers adjacents aux récifs coralliens pourraient ainsi jouer le rôle de nurseries côtières pour les jeunes poissons, c'est-à-dire seraient des zones d'alimentation et de croissance privilégiées et des refuges face aux prédateurs. Après installation, les habitats utilisés par les juvéniles peuvent être très différents de ceux des adultes. Or, les habitats essentiels pour les juvéniles (milieux où les densités, taux de croissance, de survie et de productivité des jeunes poissons sont relativement élevés), demeurent mal connus pour la plupart des poissons et invertébrés récifaux et n'ont encore jamais été étudiés en Nouvelle-Calédonie. Afin d'analyser de façon approfondie la composition spécifique et les facteurs structurants de ces communautés, il est nécessaire d'identifier les larves et juvéniles si possible jusqu'à l'espèce. Cette identification est réalisée à l'aide de marqueurs génétiques.

L'inventaire des espèces a pour objectif de déterminer quelles espèces de poissons peuplent le lagon et les habitats côtiers de Nouvelle-Calédonie, les caractéristiques des assemblages de larves et les facteurs de l'environnement qui influencent le plus leur structure spatio-temporelle. Ces actions permettront de préciser si les habitats identifiés comme « nurserie » sont utilisés de façon permanente ou transitoire et de vérifier si certaines espèces passent leur stade larvaire en milieu océanique.

Différents marqueurs génétiques seront testés sur des juvéniles de Lethrinidae et de Siganidae, poissons d'intérêt commercial parmi les plus abondants dans les échantillons de larves et juvéniles en Nouvelle-Calédonie. Il s'agira de constituer une collection d'ADN de ces espèces présentes en Nouvelle-Calédonie dans l'ouest du Pacifique.

Impact sur les poissons et les invertébrés

Environ 30% des récifs sont actuellement très endommagés et, au rythme actuel des dégradations, 60% seront détruits d'ici 2030. Une des plus inquiétantes menaces est l'augmentation de la température des eaux de surface qui entraîne une mortalité massive des coraux constructeurs de récifs (« blanchissement corallien »), selon un phénomène dont la dynamique et les phénomènes associés demeurent mal connus. Les récifs coralliens sont aussi sous la menace de l'augmentation des populations humaines insulaires. Protéger les habitats coralliens et les communautés associées est un des nombreux objectifs attendus par la mise en place des aires marines protégées. L'étude comparative des communautés biologiques avant et après ces perturbations naturelles ou anthropiques vise à définir des bioindicateurs qui permettront de suivre l'état et la dynamique de l'écosystème corallien et de proposer des outils utiles à la gestion.

En Nouvelle-Calédonie par exemple, la mise en place de l'exploitation des gisements de ferronickel du massif du Koniambo dans la zone Voh-Koné-Pouembout (VKP) va générer toute une série d'impacts directs et indirects sur ce lagon. Ainsi le doublement de la population prévu d'ici huit ans devrait se traduire par un accroissement important de l'utilisation du lagon et de ses ressources, une augmentation de l'utilisation des sols et de l'eau et une augmentation des pollutions du bassin versant. Face à cette évolution attendue, VKP constitue un site expérimental du programme sur la biocomplexité des récifs coralliens par la mise en place d'un point zéro, avant l'installation de l'usine prévue fin 2006, sur les structures des habitats, des communautés biologiques et de leurs usages et d'un suivi de l'impact des perturbations anthropiques sur les peuplements de poissons et d'invertébrés. On s'intéresse plus particulièrement aux ressources exploitées par les populations côtières et aux espèces et habitats associés. Une meilleure compréhension des

impacts anthropiques sur les communautés de poissons et d'invertébrés de la zone VKP est fondamentale afin de gérer durablement ses ressources.

De nombreuses études sur les communautés ichthyologiques récifales de quatre pays du sud-ouest de l'Océan Indien (Kenya, Tanzanie, Seychelles et La Réunion) ont été menées avant et après l'épisode El-Niño de 1998. Il paraît opportun de répéter ces études de terrain pour observer la réponse de ces écosystèmes et leur résilience face à cette perturbation. Les informations seront intégrées dans une base de données, également alimentée par l'ensemble des études sur les récifs coralliens de la région. En reliant les données de cette métabase aux données satellitaires de température des océans (NOAA), il sera possible d'identifier les évolutions de température responsables du blanchissement et de cartographier les zones plus sensibles aux changements climatiques.

L'étude, avant et après la mise en réserve, de la structure des communautés biologiques permet d'identifier les éléments de l'écosystème sensibles à la mesure de protection et à définir des méthodologies de suivi adaptées aux besoins des gestionnaires ou des communautés locales. Par la comparaison des aires marines protégées et aires marines témoins du Plan de Gestion de l'Espace Maritime de l'île de Moorea en Polynésie, on cherche à identifier la nature des variables à mesurer, leurs sources de variabilité et les méthodes d'observation les mieux adaptées pour mettre en évidence l'impact des perturbations reliées à la mesure de protection : arrêt de la pêche, mais également impact de la plongée ou des activités nautiques, cascades trophiques, etc. Un intérêt particulier sera porté aux indicateurs de biodiversité fonctionnelle et de résilience des peuplements de poissons.

Diversité et fonctionnement des écosystèmes

Les relations entre biodiversité et variabilité du milieu apparaissent particulièrement complexes et souvent contradictoires. Or, le maintien de la diversité d'un système n'est pas tant conditionné par les espèces elles-mêmes que par les fonctions qu'elles y assument. Dans ce cadre, les prédictions concernant les réponses fonctionnelles des peuplements semblent prometteuses: certaines études récentes portant sur les invertébrés aquatiques continentaux ont ainsi pu relier avec succès la variabilité spatio-temporelle du milieu et la distribution des traits de vie des organismes.

Des campagnes d'échantillonnage de poissons (campagnes ALIS 2006 en Polynésie française) et d'invertébrés permettront la collecte de spécimens pour analyse de leur morphologie, de leur niveau trophique (isotopes C et N, analyse de contenus stomacaux), de leur type de croissance (sclérochronologie). Les groupes fonctionnels seront construits sur la base de ces données ajoutées aux données historiques de l'IRD (poissons) et des méta-bases internationales (ex. : Fishbase, Reefbase).

Les groupes obtenus seront testés pour la discrimination de situation contrastées, dont celles qui sont liées à des perturbations.

Dynamique des systèmes socio-écologiques

Dans les régions coralliennes, les activités de pêche ont suivi la monétarisation progressive des échanges et les impératifs du développement économique, modifiant de plus en plus les systèmes de gestion et l'organisation sociale traditionnels. Les systèmes d'exploitation présentent ainsi une évolution des moyens de production ainsi que des espèces prisées (ciblées de plus en plus sur les poissons et invertébrés à valeur marchande, ex. poissons vivants) qui peuvent compromettre leur durabilité. Les pêcheries récifo-lagonaires font encore pourtant partie intégrante des modes de vie des populations riveraines et, comme dans d'autres régions du monde, doivent être abordées selon des facteurs autant écologiques qu'économiques et humains. Des indicateurs sur les usages (consommation des produits de la mer, tactiques de pêche, captures, connaissance traditionnelle de la biodiversité) sont recherchés afin de compléter les indicateurs calculés à partir de données écologiques et définir des tableaux de bord décrivant l'état et la dynamique des pêcheries.

La mise en place d'Aires Marines Protégées (AMP) dans l'écosystème côtier induit des modifications dans la structure des communautés biologiques et dans le comportement des usagers. L'étude des interactions entre mesures de gestion, changements dans l'écosystème et réponses du comportement humain constitue le socle des études menées sur le suivi des AMP en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie française : l'étude du récif Aboré du lagon sud-ouest à proximité du grand Nouméa, avant et après la fermeture à la pêche, complété par des enquêtes auprès des pêcheurs et des plongeurs du lagon sud-ouest, ainsi que le suivi de cinq AMP à Moorea visent à analyser les dynamiques couplées entre les réponses des communautés biologiques et des usagers du lagon et de ses ressources.

Applications à la gestion

De nombreuses expériences de co-gestion et d'implication des populations locales voient le jour dans les milieux coralliens, en relation avec la protection et la gestion de l'espace lagonaire, tels que le Locally-Managed Marine Area Network, à Fidji, ou le Global Coral Reef Monitoring Network pour le suivi de l'état des récifs dans le monde. Le

transfert des connaissances pour les besoins de la gestion correspond à une nécessité urgente face au problème récurrent de manque de données auxquels sont confrontés les gestionnaires. Deux actions de recherche menées dans ce cadre concernent, d'une part, la modélisation des connaissances et la production d'outils adaptés aux besoins des gestionnaires (indicateurs) et, d'autre part, le transfert des résultats de la recherche auprès des populations locales (communication). Un des objectifs sous-jacents au programme de recherche sur la biocomplexité des récifs coralliens est de développer des approches originales de formalisation des connaissances adaptées, d'une part, à la complexité du système, et d'autre part, à la nécessité de sa simplification.

Le programme de l'IRD s'attache ainsi à identifier les indicateurs les plus pertinents au niveau des usagers du système: pêcheurs, jeunes scolaires, clients de clubs de plongée, hôteliers, gestionnaires, etc. L'approche est basée sur des indicateurs de l'état des ressources à partir d'investigations sur les espèces exploitées dans leur environnement (observations en apnée), au débarquement ou au niveau des consommateurs. Un système de suivi participatif sera proposé suite à une étude comparative entre deux zones contrastées du point de vue écosystémique et socio-économique à Madagascar (Andavadoaka et Tuléar) et en Polynésie française (Moorea et Tikehau). Pour le transfert des résultats de la recherche auprès des populations locales, une étude concerne la conception et l'analyse de cartes cognitives (site VKP en Nouvelle-Calédonie) élaborées suite à des entrevues auprès d'acteurs du système. Ces cartes visent à représenter la perception des usagers de l'écosystème corallien en identifiant les éléments clés pour chacun des usagers et leurs interactions. Cette approche originale permet de décrire la variabilité des points de vue et de favoriser la communication et la concertation auprès des acteurs concernés par la gestion de l'écosystème.

Les outils d'aide à la gestion

Téledétection

Pour les études aux échelles globales ou régionales, la base de données d'images satellites Landsat est disponible sur le Centre de Nouméa, à l'Université de Floride Sud (USF) en Floride et sur un serveur du SeaWIFS Project pour permettre les accès publics. Les résultats des traitements sont envoyés à l'USF pour vectorisation et intégration sous Système d'Information Géographique, puis mis en accès libre sur le web via une interface. Aux échelles locales, les composantes de l'habitat seront cartographiées à partir d'images Quickbird ou IKONOS, après une vérité terrain. À partir de cette donnée ou de l'image initiale, il est possible d'extraire une série de paramètres «habitats» utiles aux études locales sur les populations et leurs changements.

Génétique des populations

Deux espèces de *Lethrinus* (*L. miniatus* et *L. nebulosus*) et une espèce de *Siganus* seront les principaux modèles biologiques étudiés. De 30 à 100 individus par échantillon et par espèce seront collectés sur au moins deux stations sur le pourtour de la Nouvelle-Calédonie, aux Iles Loyauté, ainsi qu'à l'extérieur de l'archipel néo-calédonien (Indonésie, Papouasie, Grande Barrière et Ryukyus au Japon). Les méthodes utilisées pour identifier les espèces sont basées sur l'identification des séquences nucléotidiques d'un fragment du gène mitochondrial et des marqueurs microsatellites.

Échantillonnage des stades jeunes des poissons

La technique des pièges lumineux est utilisée, associée à l'utilisation d'un filet bongo de 335 mm de maille. L'association des différentes techniques d'échantillonnage permettra d'étudier différents stades ontogéniques et classes de taille dans les assemblages. Les juvéniles à l'installation seront échantillonnés grâce à des structures artificielles, complexes et standardisées ainsi qu'à l'aide de sennes. Les *Lethrinidae* seront identifiés à l'espèce grâce aux marqueurs génétiques déjà mis au point; il en sera de même des *Siganidae*. Les otolithes représentent de véritables archives de la vie des poissons: le dépôt des microstructures qui les constituent s'effectue selon un rythme journalier et la largeur des stries d'accroissement est proportionnelle à la croissance journalière de l'individu. Les lames minces transversales seront observées à l'aide d'un microscope optique à lumière transmise afin de déterminer l'âge des individus, leur croissance journalière avant et après installation benthique.

Peuplements de poissons et d'invertébrés

Les peuplements de poissons sont estimés à partir de comptages visuels en plongée. Les méthodes standardisées développées par l'IRD et la CPS (Secrétariat de la Communauté du Pacifique Sud) serviront à l'acquisition des nouvelles données. Des algorithmes permettant de standardiser les résultats seront proposés sur la base d'un ensemble d'échantillonnages comparatifs pour pouvoir intercalibrer les données de l'IRD avec celles des partenaires. Les algorithmes nécessaires aux estimations de densité et de biomasse à partir des techniques d'échantillonnage de l'IRD

et la CPS feront aussi l'objet d'améliorations pour tenir compte de facteurs du milieu (clarté de l'eau, relief) et liés aux poissons (taille, nombre, comportement). Les comptages se faisant actuellement avec une simple plaquette et un crayon, l'utilisation de vidéo-caméras, télémètres et GPS permettrait d'améliorer la précision et la rapidité des comptages. Il est donc prévu de tester leurs conditions d'utilisation. Les problèmes rencontrés lors des estimations en plongée sont communs aux eaux tropicales et tempérées. C'est pourquoi, en partenariat avec l'Ecole Pratique des Hautes Ecoles, un atelier international, réunissant des scientifiques qui échantillonnent les peuplements de poissons par comptage visuel en plongée, est prévu en 2006.

Enquêtes auprès des populations

Sur la base des travaux déjà réalisés et en cours, des enquêtes auprès des populations locales seront menées à partir d'un questionnaire fermé visant à évaluer la quantité et la qualité de produits de la mer consommés, l'origine des produits et les activités de pêche afin d'estimer la production halieutique de chaque communauté inventoriée. Parallèlement, des enquêtes par questionnaires et interviews seront menées auprès de chaque catégorie d'usagers afin de décrire les activités de pêche et l'utilisation du lagon et ses ressources et appréhender ainsi leur perception sur les ressources et le milieu. Des survols aériens sont menés sur le lagon de la Nouvelle-Calédonie afin de préciser la variabilité spatio-temporelle de la distribution des navigateurs de plaisance. Le but, in fine, est de définir des panels d'usagers afin de suivre les activités au cours du temps et obtenir des indicateurs de suivi de l'état de la ressource.

Analyse des structures spatiales

Des études diachroniques sur un même site peuvent également révéler des changements intervenus dans les habitats. La télédétection sera utilisée pour affiner les prédictions issues du modèle MARS3D de modélisation hydrodynamique du lagon Sud de Nouvelle-Calédonie. Le couplage benthos-circulation sera étudié afin de créer des cartes d'habitats. La modélisation combinant télédétection, modèles hydrodynamiques et données biologiques in situ sera réalisée. Les analyses sous Systèmes d'Informations Géographiques visant à intégrer données biologiques, écologiques, habitats et usages seront réalisées à l'aide du logiciel SAVANE développé à l'IRD.

Analyse statistique et modélisation

Les outils statistiques seront utilisés pour tester l'effet des facteurs sur les variables étudiées. À l'interface entre l'analyse statistique et l'intelligence artificielle, l'analyse de données symboliques permettra de construire des objets complexes adaptés à notre approche et à analyser des tableaux de données décrits par des variables non numériques.

L'objectif de modélisation est basé sur la construction de modèles simulant la dynamique globale de l'écosystème face à des perturbations multiples, à partir des connaissances disponibles sur les interactions des principales communautés et leurs réponses aux perturbations. Les scénarios de l'évolution d'un écosystème récifal et des pêcheries associées suite à un blanchissement seront testés à l'aide de modèles tels que les modèles trophodynamiques considérant les échanges de biomasses, ou de type « modèle de Lotka-Volterra » basé sur les relations prédateurs-proies et des modèles bio-économiques.

Vers un développement durable des écosystèmes coralliens

Les recherches menées par l'IRD depuis 2002 sur les interactions entre la diversité des écosystèmes coralliens, les ressources marines côtières et les activités humaines ont trois objectifs principaux :

- caractériser les récifs coralliens à différentes échelles spatiales pour expliquer la structure des communautés biologiques ;
- évaluer l'influence des perturbations naturelles et anthropiques sur la structure et le fonctionnement de ces communautés (poissons et invertébrés);
- évaluer l'influence de la diversité des communautés et de leurs habitats sur les usages dont l'exploitation des ressources. Les interactions entre l'environnement, les communautés biologiques associées aux récifs coralliens et les populations côtières sont comparées sur des sites contrastés du Pacifique Sud (principalement Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Fidji), avec une extension récente sur l'Océan Indien (Madagascar).

Ce programme pluridisciplinaire sur la « biocomplexité des récifs coralliens » vise un rapprochement entre Sciences de la Nature et Sciences Humaines, d'une part, et entre scientifiques et gestionnaires, d'autre part, dans le but d'assurer

une compréhension globale de l'écosystème corallien et de proposer des outils utiles à la gestion. L'objectif in fine est d'assurer le développement durable des écosystèmes coralliens afin de concilier conservation de leur biodiversité exceptionnelle et exploitation des ressources marines renouvelables essentielles aux populations insulaires.

Contact auteur : **Jocelyne Ferraris** [ferraris@univ-perp.fr]

***L'IRD dans les programmes de recherche nationaux et internationaux :**

- **ZoNéCo:** programme d'évaluation des ressources et de l'environnement de la ZEE de Nouvelle Calédonie. Programme financé par le Territoire de Nouvelle-Calédonie et le Ministère de la Recherche ;
- **CRISP:** «Initiative 'Corail' dans le Pacifique sud» - <http://www.spc.int/crisp/> financé par AFD, FFEM, CI et WWF;
- **CPS: Secrétariat de la Communauté du Pacifique Sud** - programme «COFISH» financé par l'UE ;
- **PNEC et LITEAU:** Programme National de l'Environnement Côtier et «gestion des Ecosystèmes littoraux» financés par le Ministère de la Recherche et le MED;
- **Réseau régional des AMP** des pays de la COI: financement FFEM et WWF.
- **IFRECOR - ICRI:** Initiative Française pour l'écologie des récifs coralliens. Financé par le MED et le MOM. Représente la part française de l'ICRI (International Coral Reef Initiative) ; <http://www2.environnement.gouv.fr/ifrecor/> <http://www.icriforum.org/>
- **GICC-II:** Gestion et Impact des Changements Globaux II- programme du MED ;
- **NASA:** projet «Millenium» de cartographie des récifs coralliens de la planète.