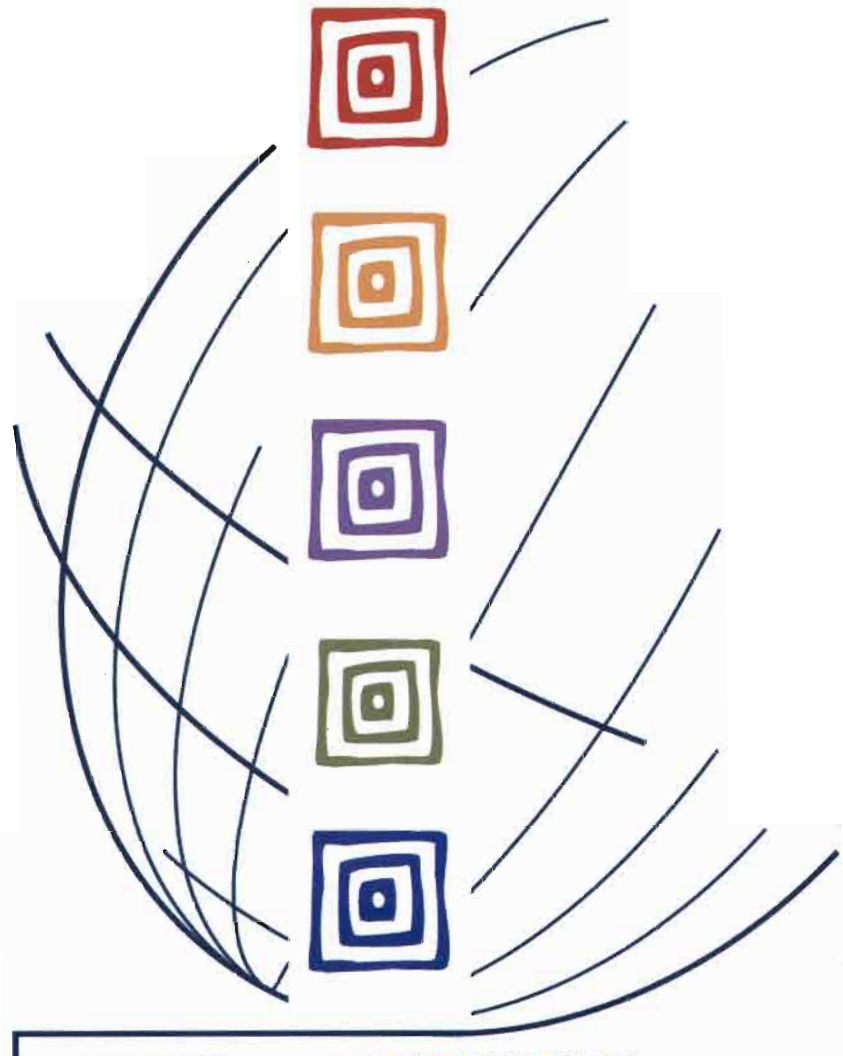
Assises de la Recherche Française dans le Pacifique

Actes des Assises

24-27 août 2004, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

www.assises-recherche-pacifique.org
arfp2004@offratel.nc



ASSISES DE LA RECHERCHE FRANÇAISE DANS LE PACIFIQUE

ASSISES DE LA RECHERCHE FRANCAISE

DANS LE PACIFIQUE

ORGANISATION

Les Assises de la Recherche Française dans le Pacifique (ARFP) étaient placées sous le **Haut-Patronage du Président de la République**. Elles ont été présidées par le Ministre de la Recherche et la Ministre de l'Outre-Mer.

Cette manifestation a été organisée par l'Etat, la Nouvelle-Calédonie (Gouvernement et Congrès) et la Polynésie française, avec Wallis et Futuna sous l'égide des Ministères de la Recherche et de l'Outre-Mer avec l'appui du Ministère des Affaires Etrangères et, particulièrement, du Secrétariat Permanent pour le Pacifique.

La gestion administrative et financière a été assurée par l'Agence de Développement Economique de la Nouvelle-Calédonie (ADECAL).

Les objectifs des ARFP étaient de :

- Présenter l'état actuel des recherches menées par la France et ses partenaires en Nouvelle-Calédonie, en Polynésie française, à Wallis et Futuna et dans les états voisins.
- Identifier des problématiques de recherche communes avec les pays de la région.
- Concevoir, au regard des besoins futurs du Pacifique, le développement de la recherche française, dans un espace de coopérations renforcées.
- Contribuer par la recherche au progrès de ces pays et territoires, avec l'appui de l'Europe.

Des conférences, des communications affichées ainsi que des ateliers et différentes formes de réflexion visant à dresser la synthèse des réponses aux objectifs assignés à cette manifestation, ont été organisés autour des ARFP et pendant leur déroulement. Ils ont fait l'objet de cinq documents diffusés à l'occasion de ces Assises.

Trois documents ont été remis aux participants :
- Dossier de présentation
- Résumés des communications scientifiques
- Introduction à la réflexion prospective.

Deux documents sont fournis à l'issue des ARFP :
- Actes des Assises
- Synthèse de la réflexion prospective.

Le comité d'organisation qui a été désigné pour superviser cette manifestation se composait d'une présidence, d'un comité de pilotage ainsi que d'un comité scientifique.

La présidence du comité d'organisation

Monsieur **Daniel CONSTANTIN**, Haut-Commissaire de Nouvelle-Calédonie
Monsieur **Michel MATHIEU**, Haut-Commissaire de Polynésie Française
Monsieur **Christian JOB**, Administrateur Supérieur des Iles Wallis et Futuna
Monsieur **Bruno GAIN**, Ambassadeur Secrétaire Permanent pour le Pacifique
Madame **Marie-Noëlle THEMEREAU**, Présidente du gouvernement de Nouvelle-Calédonie
Monsieur **Harold MARTIN**, Président du congrès de Nouvelle-Calédonie
Monsieur **Oscar TEMARU**, Président de la Polynésie Française

Le comité de pilotage

Coordinateurs

- **Jean-François MARINI**, Chargé de Mission pour la Recherche et la Technologie auprès du Haut-Commissaire de la République en Nouvelle-Calédonie (DRRT)
- **Robert MAURIN**, Chargé de Mission pour la Recherche et la Technologie auprès du Haut-Commissaire de la République en Polynésie Française (DRRT)

ASSISES DE LA RECHERCHE FRANCAISE

DANS LE PACIFIQUE

ORGANISATION (2)

Membres du Comité de Pilotage en Nouvelle-Calédonie

- **Mathias CHAUCHAT**, Directeur de cabinet de la Présidence du Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie
- **Victor DAVID**, Secrétaire Général Adjoint, Congrès de la Nouvelle-Calédonie
- **Louis LE-FRANC**, Secrétaire Général Adjoint, Haut-Commissariat de Nouvelle-Calédonie
- **Hugues NORDI**, Représentant Permanent Adjoint de la France auprès de la CPS
- **Philippe GOMES**, Président de l'Assemblée de la Province Sud
- **Paul NEAOUTYINE**, Président de l'Assemblée de la Province Nord
- **Neko HNEPEUNE**, Président de l'Assemblée de la Province des Iles Loyauté
- **Paul DE DECKKER**, Président de l'Université de la Nouvelle-Calédonie
- **Christian COLIN**, Directeur du Centre de Nouméa, Représentant de l'IRD pour le Pacifique
- **Thierry MENNESSON**, Directeur Général de l'IAC, Représentant le CIRAD
- **Yves HARACHE**, Délégué de l'IFREMER en Nouvelle-Calédonie
- **Paul MARTIN**, Directeur de l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie
- **Pierre MAURIZOT**, Représentant du BRGM en Nouvelle-Calédonie
- **Vincent DUMONTET**, CNRS

Membres du Comité de Pilotage en Polynésie Française

- **Jacqui DROLLET**, Vice-président du Gouvernement, Ministre du Tourisme, de l'Artisanat, de l'Environnement et des Transports aériens
- **Jean-Marius RAAPOTO**, Ministre de l'Education, de la Culture, de la Jeunesse, de la Formation Professionnelle et de l'Enseignement Supérieur
- **Emile VERNAUDON**, Ministre des Télécommunication, des Nouvelles Technologies, du Développement des Archipels, de la Décentralisation et des Ports
- **Marie-Laure VANIZETTE**, Ministre de la qualité de la vie, de la Santé, de la solidarité, de la Famille et de la promotion de la Femme
- **James SALMON**, Ministre de l'Equipement, des Transports terrestres et maritimes, des Ports et Aéroports et de l'Energie
- **Keitapu MAAMAATUAIAHUTAPU**, Ministre de l'Agriculture, de la Pêche, de l'Elevage, des Eaux et Forêts et de la Recherche
- **Priscille FROGIER**, Déléguée territoriale à la recherche
- **Bruno PEAUCELLIER**, Responsable des relations internationales du Territoire
- **Bernard DESCAMPS**, Directeur du LESE (CEA-IRSN)
- **Jean-Pierre BONNEFOY**, Vice-président de l'Université de la Polynésie Française
- **Jacques ILTIS**, Directeur du Centre IRD de Polynésie Française
- **Vincent BARON**, Directeur du CIRAD en Polynésie Française
- **Dominique BUESTEL**, Directeur de l'IFREMER en Polynésie Française
- **René CHANSIN**, Directeur de l'Institut territorial de recherches Louis Malardé
- **Jean-Marc MOMPELAT**, Directeur du BRGM en Polynésie Française
- **Annie AUBANEL**, Représentante de la Polynésie Française au Comité national de l'IFRECOR
- **Dominique REYMOND**, Directeur du Laboratoire de Géophysique (CEA)
- **Yannick CHANCERELLE**, CRIOBE (EPHE)

ASSISES DE LA RECHERCHE FRANCAISE

DANS LE PACIFIQUE

ORGANISATION (3)

Le comité scientifique

Secrétariat du CS
Fabrice COLIN - *Secrétaire du CS* (IRD)
Nicolas BARRE (Institut Agronomique Néo-Calédonien - CIRAD)
René PINEAU (Vice-président / Recherche de l'Université de la Nouvelle-Calédonie)
Jean-Pierre BONNEFOY (Vice-président / Recherche de l'Université de la Polynésie Française).

Experts scientifiques
NB : Les experts scientifiques étaient organisés en cinq "binômes", composés de deux scientifiques néo-calédoniens et de deux scientifiques polynésiens. Chaque binôme correspond à chacun des cinq thèmes qui constituent le programme scientifique des Assises.

Thème n° 1 : Ecosystèmes marins : biodiversité et valorisation des ressources
Alain HERBLAND (IFREMER) [Bertrand. RICHER de FORGES (IRD)]
Bernard SALVAT (ICRI) [Jacques ILTIS (IRD)]

Thème n° 2 : Ecosystèmes terrestres : biodiversité et valorisation des ressources
Nicolas BARRE (IAC - CIRAD) [Tanguy. JAFFRE (IRD)]
Jean-Yves MEYER (Territoire PF) [Phila BIANCHINI (UPF)]

Thème n° 3 : Aléas naturels et variabilité climatique : impacts régionaux et prévention
Bernard PELLETIER (IRD) [Alexandre GANACHAUD (IRD)]
Jean-Marc MOMPELAT (BRGM) [Keitapu MAAMAATUAIAHUTAPU (UPF)]

Thème n° 4 : Cultures, identités, patrimoine, espaces et développement
Frédéric ANGLEVIEL (UNC) [Jean-Christophe GALIPAUD (IRD)]
Pierre-Marie DECOUDRAS (UPF) [Priscille Tea FROGIER (Territoire de PF)]

Thème n° 5 : Santé et environnement
Alain BERLIOZ-ARTHAUD (IPNC) [Pierre CABALION (IRD)]
René CHANSIN (ILM) [Mireille CHINAIN (ILM)]

La cellule organisation - communication

Jean-François MARINI, CMRT (DRRT) auprès du Haut-Commissaire de la République en Nouvelle-Calédonie
Fabrice COLIN, IRD, secrétaire scientifique des ARFP
Mina VILAYLECK, chargée de communication de l'IRD
Jean-Pierre MERMOUD, Editions IRD
Antoine JEULAIN, chargé de communication
Laurence MORINI, chargée de communication du Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie
Inés DE PIREY, chargée de communication du Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie
Kareen REAUD, secrétaire des ARFP

Contact :
Secrétariat des ARFP 2004 : Kareen REAUD
Tél. + 687 76 96 14
Fax + 687 24 90 87
e-mail : arfp2004@offratel.nc
Site : www.assises-recherche-pacifique.org

L'organisme chargé de la gestion financière

Agence de Développement Economique de la Nouvelle-Calédonie (ADECAL)

Discours d'ouverture

de Monsieur François d'AUBERT

Ministre délégué à la Recherche

ASSISES DE LA RECHERCHE
FRANÇAISE DANS LE PACIFIQUE

ASSISES DE LA RECHERCHE FRANCAISE

DANS LE PACIFIQUE

DISCOURS D'OUVERTURE

Allocution d'ouverture de Monsieur François d'AUBERT
Ministre délégué à la Recherche

Madame la Présidente,
Messieurs les Haut Commissaires,
Monsieur l'Ambassadeur,
Monsieur le Maire,
Mesdames et Messieurs,

Je tiens à vous exprimer ma grande joie d'inaugurer aujourd'hui, dans ce lieu, le Centre culturel Jean-Marie Tjibaou, emblématique de la richesse des patrimoines des communautés du Pacifique, ces Assises de la Recherche française dans le Pacifique, voulues par le Président de la République avec une détermination sans faille.

Avant tout, je me réjouis de pouvoir accueillir aujourd'hui les délégations étrangères de la Communauté du Pacifique Sud et notamment celles de Nouvelle Zélande et d'Australie. Ici comme en métropole, lorsque les préoccupations et les intérêts de recherche sont communs, il est essentiel de s'unir et de mutualiser ses moyens pour être plus efficace.

Je tiens aussi à rappeler que nombreux sont les acteurs qui participent à la Recherche dans le Pacifique. Ce sont, soutenus par leurs ministères de tutelle, **les établissements de recherche, les collectivités et les entreprises.** Et ces Assises sont le reflet de cette diversité d'acteurs. Ils ont tous participé à leur élaboration. Et je crois qu'ils sont tous présents aujourd'hui, ce qui me permet d'être très optimiste pour ces 3 jours de conférences.

Les acteurs français de cette recherche sont, bien sûr, les universités de la Nouvelle-Calédonie et de la Polynésie française ; ce sont aussi les organismes publics comme l'Institut agronomique néo-calédonien ou l'Institut Louis Malardé dans le domaine des maladies tropicales. Ce sont aussi les grands établissements publics de recherche qui sont actifs dans le Pacifique : l'IRD, l'IFREMER, l'INRA, le CIRAD, l'Institut Pasteur, sans oublier le BRGM, le CNRS et le CEA, qui jouent tous leur rôle dans cette partie de la France.

Les acteurs sont aussi les collectivités territoriales, les ministères et les services de l'Etat, qui tous apportent leur concours, notamment financier, au développement de la recherche et à l'action des chercheurs.

Enfin les entreprises qui transforment les résultats de la recherche en innovations sont aussi, notamment en Nouvelle Calédonie, des acteurs incontournables de la Recherche dans le Pacifique.

Ces Assises qui nous réunissent tous aujourd'hui ont un triple objectif.

Mesdames et Messieurs,

Elles ont pour but, d'abord, de **présenter l'état actuel des recherches** menées dans le Pacifique, leur richesse et leur diversité, aussi bien en ce qui concerne les populations, la faune et la flore que le climat ou la santé.

D'autre part, ces 3 jours de congrès, les différents ateliers organisés, représentent aussi une occasion unique de découverte et de partage d'information entre les chercheurs. Ces Assises sont une exceptionnelle occasion **d'identifier et de formaliser les voies d'une coopération renforcée entre les différents acteurs** du monde de la recherche dans cette région du monde. J'espère qu'elles se traduiront demain en coopérations concrètes, aujourd'hui envisagées, d'une part entre chercheurs de l'IRD et de l'IFREMER, entre chercheurs du CIRAD et de l'INRA, de l'Institut Pasteur et de l'IFREMER ou bien, pourquoi pas, du BRGM et d'Eramet et d'autre part avec les acteurs de la recherche des autres pays du Pacifique. Ces Assises vont, je l'espère, fédérer les énergies.

Enfin ces Assises avec, notamment, les ateliers de prospective qui sont organisés Mercredi doivent permettre de **dégager des priorités** pour la politique de recherche française dans le Pacifique. Il faut préciser, autant que faire ce peut, les sujets de recherche répondant aux besoins du Pacifique et des territoires et pays qui le constituent. Il s'agit aussi d'identifier l'appui que l'Europe peut apporter, via le PCRD, dans le futur, aux projets jugés prioritaires.

A ce titre, ces Assises s'insèrent naturellement aujourd'hui dans la grande réflexion nationale que mène le Gouvernement pour réformer l'organisation et les modes d'action de la recherche.

Le gouvernement s'est engagé à accroître significativement les ressources consacrées à la recherche avec l'objectif ambitieux, qui est aussi celui de l'Europe, de porter celles ci à 3% du PIB. Cette grande ambition se joue également ici dans et pour le Pacifique.

Mais cet effort significatif en faveur de la recherche française doit aller de pair avec une amélioration de son fonctionnement. Cela implique, en métropole comme ailleurs, des réformes qui sont en cours de discussion entre tous les acteurs du monde de la recherche et qui se traduiront dans une grande loi d'orientation et de programmation sur la Recherche au tout début de l'année prochaine.

Cette nécessaire modernisation de notre système de recherche ne s'engage pas sur des sables mouvants. Dans bien des domaines de la science, nous continuons à être les premiers de cordée. Notre recherche bénéficie d'un potentiel humain extraordinaire. Il doit bénéficier des moyens, des structures et des formes d'organisation qui lui permettront de s'exprimer plus puissamment encore sur la scène mondiale.

L'objectif n'est donc pas de réformer de fond en comble un système qui a longtemps fait ses preuves et qui a ses traditions. Selon le vœu des chercheurs eux mêmes, il faut trouver un nouvel élan en débloquant certaines des règles, structures et habitudes qui freinent leur ambition. Je pense notamment à une réforme de l'évaluation, à une simplification administrative et comptable, à des mesures capables de remettre le chercheur au cœur du système français de recherche et d'innovation.

Pour en revenir aux Assises d'aujourd'hui, tous les thèmes qui seront abordés dans vos travaux forment un ensemble cohérent de recherches propres à cette partie du monde. Ressources naturelles, biodiversité, culture, santé, changements climatiques, maîtrise des risques, innovations technologiques, etc.... sont autant de grands défis que la recherche doit relever. Cependant la contrainte économique, l'éloignement du territoire métropolitain, la constitution de masses critiques et l'excellence scientifique appellent des choix et une orientation privilégiée des politiques de recherche sur des thèmes majeurs et d'intérêt collectif.

Vos recommandations devront permettre aux collectivités et aux pouvoirs publics d'orienter **et d'augmenter** les efforts de la politique de recherche de ces régions sous ces deux conditions simples : l'excellence et la pertinence scientifique au regard des nécessités régionales.

En effet, Mesdames et Messieurs,

Ici plus qu'ailleurs la recherche doit être conçue et mise en œuvre comme un outil de l'aménagement et du développement du territoire.

Longtemps isolée du reste du monde, l'Océanie est aujourd'hui au cœur d'un nouveau bassin de développement mondial. Elle doit pouvoir en profiter au mieux, et la recherche doit trouver toute sa place dans cette dynamique du développement.

Je pense d'abord au défi que constitue **l'exploitation des ressources naturelles** dans le respect d'équilibres qui sont des équilibres fragiles.

En Nouvelle Calédonie, c'est l'exploration et l'exploitation des minerais nickélifères qui se développent avec une diversification des opérateurs miniers. Notre objectif est de promouvoir l'activité minière dans le cadre d'un développement durable ; il convient donc de répondre scientifiquement à une demande, à la fois politique et économique, du Territoire, des provinces et des entreprises. C'est dans cet esprit que se place la création d'un Centre National de Recherche Technologique, un CNRT, sur « Nickel et Environnement », dont je suis heureux de confirmer aujourd'hui la création. Ce CNRT est déjà pourvu d'un budget d'amorçage, et sera doté lors du prochain contrat de développement.

En ce qui concerne **les ressources côtières et halieutiques**, les voies de recherche sont aussi nombreuses, comme le suggèrent les différentes conférences qui auront lieu lors de ces Assises. Ces thématiques sont vitales pour les pays du Pacifique et leurs habitants. Elles représentent un intérêt majeur pour la France qui dispose, dans le Pacifique, de la zone économique exclusive la plus étendue.

Mais il y a aussi d'autres voies que la recherche doit explorer pour que ses résultats bénéficient directement aux populations locales et aux économies insulaires.

Les questions des aléas naturels et de la variabilité climatique, ce que l'on appelle le changement climatique et les risques qui l'accompagnent, déplacement d'un courant marin, élévation de température dans un lagon, mais aussi risques sismiques ou volcaniques, autant de problématiques que vous aborderez durant ces Assises, me semblent essentielles. Les exemples de l'île Futuna ou de l'archipel du Vanuatu montrent aussi l'intérêt des coopérations avec les pays voisins.

Dans une perspective plus large, la recherche dans le Pacifique doit aussi se sentir concernée par le risque de réchauffement climatique qui, entraînant l'élévation du niveau des océans et la dégradation des récifs coralliens, menace jusqu'à l'existence physique de certains états.

Les populations et les autorités des pays du Pacifique attendent des recherches que vous menez sur ces sujets des solutions concrètes, régionales ou internationales, permettant de limiter ou d'endiguer les conséquences que peuvent avoir tous ces phénomènes.

La recherche sur les questions de santé publique doit aussi concerner les pathologies propres à la zone du Pacifique. Ces 3 jours montreront certainement la nécessité de poursuivre ces travaux sur des sujets toujours inquiétants tels que la dengue, la filariose ou encore la leptospirose. J'espère qu'ils montreront aussi la nécessité de coordonner des moyens (comme des réseaux de surveillance) et d'organiser le partage des résultats de recherche entre les différents organismes et les différents pays.

La recherche en sciences humaines et sociales apparaît aussi comme une nécessité. « Ces grands promeneurs-de-mer qu'étaient les anciens polynésiens, sans cesse en voyage au long cours, ont couvert le Pacifique d'un réseau hasardé » pour reprendre une phrase de Victor Ségalen1. A ce titre,

même si l'histoire et le développement de ces différentes communautés constituent des thèmes de recherche presque inépuisables, la reconstitution de cette mémoire collective est une œuvre sans prix pour toutes les îles du Pacifique et pour notre histoire commune.

Toutefois la diversité exceptionnelle du patrimoine des îles du Pacifique ne se restreint pas à celle de ses hommes et de ses cultures. **La biodiversité des écosystèmes marins et terrestres, unique par son ampleur dans le Pacifique, est aussi une chance**, une occasion qui doit être saisie, pour que cette région devienne la source de découvertes intéressant l'ensemble de la planète.

La biodiversité a une portée culturelle, sociale, économique et politique.

La biodiversité a une portée culturelle et sociale car elle est étroitement liée à des savoirs et des pratiques traditionnelles et plus largement à des civilisations locales. Et la recherche s'engage aujourd'hui résolument dans la valorisation de cette biodiversité à des fins culturelles et sociales, notamment en renouvelant ou en améliorant les usages de ce patrimoine biologique. Que ce soit pour un usage alimentaire avec les recherches sur l'igname ou le cocotier, pour la pharmacopée traditionnelle, ou pour la construction avec des travaux sur des espèces arborées telles que le Niaouli ou le bois de Santal, nombreux sont les établissements de recherche, tels le CIRAD, l'IRD ou l'Institut Agronomique Calédonien qui participent à cette valorisation.

Mais la biodiversité a aussi une portée économique car sa valorisation constitue une source de revenus. L'exportation de perles est le premier produit d'exportation de la Polynésie (IFREMER) au 2ème rang mondial derrière l'Australie. La crevette est le deuxième produit d'exportation de la Nouvelle Calédonie après le Nickel (IFREMER). Le thon rouge du Pacifique est exporté à 80% de Nouvelle Calédonie vers le Japon (IRD). Les substances naturelles terrestres ou marines (milieux coralliens en particulier) sont à l'origine de nouveaux médicaments (les laboratoires Pierre Fabre ont des contrats de recherche avec l'IRD – sur le paludisme et la dengue). Enfin, la biodiversité constitue un attrait essentiel pour le développement du tourisme qui représente la première activité économique de Polynésie (l'objectif 2005 est de 350 000 touristes et 60 milliards de CFP de recettes).

Enfin, la biodiversité a une portée politique car elle constitue un patrimoine et une des composantes de l'identité des populations et des états (j'en veux pour exemple le Cagou, espèce protégée et menacée qui est l'emblème de la Nouvelle Calédonie).

Le meilleur exemple qui puisse être pris pour illustrer cette quadruple exigence de la biodiversité est sans aucun doute celui des récifs coralliens. Ils réunissent toutes ces caractéristiques. Ils sont à la fois un patrimoine, une ressource, un milieu et un paysage. Les récifs coralliens sont le deuxième écosystème le plus biodivers de la planète. Ils produisent des matériaux génétiques permettant de fabriquer de nouveaux médicaments ; ils représentent des protections contre les vagues des typhons ; ils sont des lieux de plongée pour des millions de touristes ; ils assurent des ressources alimentaires exceptionnelles (25 % des poissons mondiaux se trouvent sur les récifs coralliens, qui ne représentent pourtant que 0,01 % de la surface des mers). A ce titre, ils sont sans aucun doute, dans leur richesse et leur diversité, l'élément du patrimoine végétal et animal le plus important du Pacifique Sud.

A ce sujet, je souhaite rappeler l'intérêt croissant de notre ministère pour la recherche sur les ressources biologiques et pour la création de Centres de Ressources Biologiques, CRB, dont la mission est d'annoter les collections classiques et de mettre ces ressources à la disposition de la communauté scientifique nationale et internationale, dans une optique patrimoniale et de préservation de la biodiversité.

Il est important que vous réfléchissiez au rôle des différentes institutions de recherche présentes sur le territoire pour développer un tel dispositif, pour que les banques de données qui seront constituées puissent servir le développement! Il faut souhaiter que de nouvelles et nombreuses molécules pour de nouveaux médicaments ou de nouvelles variétés agricoles plus adaptées aux climats locaux seront les récompenses de tous ces efforts.

Mais il ne faut pas non plus qu'à l'instar des pays d'Amérique centrale, les îles du Pacifique se laissent déposséder de leurs richesses, que ce soit par une politique contestable de dépôts de brevets ou par une exploitation outrancière de leurs ressources naturelles.

Et nous arrivons sans doute ici à l'élément central de toute recherche concernant le Pacifique. Il faut qu'elle trouve les voies d'une valorisation respectueuse, d'une exploitation raisonnée, d'un développement durable de la zone toute entière.

Victor Ségalen, pour revenir à lui, dans ses écrits sur la Polynésie, déplore avec amertume que l'arrivée des occidentaux, avec leur cortège funeste d'innovations et de techniques nouvelles, soit allée à l'encontre des traditions polynésienne et qu'elle les ait fait disparaître. Je ne sais pas avec certitude s'il avait tout à fait raison, ceci est d'ailleurs en soi un sujet de recherche, mais, en revanche, ce que je sais c'est que :

La recherche d'aujourd'hui doit se situer dans une perspective totalement différente.
La recherche dans le Pacifique doit acquérir la clairvoyance nécessaire pour, comme l'a dit le Président Chirac l'année dernière en Polynésie, **concilier le respect des patrimoines immémoriaux et la quête de la modernité.**

L'objectif que doit se donner la recherche française dans le Pacifique est donc particulièrement ambitieux. Il faut que la recherche contribue à construire un Pacifique écologiquement et culturellement préservé tout en étant économiquement efficace.

Je me réjouis de voir participer à ces premières Assises de la Recherche Française dans le Pacifique plus de 400 participants. En d'autres temps des voyageurs et des explorateurs tels que La Pérouse, Dumont d'Urville, Bougainville, d'Entrecasteaux ont découvert cette région et ces îles et en ont forgé pour partie leurs destinées.

Aujourd'hui, je suis intimement convaincu qu'il vous appartient, certes dans une autre mesure, d'être les nouveaux explorateurs, d'agir pour le respect, la protection, la mise en valeur raisonnée et partagée des territoires et des ressources. Une grande tâche vous attend.

Mesdames et Messieurs,

Je vous souhaite à tous des travaux fructueux à Nouméa.

François d'AUBERT
Ministre délégué à la Recherche

Table des matières

Organisation 2

Discours d'ouverture 5

CONFERENCES

THEME 1 : ECOSYSTEMES MARINS : BIODIVERSITE ET VALORISATION DES RESSOURCES

Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes pélagiques : effets sur les ressources marines 16
Louis LEGENDRE

Fonctionnement des communautés lagonaires planctoniques : influence des activités anthropiques 22
Jean-Pascal TORRETON

Les faunes de profondeurs de l'Indo-Pacifique : richesse spécifique et vulnérabilité des faunes des monts sous-marins. 29
Bertrand RICHER DE FORGES et Céline CHAUVIN

Biodiversité marine : des inventaires à la conservation des espaces naturels 34
Philippe BOUCHET

Les récifs coralliens: l'enjeu français dans le Pacifique Sud 35
Bernard SALVAT

Recherches sur les ressources vivantes dans le cadre du programme ZoNéCo 2000-2004 et perspectives. 42
Jean-Pascal TORRETON et Richard FARMAN

Les pêcheries récifales du Pacifique sud : de la connaissance à la gestion des écosystemes coralliens 46
Jocelyne FERRARIS, René GALZIN et Michel KULBICKI

L'IFRECOR dans les collectivités d'outre-mer et dans le Pacifique Sud 52
Annie AUBANEL et Christian MONIER

La culture des huîtres perlières *Pinctada margaritifera* en Polynésie française. Situation du secteur et apports de la recherche 58
D. BUESTEL et S. LANGY

L'aquaculture de crevettes en Nouvelle-Calédonie. Un exemple d'intégration Recherche-Développement 64
Yves HARACHE et Alain HERBLAND

Modélisation des effets de la variabilité du climat sur les écosystèmes pélagiques et les populations de thons 71
Patrick LEHODEY

THEME 2 : ECOSYSTEMES TERRESTRES : BIODIVERSITE ET VALORISATION DES RESSOURCES

Spécificité et fragilité des écosystèmes insulaires, quelles leçons pour préserver leur avenir ? 77
Jacques BLONDEL

De la connaissance spécifique à l'approche biomoléculaire des écosystèmes terrestres insulaires du Pacifique 82
Bruno FOGLIANI, H. AMIR, N. BARRE, S. BOURAÏMA-MADJEBI, F. BRESCIA, J.-F. BUTAUD, J. CHAZEAU, A. CIBOIS, M. de GARINE-WICHATITSKY, H. GERAUX, T. JAFFRE, P. KEITH, J.-Y. MEYER, N. PERRIER, R. PINEAU, J. TASSIN, J.-C. THIBAULT, T. WHITAKER

Altération de la biodiversité terrestre des îles françaises du Pacifique: effets de l'anthropisation et des invasions biologiques 89
M. de GARINE-WICHATITSKY, N. BARRE, V. BLANFORT, F. BRESCIA, J. CHAZEAU, B. FOGLIANI, T. JAFFRE, H. JOURDAN, J-Y MEYER, C. PAPINEAU, J. TASSIN

Gestion de la biodiversité terrestre dans les îles françaises du Pacifique 97
Jean-Yves MEYER

Valorisation de la biodiversite terrestre des iles francaises du pacifique : ressources et potentialites 98
P. RAHARIVELOMANANA, T. TEAI, A. GICQUEL, P. CABALION, J.M. BOUVET

Les latérites en environnement tropical, source de métaux d'intérêt économique 103
Fabrice COLIN, Anicet BEAUVAIS, Jean-Paul AMBROSI et Daniel NAHON

Gestion intégrée des ressources en eau douce des îles hautes carbonatées du sud-ouest Pacifique - Le cas des îles Loyauté, Nouvelle-Calédonie 108
Didier LILLE, Michel ALLENBACH, TOURAÏVANE, Gilles TALADOIRE, Jean-Marie FOTSING, Mathias CHAUCHAT, Daniel HOUMBOUY

Agriculture océanienne et environnement 116
J. TASSIN, V. KAGY, Z. LEMERRE, C. MILLE, L. DESVALS, S. SIMON, O. RATIARSON, N. BARRE & Th. MENNESSON

THEME 3 : ALEAS NATURELS ET VARIABILITE CLIMATIQUE : IMPACTS REGIONAUX ET PREVENTION

Géodynamique, risque sismique et volcanique, océan et climat dans le Pacifique tropical : une vue d'ensemble 122
Anny CAZENAVE

Le Pacifique Sud-Ouest: un cadre géodynamique exceptionnel pour l'étude de processus fondamentaux en Sciences de la Terre 127
Yves LAGABRIELLE et Bernard PELLETIER

Sismologie et risques sismiques dans le sud-ouest Pacifique 132
Philippe CHARVIS, Marc RÉGNIER et Robert PILLET

Volcanisme et risques volcaniques dans les îles du Pacifique Sud : exemples de la Polynésie française et de l'arc du Vanuatu 137
R.C. MAURY, M. LARDY, C. ROBIN, M. MONZIER, J.-P. EISSEN, P. BANI, P. ROSSI, S. BLAIS, G. GUILLE, H. GUILLOU, C. LEGENDRE

La prévention des tsunamis en Polynésie française et dans le Pacifique 143
François SCHINDELE et Dominique REYMOND

Problématique du risque « mouvements de terrain » en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie : état des lieux et perspectives 148
Jean-Marc MOMPELAT et Pierre MAURIZOT

El Niño : un dérèglement climatique issu de l'Océan Pacifique Tropical : 20 ans de recherches océanographiques françaises dans l'Océan Pacifique 151
Alexandre GANACHAUD, Joël PICAUT et Thierry DELCROIX

Cycle du carbone dans l'océan équatorial et climat 157
Robert LE BORGNE

Paléoclimatology in the Pacific Ocean: Perspectives and suggestions 163
Patrick DE DECKKER

Impact de la variabilité inter-annuelle et intra-saisonnière sur l'activité cyclonique et les précipitations 167
B. TIMBAL, S. CHENE, L. MAITREPIERRE, M. WHEELER et A. LEROY

Causes and impacts of decadal climate fluctuations in the tropical South Pacific 173
Julian P. MC CREARY, Jr and Benjamin S. GIESE

THEME 4 : CULTURES, IDENTITES, PATRIMOINE, ESPACES ET DEVELOPPEMENT

Les recherches en sciences humaines et sociales : bilan et perspectives 178
Paul DE DECKKER

Archéologie et développement : les enjeux d'une science du passé dans des îles en devenir 186
Eric CONTE

Le peuplement océanien du Pacifique : de la recherche archéologique à l'histoire océanienne 191
Christophe SAND

Colons, engagés et immigrants dans le Pacifique au XIXe et XXe siècle 196
Gilbert DAVID

Cultures, langues, patrimoines et enjeux historiques 202
Serge TCHERKEZOFF

A brief report on the current situation regarding research in Solomon Islands 205
Lawrence FOANA'OTA

La linguistique 208
Darrell TRYON

Les cadres théoriques de l'étude des représentations esthétiques dans la région Pacifique 214
Sylvie ANDRE

La Géographie au service du développement et de l'environnement ? Bilan de 50 ans de Géographie francophone en Océanie 219
Jean-Michel LEBIGRE et Patrick D'AQUINO

Prendre en compte la culture insulaire indigène dans les opérations d'aménagement et de développement local 225
Luciano MINERBI et Pierre-Marie DECOUDRAS

Identités post-coloniales en Mélanésie 231
Michel NAEPELS

THEME 5 : SANTE ET ENVIRONNEMENT

De la grippe au SRAS, la plasticité génétique virale est facteur d'émergence 236
Jean-Claude MANUGUERRA

Aedes aegypti : une histoire de dengue 245
Anna-Bella FAILLOUX, Marie VAZEILLE, Laurence MOUSSON et François RODHAIN

Ciguatéra : état des connaissances dans le Pacifique et approche diagnostique actuelle 248
M. CHINAIN et S. PAUILLAC

Leptospirose : avancées diagnostiques récentes et perspectives 253
Fabrice MERIEN

Apport des satellites au suivi des épidemies..... 256
Antonio GÜELL

Directed Research to assist Pacific countries in controlling NCD's..... 263
Tony LOWER

Existe-t-il une toxicite liee à la consommation de kava ? Question de santé publique.. 266
Y. BARGUIL, P. CABALION, F. TARBAH, S. RUSSMANN, D. DUHET, S. WARTER, C. MÜLLER, S. BARNY, E. CHOBLET, W. WEINMANN, Th. DALDRUP

Pathologies thyroidiennes et représentations de la maladie en Nouvelle-Calédonie kanake 269
Christine SALOMON

Valorisation des matières premières du Pacifique Sud et des savoirs traditionnels : possibilités et contraintes d'un développement éventuel 272
Robert ANTON et Bernard WENIGER

DOCUMENTS DE SYNTHESE

Thème 1: Ecosystèmes marins : biodiversité et valorisation des ressources..... 275

Thème 2 : Ecosystèmes terrestres : biodiversité et valorisation des ressources 276

Thème 3 : Aléas naturels et variabilité climatique : impacts régionaux et prévention . 277

Thème 4 : Cultures, identités, patrimoine, espaces et développement..... 278

Thème 5 : Santé et environnement..... 279

Atelier 6 : Formation à la recherche et par la recherche 281

Discours de clôture 282

Liste des auteurs 285

THEME 1

ECOSYSTEMES MARINS :

BIODIVERSITE ET VALORISATION DES RESSOURCES

Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes pélagiques : effets sur les ressources marines

Louis LEGENDRE
Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, UMR CNRS-UPMC 7093,
BP 28, 06234 Villefranche-sur-Mer Cedex, France legendre@obs-vlfr.fr

Dans les océans, l'abondance et la productivité des ressources dépendent de la quantité de matière organique synthétisée par les organismes photosynthétiques (production primaire, PP). Par exemple, Iverson (1990) a montré qu'il y a, à l'échelle mondiale, une relation directe entre la production de phytoplancton et celle des poissons carnivores et des calmars dans l'ensemble des eaux océaniques et côtières.

En fait, une PP élevée est la condition nécessaire mais non suffisante de la productivité des ressources. Seuls quelques types d'écosystèmes transfèrent une fraction importante de leur PP vers les ressources. Dans les autres écosystèmes, la plus grande partie de la production est reminéralisée très rapidement ou bien une fraction importante de celle-ci est exportée vers les profondeurs océaniques, si bien qu'il y a peu de nourriture disponible pour les ressources pélagiques et/ou benthiques. En effet, la diversité, l'abondance et la productivité des ressources marines dépendent aussi, très largement, de la diversité et du fonctionnement des écosystèmes auxquels appartiennent les ressources. Nous examinerons ici trois des facteurs responsables des différences qui existent entre écosystèmes pour ce qui est des ressources : la profondeur d'eau, le fonctionnement de l'écosystème et la complexité du réseau trophique pélagique.

De façon générale, la *profondeur d'eau* influence fortement le couplage entre le milieu pélagique et le milieu benthique (Figure 1).

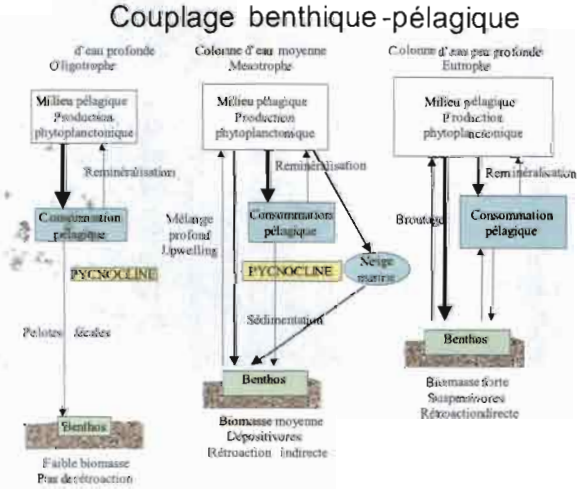


Figure 1 : Couplage benthique-pélagique. D'après et Ott (1992) et Peter Herman (comm. pers.).

Dans une colonne d'eau profonde (100 m), la PP est souvent faible (milieu oligotrophe) et la matière organique est surtout consommée par des organismes pélagiques, dont les poissons. Les pelotes fécales qui atteignent le benthos sont en petite quantité et la matière organique, réfractaire. Par suite de la profondeur d'eau, il n'y a que peu ou pas de rétroaction locale ou à court terme du benthos sur la partie supérieure de la colonne d'eau et, donc, sur la production pélagique.

Dans une colonne d'eau de profondeur intermédiaire, la PP peut être relativement forte (milieu mésotrophe) et la matière organique est utilisée par des organismes pélagiques et benthiques. Ces derniers, qui sont surtout dépositivores, se nourrissent de particules organiques qui se déposent sur le fond (pelotes fécales, neige marine, etc.). Les nutriments régénérés par le benthos reviennent de façon saisonnière près de la surface, où ils influencent la PP (rétroaction indirecte).

Lorsque l'eau est peu profonde (10 m), la PP est quelquefois très forte (milieu eutrophe) et une fraction importante de la matière organique peut être consommée par des organismes benthiques. Ceux-ci, qui sont surtout des suspensivores, se nourrissent de phytoplancton à la base de la colonne d'eau et d'agrégats organiques divers. Le benthos exerce alors une rétroaction sur la colonne d'eau, qui peut être à la fois directe (broutage) et indirecte (régénération de nutriments).

La profondeur d'eau détermine donc les grands traits des écosystèmes pélagiques et benthiques. Elle influence, de ce fait, la diversité, l'abondance et la productivité des ressources marines.

La profondeur d'eau ne fournit pas une grille permettant d'analyser toutes les situations : il faut aussi considérer le *fonctionnement de l'écosystème*. Par exemple, le réseau planctonique du lagon de l'Atoll de Takapoto (Polynésie Française ; 14°30'S, 145°20'W ; profondeur moyenne de 25 m) exporte une fraction significative de sa PP malgré la forte oligotrophie du milieu. Cette conclusion provient d'une étude qui combine les stocks de carbone de tous les compartiments planctoniques (bactéries hétérotrophes, phytoplancton, protozooplancton, metazooplancton, carbone organique particulaire et dissous — COP et COD — et détritus) avec les flux de carbone vers et hors de ces compartiments, en vue d'établir un bilan du carbone qui caractérise la structure et le fonctionnement du réseau trophique pélagique (Sakka et al. 2002).

La plupart des valeurs de PP phyto-planctonique marine trouvées dans la littérature ne concernent que le carbone fixé dans la matière particulaire. Ces valeurs ne tiennent donc pas compte du COD exsudé par le phytoplancton. Or, le COD est utilisé comme ressource nutritive par de nombreux organismes hétérotrophes, notamment les bactéries pélagiques. Dans le lagon de Takapoto, Sakka et al. (2002) ont estimé les deux composantes de la PP (COP et COD). Ils ont trouvé que la PP particulaire dans le lagon est forte pour un milieu oligotrophe : en moyenne 715 mg C $m^{-2}d^{-1}$, ce qui correspond aux valeurs citées par Charpy (1996 ; 400-1200 mg C $m^{-2}d^{-1}$) et est très élevé par rapport à la faible biomasse chlorophyllienne (5,5 mg m^{-2}). La production de COP est surtout le fait (65 %) de cyanobactéries de très petite taille (<1 µm) et l'exsudation de COD est, en moyenne, équivalente à la production de COP. Cette exsudation très élevée pourrait s'expliquer par l'oligotrophie du lagon (limitation de la PP par l'azote et/ou le phosphore, favorisant l'exsudation de COP) et aussi un fort broutage, qui endommage les cellules et cause ainsi des pertes de matière organique cellulaire sous forme de COD. La PP totale est 1375 mg C $m^{-2}d^{-1}$.

Les bactéries hétérotrophes présentent une forte biomasse, une faible production et une petite proportion de cellules qui respirent de façon active. L'explication de la faible production pourrait être une limitation nutritive des bactéries (par le phosphore) et celle de la forte biomasse non productive et non active, un faible taux de broutage par les protozoaires.

Le réseau trophique planctonique est caractérisé par une forte biomasse de petits protozoaires (82 % sont des flagellés ≤14 µm) et, même si la biomasse des métazoaires planctoniques (74 % de copépodes et 14 % d'ostracodes) est plus faible que celle des protozoaires, les métazoaires présentent des taux de production et d'ingestion élevés et ils consomment la plus grande partie des détritus produits dans la colonne d'eau.

Le bilan de carbone de l'écosystème planctonique révèle que 70 % de la production phytoplanctonique nette (COP et COD) est reminéralisée (respirée) par les hétérotrophes planctoniques, ce qui est faible pour des eaux oligotrophes chaudes. Cette valeur peut s'expliquer par la faible activité des bactéries hétérotrophes. Les autres 30 % sont exportés vers les animaux pélagiques (20 %) et vers le fond, sous forme de détritus (10 %). Les huîtres perlières en culture sont suspendues dans la colonne d'eau, si bien qu'elles font partie des organismes pélagiques. À Takapoto, les huîtres perlières et sauvages ne consomment que 4 mg C $m^{-2}d^{-1}$; il s'ensuit qu'on est encore loin de la capacité trophique du lagon pour ces espèces (Niquil et al. 2001).

Cet exemple montre que le transfert de carbone du phytoplancton vers les ressources dépend de plusieurs facteurs, dont les effets peuvent être de nature opposée. Le lagon de Takapoto est peu profond mais, contrairement à la règle voulant que les eaux peu profondes soient généralement eutrophes, il y a peu de nutriments dans ce lagon car celui-ci est situé dans un atoll qui se trouve au milieu d'un océan oligotrophe. Par ailleurs, même si les eaux chaudes sont généralement caractérisées par une forte respiration (Rivkin & Legendre 2001), la faible activité bactérienne dans le lagon de Takapoto se traduit par une respiration relativement peu élevée. Enfin, même si les écosystèmes où la PP est le fait de phytoplancton de petite taille n'exportent généralement que très peu de carbone organique (Legendre & Le Fèvre 1989), la très petite taille du phytoplancton (<1 μm) qui domine la PP de Takapoto n'empêche pas que 30 % de celle-ci soient exportés. Ceci s'explique notamment par la forte pression de broutage que les protozoaires exercent sur le phytoplancton et la forte consommation de ceux-ci par le plancton métazoaire. La diversité et le fonctionnement des écosystèmes auxquels appartiennent les ressources marines influencent donc la diversité, l'abondance et la productivité de celles-ci.

La nature et la complexité du réseau trophique pélagique peuvent aussi causer des différences entre écosystèmes, pour ce qui est des ressources marines. Pauly & Christensen (1995) ont estimé la production primaire requise par les pêches (PPR). Ils ont utilisé les statistiques de pêche de la FAO (prises et rejets), pour cinq grands types d'écosystèmes, et ils ont déterminé le niveau trophique moyen des différentes prises à partir de modèles d'écosystèmes. Ils ont calculé, pour chaque groupe de prises et pour chaque écosystème, la PPR (% de PP) en utilisant une efficacité moyenne de transfert entre niveaux trophiques de 10 % :

$$\text{PPR (\%)} = 100 \times [\text{Biomasse des prises} \times 10^{(\text{Niveau trophique} - 1{,}0)}] / \text{PP}$$

Dans l'exposant, on soustrait le niveau trophique des producteurs primaires (1,0) du niveau trophique des prises. Les données et les résultats de Pauly & Christensen (1995) sont consignés dans lignes 1-6 du Tableau 1.

Le Tableau 1 montre que la PPR varie selon le type d'écosystème. Sur les plateaux continentaux non-tropicaux, 35 % de la PP est requise pour maintenir les pêches. Cette valeur passe à 25 % sur les plateaux tropicaux et dans les upwellings, 8 % dans les écosystèmes côtiers et récifaux (profondeur ≤10 et ≤30 m) et 2 % dans l'océan ouvert ; la PPR moyenne pour l'Océan Mondial est 8 %. Les auteurs concluent que, dans les systèmes facilement accessibles (upwellings et plateaux continentaux), la PPR n'est pas loin de la fraction de la PP que les humains utilisent dans les milieux terrestres (14-26 % ; Imhoff et al. 2004), directement (nourriture et fibres) ou indirectement (nourriture des animaux). Comme il n'est pas possible d'accroître la PP marine, contrairement à la situation sur les continents où l'agriculture a permis d'augmenter considérablement la production végétale, nous sommes généralement près de la limite de ce que nous pouvons et pourrons tirer des océans.

Tableau 1. Production primaire requise par les pêches (PPR) à l'échelle mondiale. Les niveaux trophiques vont de 1,0 pour les producteurs primaires à 4,2 pour le thon ; les valeurs ci-dessous correspondent au niveau trophique moyen des prises dans chaque système. La PPR dans chaque système est exprimée en pourcentage de la production primaire (PP) de ce système. Lignes 1-6 : valeurs tirées du Tableau 2 de Pauly & Christensen (1995) ou calculées à partir de valeurs de ce Tableau. Ligne 7 : PPR calculée à partir des valeurs des lignes 2-5. Ligne 8 : niveaux trophiques des prises corrigés pour tenir compte du transit de carbone par la voie microbienne. Ligne 9 : PPR calculée à partir des valeurs des lignes 2, 3, 4 et 8.

	Océan ouvert	Upwellings	Plateaux continentaux tropicaux	Plateaux cont. non-tropicaux	Systèmes côtiers et récifaux
1. Surface (10^6 km^2)	332,0	0,8	8,6	18,4	2,0
2. PP (Pg C a^{-1})	34,2	0,8	2,7	5,7	1,8
3. Prises (Tg C a^{-1})	0,4	2,0	2,1	3,3	1,8
4. Rejets (Tg C a^{-1})	0,1	0,3	0,6	1,4	0,6
5. Niveau troph. prises	4,0	2,8	3,3	3,5	2,5
6. PPR (%)	1,8	25,1	24,2	35,3	8,3
7. PPR (%, 2-5)	1,3	18,4	20,5	26,1	4,2
8. Niveau troph. corrigé	4,8	3,3	3,8	4,0	3,0
9. PPR (%, 2-4 et 8)	8,2	58,2	64,9	82,7	13,1

Pauly & Christensen (1995) expliquent que l'agrégation de plusieurs groupes d'espèces d'un même écosystème conduit à une sous-estimation de la PPR, parce que cette opération combine de façon linéaire des effets qui ne le sont pas. Ceci est illustré par le calcul des PPR au moyen de l'équation ci-dessus et des valeurs des lignes 2-5 du Tableau 1 ; les valeurs obtenues (ligne 7) sont plus faibles que celles de la ligne 6, la PPR moyenne pour l'Océan Mondial passant alors de 8 à 6 % (moyennes pondérées des lignes 6 et 7).

Pauly & Christensen (1995) supposent que la PP atteint les ressources surtout par les crustacés planctoniques (réseau trophique herbivore). Or, plusieurs régions de l'océan sont dominées par les réseaux multivore et microbien, où le microzooplancton joue un rôle majeur (Legendre & Rassoulzadegan 1995 ; voir aussi la Fig. 2). Le transit d'une fraction importante du carbone organique par la voie microbienne éloigne les ressources de la PP, ce qui augmente leur niveau trophique (M.R. Anderson & R. Rivkin, comm. pers.). Cet effet est représenté à la ligne 8 du Tableau, où l'on suppose que le picophytoplancton (<2 µm) est responsable de 80 % de la PP dans l'océan ouvert et de 50 % ailleurs, ce qui entraîne une augmentation minimale de 0,8 et 0,5 niveau trophique (les PPR sont à la ligne 9). Avec cette correction, la PPR moyenne est 22 % (moyenne pondérée de la ligne 9) : nous serions donc non seulement près de la limite de ce que nous pouvons tirer des océans, mais nous l'aurions dépassée dans plusieurs écosystèmes.

Perspectives

L'utilisation des ressources marines est sujette à plusieurs contraintes qu'imposent la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes. Ces contraintes se font particulièrement sentir lorsque l'activité humaine perturbe fortement les écosystèmes. Nous examinerons ici les perturbations liées au *changement climatique*, lequel aura de nombreux effets directs et indirects sur le milieu marin. Les deux plus importants pour les écosystèmes sont l'augmentation de la température de l'eau et celle de la concentration du CO_2 dissous (Laubier 2003).

On prévoit une augmentation de la température de l'océan de 1,5 à 5,8°C d'ici 2100. On perçoit encore mal l'effet d'un tel changement sur les communautés marines, mais des indicateurs globaux suggèrent que les conséquences pourraient être majeures. Par exemple, Laws et al. (2000) ont trouvé que la fraction de la PP exportée de la zone euphotique vers les eaux sous-jacentes est une fonction inverse de la température. Ceci traduit à la fois une réponse positive de la respiration des hétérotrophes à la température (Rivkin & Legendre 2001) et une relation inverse entre la taille du phytoplancton et la

température, laquelle conduit à une forte rétention et reminéralisation de la matière organique (de petite taille) dans les eaux superficielles chaudes. Un modèle biogéochimique, qui explore les effets d'un doublement du CO_2 atmosphérique d'ici 2100, prévoit une diminution globale de la chlorophylle (8,5 %), de la PP (8,9 %) et de l'exportation de COP (6 %) ainsi qu'une diminution générale de la taille du phytoplancton et du zooplancton (Bopp et al. 2001, Bopp 2002).

L'augmentation de la concentration du CO_2 dissous entraînera une baisse du pH et de la saturation du $CaCO_3$ (Ω) dans l'eau de mer. L'augmentation du CO_2 dissous entraînera des changements dans l'abondance relative des groupes de phytoplancton, qui ont une affinité différente pour le CO_2, par exemple les diatomées et les coccolithophores (Riebesell 2004). Par ailleurs, plusieurs groupes d'animaux marins présentent, en laboratoire, des problèmes métaboliques à pH réduit (Pörtner et al. 2004). Enfin, la calcification diminue lorsque Ω décroît, si bien qu'un doublement de la concentration du CO_2 atmosphérique pourrait entraîner une réduction de 20 à 40 % de la production de $CaCO_3$ par les organismes marins (Riebesell 2004).

Des interactions entre facteurs sont possibles. Par exemple, l'augmentation de température de l'eau détruira les coraux constructeurs de récifs dans les régions où ceux-ci sont actuellement à leur limite thermique supérieure (28-29°C), alors que la baisse de Ω rendra très difficile la colonisation de milieux moins chauds par les coraux. Par ailleurs, si l'élévation du niveau de la mer devait être plus rapide que prévue d'ici 2100 (14-80 cm), la vitesse de croissance des récifs coralliens (de 0,5 à 6-8 mm an^{-1}) pourrait être trop faible pour leur permettre de se maintenir.

Il est clair que le changement climatique entraînera des modifications importantes dans la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins. Ces changements pourront se traduire par des modifications du niveau trophique moyen des ressources, ce qui affectera la PPR. La tendance générale à une diminution de la taille du plancton, liée à l'augmentation de température de l'eau, devrait entraîner un accroissement du niveau trophique moyen des ressources. Celui-ci, combiné avec une baisse générale de la PP, limitera de façon croissante l'utilisation des ressources marines par les populations humaines et accentuera la tendance à exploiter des niveaux trophiques de plus en plus bas (« fishing down marine food webs » ; Pauly et al. 1998).

Références bibliographiques

Bopp, L. (2002). Changements climatiques et biogéochemie marine: Modélisation du dernier maximum glaciaire et de l'ère industrielle, Thèse de doctorat, Univ. de Paris, 318 pp.

Bopp, L., Monfray, P., Aumont, O., Dufresne, J.-L., LeTreut, H., Madec, G., Terray, L. et Orr, J.. (2001). Potential impact of climate change on marine export production, *Global Biogeochem. Cycles* 15: 81-100.

Imhoff, M.L. et al. (2004). Global patterns in human consumption of net primary production. Nature 429: 870-873.

Iverson, R. L. (1990). Control of marine fish production. *Limnol. Oceanogr.* 35: 1593-1604.

Laubier, L. (2003). Changement et vulnérabilité des peuplements marins côtiers. *Comptes Rendus Géoscience* 335: 561-568.

Laws, E.A., Falkowski, P.G., Smith Jr., W.O., Ducklow, H. & McCarthy, J.J. (2000). Temperature effects on export production in the open ocean *Global Biogeochem. Cycles* 14: 1231-1246.

Legendre, L. & Le Fèvre, J. (1989). Hydrodynamical singularities as controls of recycled versus export production in oceans. 49-63. *In: Productivity of the ocean: present and past* (W.H. Berger, V.S. Smetacek & G. Wefer, Eds), John Wiley & Sons, Chichester.

Legendre, L. & Rassoulzadegan, F. (1995). Plankton and nutrient dynamics in marine waters. *Ophelia* 41: 153-172.

Niquil, N., Pouvreau, S., Sakka, A., Legendre, L., Addessi, L., Le Borgne, R., Charpy, L. & Delesalle, B. (2001). Trophic web and carrying capacity in a pearl oyster farming lagoon (Takapoto, French Polynesia). *Aquat. Living Res.* 14: 165-174.

Ott, J. (1992). The Adriatic benthos: Problems and perspectives, 367-378. *In: Marine eutrophication and population dynamics* (G.Colombo et al. Eds), Olsen & Olsen, Fredensborg.

Pauly, D. & Christensen, V. (1995). Primary production required to sustain global fisheries. Nature 374: 255-257.

Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres Jr., F. (1998). Fishing down marine food webs. Science 279: 860-863.

Pörtner, H.O., Langenbuch, M. & Michaelidis, B. (2004). Effects of CO_2 on marine animals: Time scales, processes, and limits of adaptation. Programme and abstracts, Symposium on the Ocean in a High-CO_2 World, Paris, 10-12 Mai 2004, 26-27.

Riebesell, U. (2004) Phytoplankton in a high-CO_2 world: Biological responses and their biogeochemical implications. Programme and abstracts. Symposium on the Ocean in a High-CO_2 World, Paris, 10-12 Mai 2004, 27-28.

Rivkin, R. & Legendre, L. (2001). Biogenic carbon cycling in the upper ocean: effects of microbial respiration. *Science* 291: 2398-2400.

Sakka, A., Legendre, L., Gosselin, M., Niquil, N. & Delesalle, B. (2002). Carbon budget of the planktonic food web in an atoll lagoon (Takapoto, French Polynesia). *J. Plankton Res.* 24: 301-320.

Fonctionnement des communautés lagonaires planctoniques : influence des activités anthropiques

Jean-Pascal TORRETON
UR103, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie, torreton@noumea.ird.nc

Dans les états insulaires du Pacifique, l'urbanisation et le développement de l'agriculture, de l'industrie et du tourisme se traduisent par des apports de différentes natures au milieu côtier que l'on peut classer en 3 catégories. Les nutriments dont un enrichissement excessif conduit à l'eutrophisation. Les contaminants, parmi lesquels on peut classer les métaux en Nouvelle-Calédonie, mais également à Fidji. Le principal risque est leur transfert dans la chaîne alimentaire. Enfin les particules dont on perçoit surtout le rôle sur la turbidité, mais qui constituent également des vecteurs des contaminants dans les lagons soumis aux apports terrigènes. Ces 3 types d'apports entraînent des modifications importantes de l'environnement côtier qui conduisent généralement à des conflits d'intérêt.

La diversité et le fonctionnement des communautés macroscopiques ont reçu jusqu'à présent une attention justifiée. Toutefois, les communautés planctoniques, moins aisément perceptibles du grand public et des décideurs, méritent également un large effort de recherche. En effet, la structure et le fonctionnement de ces communautés situées à la base des réseaux trophiques peuvent en effet largement conditionner les peuplements des niveaux trophiques supérieurs et les flux qui les traversent. Comprendre les modifications des milieux lagonaires nécessite donc d'appréhender les interactions des communautés planctoniques avec les 3 types d'apports au milieu côtier que constituent les nutriments, les contaminants et les particules.

L'étude de ces communautés s'intègre dans une démarche pluridisciplinaire - essentielle en écologie - dont les objectifs sont d'apporter les connaissances fondamentales nécessaires à la compréhension du fonctionnement naturel de ces écosystèmes, d'évaluer, voire d'anticiper, les effets des activités humaines sur ce fonctionnement et enfin de fournir les bases scientifiques nécessaires à la mise en place d'outils de surveillance de ces milieux.

Il est nécessaire au préalable de rappeler brièvement les grandes lignes du fonctionnement des communautés planctoniques. Il faut du CO_2, de la lumière et des nutriments pour entretenir la croissance du phytoplancton. Celui-ci est composé d'organismes très divers et de tailles très variables. Seules les plus grosses cellules (>10µm) peuvent être consommées directement par le mésozooplancton. Les plus petites cellules comme les cyanobactéries (< 1µm), nécessitent en raison de leur taille, une ou plusieurs étapes intermédiaires de prédation par les protistes, avant la consommation par le zooplancton. Le zooplancton est lui-même consommé par de plus gros organismes, et la biomasse produite parvient ainsi jusqu'aux niveaux supérieurs des réseaux trophiques. Chaque étape de consommation engendre des pertes comme celles occasionnées par la respiration et des déchets qui vont alimenter le stock de matière organique dissoute ou MOD. Celle-ci est consommée par les bactéries planctoniques qui vont avoir globalement deux effets : D'une part, fournir un surcroît de biomasse qui va s'insérer dans le réseau trophique, d'autre part, permettre la libération d'une partie des nutriments composant cette matière organique.

Nutriments et peuplements planctoniques

Les milieux côtiers du Pacifique tropical sont très renouvelés par les eaux océaniques proches très pauvres en nutriments et donc en plancton. Des apports en nutriments par les activités humaines vont donc augmenter la disponibilité nutritive et augmenter ainsi l'activité et la quantité de plancton. Les apports sous forme organique –abondants dans les effluents urbains –ne sont généralement pas utilisables directement par le phytoplancton. Les bactéries en les utilisant vont, d'une part, augmenter la disponibilité nutritive en libérant les minéraux complexés à la matière organique, ce qui augmente d'autant la production planctonique, et, d'autre part, produire de la matière vivante qui consommée par les protistes s'insère dans les réseaux trophiques, augmentant là aussi la production globale. Globalement, les bactéries dans ces milieux ne font qu'accélérer l'eutrophisation.

Dans les cas extrêmes, ces enrichissements peuvent se traduire par des efflorescences nuisibles, voire toxiques. Un autre cas extrême est la consommation excessive d'oxygène due à la dégradation par les bactéries des apports en matière organique qui s'ajoute à la respiration de ce plancton devenu très abondant. L'anoxie de la colonne d'eau qui peut en résulter a bien entendu des conséquences catastrophiques sur les organismes supérieurs, en particulier ceux qui sont fixés. Ces situations sont heureusement fort peu représentées dans les milieux insulaires du Pacifique, où les manifestations de ces enrichissements sont souvent plus insidieuses comme on le verra plus loin.

Tous les nutriments ne sont pas équivalents bien entendu. Si l'on exclut les éléments traces, globalement l'azote et le phosphore sont les plus importants. Il faut 16 fois plus d'azote que de phosphore pour la croissance du phytoplancton. Lorsque le rapport entre azote et phosphore disponibles est supérieur à 16, le phosphore sera le premier élément susceptible de manquer et qui structurera ainsi les communautés planctoniques. Dans le cas inverse, c'est l'azote qui sera le premier élément limitant. Une première étape, importante, est donc de déterminer quel est le premier élément structurant la production planctonique. Ce n'est pas une question triviale en terme de gestion des milieux car dans un milieu où l'azote par exemple est limitant, il sera plus pertinent de faire porter l'effort du contrôle des rejets sur cet élément, plutôt que sur le phosphore dont un apport supplémentaire ne provoquera pas de croissance du phytoplancton.

Pour ce faire, deux grandes catégories d'approches sont possibles. Les approches *in situ* consistent à évaluer directement sur le milieu le rapport entre azote et phosphore disponibles et le comparer à cette valeur de 16. Il est possible également d'examiner s'il existe une relation empirique entre la biomasse ou l'activité d'un compartiment planctonique et la concentration d'un nutriment dont on veut tester l'influence. Enfin l'étude du turnover de l'azote et du phosphore peut servir d'indicateur. Le turnover d'un élément est en effet d'autant plus rapide que celui-ci contraint les activités planctoniques. Les approches *in vitro* consistent à examiner la réponse des communautés planctoniques à l'addition expérimentale de divers éléments. Chacune de ces approches présente ses limites et dans tous les cas les résultats doivent être étayés par plusieurs d'entre elles.

Dans les atolls des Tuamotu en Polynésie Française, les milieux les moins perturbés ayant été étudiés, des expériences d'enrichissement suggèrent dans la plupart des cas une limitation par l'azote des communautés dans les atolls bien renouvelés et plutôt profonds. Certains atolls moins renouvelés par les eaux océaniques et peu profonds apparaissent davantage limités par le phosphore (Dufour et Berland 1999, Torréton et al. 2000). La morphologie des atolls semble donc en mesure de permettre d'anticiper l'élément le plus susceptible de structurer les communautés planctoniques (Dufour et al. 2001).

Dans la zone sous influence urbaine du lagon de Tahiti, les corrélations entre biomasse phytoplanctonique d'une part et nutriments d'autre part montrent que le facteur structurant est très vraisemblablement l'azote (Torréton et al. 1997).

A Fidji, dans le lagon autour de Suva, la corrélation de la biomasse phytoplanctonique, bien meilleure avec le phosphore qu'avec l'azote suggère que le premier facteur structurant les

communautés est le phosphore, bien que le rapport entre azote et phosphore inorganiques soit largement inférieur à 16 (Torréton et al. 2004).

Enfin dans le lagon Sud Ouest de Nouvelle Calédonie les rapports entre azote et phosphore, bien inférieurs à 16, et le turnover considérablement plus rapide de l'ammonium comparé à celui du phosphore indiquent que l'azote est le premier facteur structurant les populations planctoniques (Torréton et al. in prep).

Ces éléments structurants varient donc selon les milieux d'îles hautes soumises aux impacts anthropiques et il est donc nécessaire de les déterminer au préalable. Fort heureusement dans ces milieux tropicaux, ils ne semblent pas varier de manière déterminante au cours de l'année.

Une fois ceux-ci connus il est possible d'évaluer leur effet sur le fonctionnement des communautés planctoniques. Dans le lagon Sud Ouest de Nouvelle-Calédonie, la taille du phytoplancton tend à augmenter de manière assez nette pour des concentrations croissantes en azote – le facteur structurant dans ce milieu. On observe des tendances tout à fait comparables dans le lagon Fidjien à proximité de la capitale, Suva, cette fois pour des concentrations croissantes en phosphore. Un calcul rapide illustre les conséquences potentielles de ces changements de taille. Dans le lagon Fidjien, aux sites les moins affectés par les activités humaines, le phytoplancton est largement dominé par de petits organismes. Les plus petites cellules (< 2 µm) représentent en effet 75 % de la production, soit 75 g de carbone si l'on donne arbitrairement la valeur 100 à la production primaire dans cette situation. Si l'on admet que ces petites cellules ne sont consommées que par les plus petits protistes prédateurs, les nanoflagellés, qu'eux-mêmes sont consommés par des protistes plus gros comme les ciliés qui à leur tour seront consommés par le mésozooplancton, il y a 3 étapes de prédation pour arriver au mésozooplancton. En adoptant une valeur de rendement de transfert de 30%, c'est à dire que 30% du carbone consommé aboutit sous forme de prédateur, le reste étant respiré ou excrété, seuls $0,3^3$ soit 2,7% de 75 g ou 2,025 g parviennent au mésozooplancton. Si l'on admet que les cellules de taille intermédiaire (2-10 µm) qui représentent 18 % de ces 100 g peuvent être directement consommées par les ciliés et shuntent donc cette première étape de prédation, seuls $0,3^2$ soit 9% de 18 g ou 1,62 g parviennent au mésozooplancton. Enfin si l'on considère que les cellules les plus grosses (>10 µm, 7% du total) sont consommées directement par le mésozooplancton, elles permettent ainsi de produire 2,1 g de zooplancton. Dans cette situation, les 100 g de carbone produits sous forme de phytoplancton conduisent à produire 5,7 grammes de carbone zooplanctonique.

Dans la situation la plus altérée, le phytoplancton produit 23 fois plus que dans la situation précédente soit cette fois 2300 g de carbone produits, mais par une majorité de grosses cellules. En calculant comme précédemment, les 736 g de phytoplancton < 2 µm (32% du total), conduisent à la production de 20 g de zooplancton. Les cellules de taille intermédiaire, (2-10 µm, 18% du total) conduisent à la production de 37 g de zooplancton. Et enfin les cellules les plus grosses (>10 µm, 50% du total) conduisent à la production de 345 g de zooplancton.

Au total cette production primaire 23 fois plus forte conduit à la production de 412 g de zooplancton ce qui représente 70 fois plus que dans la situation précédente. Ce changement de taille moyenne du phytoplancton qui pourrait paraître anecdotique peut donc considérablement amplifier les perturbations.

Mais les classes de tailles ne sont pas seules en jeu. Dans chacune de ces classes de taille, la répartition entre organismes est susceptible d'être modifiée. Ainsi dans le lagon Sud Ouest de Nouvelle-Calédonie, les apports en azote – l'élément structurant – se traduisent par des modifications profondes des communautés phytoplanctoniques. Aux concentrations en azote inorganique dissous (NID) les plus faibles comme celles que l'on peut mesurer dans le chenal principal (NID = 0,03 µM), loin des baies sous influence urbaine, les peuplements de gros phytoplancton sont dominés par des coccolithophoracées (18 % du total) et des dinoflagellés (59 %). A mesure que ces concentrations augmentent, ces organismes sont remplacés par des diatomées et ces 3 grandes catégories représentent respectivement 9, 5 et 60 % du total aux situations les plus riches (NID = 3,2 µM). De manière comparable, les plus petits organismes du phytoplancton sont dominés par des cyanobactéries du genre

Prochlorococcus (74 %) aux sites les plus pauvres. En second viennent les *Synechococcus* (25 %), puis les picoeucaryotes phytoplanctoniques (1 %). Les enrichissements en azote se traduisent par une réduction très nette des *Prochlorococcus* au bénéfice des *Synechococcus* et des picoeucaryotes (respectivement 3, 91, et 6 % pour NID = 2,5 µM). Il est difficile à l'heure actuelle d'évaluer les conséquences trophiques de ces changements communautaires importants dans les conditions d'eutrophisation pourtant limitées dans le lagon sud ouest de Nouvelle-Calédonie, mais ils déterminent certainement largement la structure des communautés situées plus haut dans les réseaux trophiques.

Ces modifications communautaires sont en outre susceptibles d'affecter le transfert des contaminants dans les réseaux trophiques.

Contaminants et réseaux trophiques

Les premiers échelons trophiques des communautés planctoniques constituent en effet la plus grosse surface biologique donc réactive dans les milieux océaniques. Ces communautés constituent donc un lieu privilégié d'entrée et parfois de transformation des contaminants dans les réseaux trophiques. Un calcul rapide montre que cette importance potentielle reste significative même en milieu côtier peu profond. Dans le lagon Sud Ouest de Nouvelle-Calédonie l'abondance moyenne du bactérioplancton hétérotrophe est d'environ 0,7 10^6 cellules l^{-1}. Assimilée à une sphère chaque bactérie, d'environ 0,5 µm de diamètre, représente une surface de 0,8 μm^2. Soit une surface bactérienne de 5,5 cm^2 par litre ou 11 m^2 par m^2 de lagon (profondeur moyenne 20 m). Un calcul analogue tenant compte de la taille du phytoplancton montre que celui présente une surface de contact beaucoup plus faible de l'ordre de 0,04 m^2 par m^2 de lagon, atteignant 0,2 m^2/m^2 dans les zones les plus altérées du lagon.

Si certaines espèces bactériennes présentent d'importantes capacités d'accumulation en laboratoire, il n'y a actuellement aucune donnée concernant la capacité du bactérioplancton à accumuler les contaminants métalliques et donc leur transfert éventuel dans les réseaux trophiques. Il est clair que c'est un domaine qu'il conviendra d'aborder dans les années qui viennent. L'accumulation de métal est par contre connue chez diverses espèces de phytoplancton, mais on ne dispose d'aucune donnée pour les organismes couramment rencontrés en milieu lagonaire. La littérature nous apprend également que les enrichissements nutritifs interfèrent également avec cette capacité d'accumulation. Des taux de croissances plus importants, induits par des apports nutritifs, augmentent cette accumulation. D'autre part, en modifiant les peuplements les apports nutritifs modifient très probablement cette capacité d'accumulation.

Un de nos objectifs est de pouvoir proposer des outils de surveillance de ces milieux il est donc important de comprendre comment ces interactions entre plancton et contaminants vont affecter la validité de bioindicateurs de contamination métallique. Trois espèces de bivalves (2 huîtres, *Isognomon isognomon* et *Malleus regula* et un vénéridé *Gafrarium tumidum*) sont actuellement identifiées comme de bons candidats bioindicateurs (Breau 2003). L'utilisation de métaux marqués a permis de montrer que ces espèces concentrent efficacement la plupart des métaux testés (Co, Cr, Zn, Ca, Mn, Ag, Hédouin 2003). En employant un modèle de bioaccumulation, pour la majorité des métaux testés c'est la nourriture, c'est-à-dire principalement le phytoplancton, qui constitue la voie majeure d'accumulation soit 85 à 100% des flux d'entrée dans ces organismes (Hédouin 2003). Il apparaît donc nécessaire dans l'immédiat de privilégier les questions suivantes :

- Y a-t-il tout d'abord un rôle des métaux dissous sur la composition du phytoplancton qui viendrait interférer avec la structuration induite par les éléments nutritifs ?

- Quelles sont les capacités de bioaccumulation des métaux par les différentes espèces de phytoplancton majoritairement rencontrées dans des situations trophiques données ?
On perçoit bien en effet qu'il est peu vraisemblable que des diatomées de grosses tailles - typiques des fonds de baie très enrichies par les apports nutritifs - présentent les mêmes capacités d'accumulation que le picoplancton procaryote qui domine dans les zones lagonaires non enrichies par les nutriments.

- Quelle est l'influence de la structure des communautés phytoplanctoniques sur l'accumulation métallique par les bioindicateurs potentiels identifiés ? Nous avons vu que la taille du phytoplancton influait largement sur le transfert de carbone vers les niveaux supérieurs des réseaux trophiques. Il n'y a aucune raison de supposer que le nombre d'étapes de transfert, et *a fortiori* la nature des communautés, n'aient aucune influence sur cette accumulation dans les espèces cibles choisies. Les niveaux d'accumulation par un bioindicateur donné n'auront donc pas nécessairement la même interprétation dans des situations trophiques différentes comme par exemple dans les baies urbaines autour de Nouméa et le canal de la Havannah au sud, beaucoup moins affecté par les apports nutritifs.

Ces trois questions constituent l'architecture d'un projet de recherche dont le financement vient d'être obtenu grâce au programme National PNETOX (Rochelle-Newall et al. 2003).

Particules, contaminants et réseaux trophiques

Le troisième type d'apports au milieu côtier susceptible d'interagir avec les communautés planctoniques est constitué par les particules. Une classe de particules récemment découverte est susceptible d'avoir des implications assez larges tant en terme de transfert de carbone que de contaminants. Il s'agit des PET, polymères exoprotéolytiques transparents, formés par la coagulation de matière organique dissoute principalement produite par le phytoplancton. Ce sont des particules très hydratées, qui sont maintenant connues pour présenter des propriétés d'adsorption importantes pour de nombreux composés dissous tels que protéines, acides aminés, acides gras et métaux (Niven et al. 1997). Ils sont abondants dans le lagon de Nouvelle-Calédonie comme dans la plupart des milieux côtiers où ils ont été recherchés.

La première information essentielle à acquérir est d'établir le pouvoir d'adsorption des PET pour les métaux dissous présents en milieu lagonaire. Après cette adsorption, trois voies de transfert sont à envisager. Les PET, en agrégeant les petites particules, peuvent atteindre la taille critique suffisante pour sédimenter. Ils représenteraient alors une voie nouvelle de détoxification de la colonne d'eau et, par là même, de contamination des sédiments. Les PET peuvent également être consommés selon leur taille par les différents organismes des réseaux trophiques planctoniques et constituer ainsi une nouvelle voie de transfert des contaminants dans les réseaux trophiques. Enfin ils peuvent interagir avec le bactérioplancton dans la colonne d'eau dont l'activité va tendre à les dégrader, ce qui diminue d'autant le transfert potentiel par les 2 autres voies. Cette vitesse de dégradation risque toutefois d'être affectée par la nature des composés adsorbés par ces particules. Il est donc indispensable de mieux connaître le rôle des PET dans les processus de transformation de la matière organique et inorganique dissoute vers la phase particulaire dans le contexte des contaminations métalliques risquant de s'accentuer dans les années qui viennent. Cette thématique est actuellement en cours de développement au centre IRD de Nouméa dans le cadre du programme National ECCO (Mari et al. 2003).

Conclusion et perspectives

Les réseaux trophiques planctoniques interagissent ainsi largement avec la dynamique des 3 principaux types d'apports humains à ces milieux. Les interactions entre plancton et contaminants et plancton et particules constituent des voies de recherche prometteuses et d'ores et déjà initiées à l'IRD Nouméa.

Mais il existe des perspectives à plus long terme qu'il conviendra d'aborder. Dans les milieux côtiers peu profonds du Pacifique, la pénétration lumineuse est importante hors des zones fortement altérées. Ce sont donc des milieux où l'impact des rayonnements ultraviolets (UV) est probablement important. Ces UV sont connus pour affecter directement les activités du phytoplancton et du bactérioplancton. Ils vont donc directement interagir avec les flux de carbone mais aussi avec le transfert des contaminants. Les différentes espèces planctoniques ne présentant pas les mêmes sensibilités aux UV il est vraisemblable qu'ils vont également structurer ces peuplements avec, là encore, des conséquences sur ces flux de carbone et de contaminants. Enfin les UV agissent sur la

dégradabilité de la matière organique ce qui influencera aussi le fonctionnement des communautés planctoniques.

Un autre type de perspective n'est pas spécifique à ces milieux côtiers du Pacifique, il tient au rôle des virus. Depuis quelques années on sait que les virus sont extrêmement abondants dans les milieux aquatiques, en moyenne 10 fois plus que les bactéries (Weinbauer 2004). Ils présentent un rôle trophique potentiellement important en dissipant une partie du carbone accumulé sous forme de bactéries et de phytoplancton. On soupçonne également qu'ils présentent un rôle très structurant sur la composition des communautés bactériennes et probablement phytoplanctoniques en raison de la forte spécificité entre virus et hôte. Là encore leur intervention va conditionner le fonctionnement des communautés planctoniques.

La pertinence d'étudier les processus planctoniques dans ces milieux côtiers insulaires pour lesquels l'attention est souvent portée sur les communautés macroscopiques n'est plus à démontrer. Ils constituent un domaine de recherche fascinant et très actif qui présente un intérêt à la fois fondamental et appliqué à la gestion des milieux. Leur fonctionnement peut représenter un cas d'école pour de nombreux aspects et permet ainsi de susciter l'intérêt de la communauté nationale et internationale.

Les travaux présentés ici ont été réalisés avec le support financier du Programme National sur les Récifs Coralliens (PNRCO) et du Programme Général de Recherche sur la Nacre (PGRN) aux Tuamotu, du Ministère de l'Environnement et du Ministère de la Recherche en Polynésie Française à Tahiti, de l'Ambassade de France à Suva (Fidji), et enfin du Ministère de l'Outre-Mer, du Programme National sur l'Environnement Côtier (PNEC), du Programme National D'Ecotoxicologie (PNETOX), du Programme National Ecotoxicologie et Dynamique des contaminants (ECCO) et du Programme ZoNéCo en Nouvelle-Calédonie.

Références bibliographiques

Breau L. (2003). Etude de la bioaccumulation des métaux dans quelques espèces marines tropicales : recherche de bioindicateurs de contamination et application à la surveillance de l'environnement côtier dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie. Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle, 282 pp.

Dufour P., Andréfouët S., Charpy L., Garcia N. (2001). Atoll morphometry controls lagoon nutrient regime. Limnology and Oceanography, 46: 456-461

Dufour P., Berland B. (1999). Nutrient control of phytoplanktonic biomass in atoll lagoons and Pacific ocean waters: Studies with factorial enrichment bioassays. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 234: 147-166

Hédouin L., Métian M., Cotret O., Teyssié JL., Paganelli J., Fowler SW., Fichez R., Warnau M. (2003). Biokinetics of heavy metals in tropical Organisms from the lagoon of New Caledonia: seawater, food and sediment exposures. ASE-SETAC Conference "Solutions to Pollution", Christchurch, Nouvelle-Zélande

Mari X., Rochelle-Newall E., Torréton JP., Weinbauer M., Migon C., Joux F. (2003). Rôle des particules exopolymériques transparentes dans le transfert des contaminants métalliques vers la phase particulaire : Conséquences pour le fonctionnement de la chaîne trophique, et pour la répartition des éléments traces dans l'océan. Programme National / ACI – FNS : « ECCO » Ecosphère Continentale : Processus et Modélisation. 22 pp.

Niven SEH, Kepkay PE, Bugden JBC (1997). The role of TEP in ^{234}Th scavenging during a coastal diatom bloom. Radioprotection-Colloques, 32: 213-218

Rochelle-Newall E., Pringault O., Mari X., Moreton B., Torréton JP., Blanchot., Warnau M. (2003). Influence des métaux sur la structure et le fonctionnement du phytoplancton dans le lagon sud ouest de Nouvelle Calédonie. Réponse à l'APR PNETOX 21pp.

Torréton JP., Pagès J., Harris P., Talbot V., Pourlier S., Fichez R. (1997). Eutrophisation en milieu lagonaire. Compte-rendu de subvention CORDET no 94 T 09. 70 pp.

Torréton JP., Pringault O., Jacquet S., Chifflet S., Moreton B., Panché JY., Rodier M., Gérard P., Blanchot J. (2004) Rapport des missions Bula 3 (mars 2002) et Bula 4 (août 2003). dans le lagon de Suva (Fidji). 40 pp.

Torréton JP., Talbot V., Garcia N. (2000). Nutrient stimulation of bacterioplankton growth in Tuamotu atoll lagoons. Aquatic Microbial Ecology, 21: 125-137

Torréton JP., Van Den Broeck N., Moutin T., Raimbault P., Delesalle B., Ferrier-Pagès C., Blanchot J., Faure V., Jacquet S. (in prep). Ammonium and phosphorous uptakes by bacterioplankton and phytoplankton in New Caledonian lagoon waters of contrasted trophic status.

Weinbauer MG. (2004). Ecology of prokaryotic viruses. FEMS Microbiol Rev. 28(2): 127-181

Les faunes de profondeurs de l'Indo-Pacifique : richesse spécifique et vulnérabilité des faunes des monts sous-marins.

Bertrand RICHER DE FORGES et Céline CHAUVIN
IRD, BP A5, 98848, Nouméa cedex, Nouvelle-Calédonie, richer@noumea.ird.nc

Introduction

Au cours des 25 dernières années, des campagnes océanographiques françaises ont exploré les faunes de profondeurs de l'Indo-Pacifique tropical. La grande richesse spécifique observée a été décrite grâce à la collaboration d'un réseau international de taxonomistes d'environ 200 chercheurs appartenant à 24 pays. Les connaissances zoologiques et biogéographiques sur ces régions ont été totalement renouvelées par la description de milliers d'espèces.

Parmi les écosystèmes découverts certains font l'objet d'un programme particulier au sein de l'UMR « Systématique, adaptation, évolution » : les monts sous-marins et les substrats organiques.

Situation géographique des monts sous-marins (2 cartes):

La Nouvelle-Calédonie est située sur la ride de Norfolk qui se prolonge vers le sud jusqu'à l'île nord de la Nouvelle-Zélande. Dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie, on observe sur cette ride de Norfolk un archipel de monts sous-marins qui culminent entre 250 et 700 m de profondeur. Découverts en 1985, ces monts ont fait l'objet d'un inventaire zoologique et d'études halieutiques portant sur certaines espèces de poissons. Certains de ces monts ont été baptisés en fonction de leurs peuplements dominants, monts Eponges, Stylaster...Bien que les distances entres ces monts soient petites, quelques dizaines de km seulement, ont y observe des faunes particulières avec un fort taux d'endémisme (Richer de Forges, 1998 ; 2001).

Les connaissances zoologiques apportées par les campagnes MUSORSTOM :

Plus de 80 campagnes océanographiques consacrées à la faune de profondeur ont eu lieu en Nouvelle-Calédonie, en Polynésie française (Marquises, Australes) et dans les archipels environnants : Vanuatu, Wallis et Futuna, Fidji, Tonga, Salomon. Ces campagnes, menées conjointement par l'IRD et le MNHN ont permis la constitution d'une vaste collection d'organismes marins. Ces collections, conservées et enregistrées au MNHN, à la zoothèque, font l'objet de nombreuses études taxonomiques. 23 volumes de plus de 500 pages ont déjà été consacrés à cette faune (Marshall *et al.*, 2004). Les articles scientifiques sont le plus souvent des révisions mondiales de genres ou de familles. Dans ce secteur d'étude des faunes de profondeur, perpétuant la tradition, c'est la France qui est leader mondial (série Tropical Deep Sea Benthos ; site internet : www.tropicaldeepseabenthos.org).

Aperçu sur les engins de prélèvements et le tri des collections :

La gamme de profondeur explorée couramment par des engins traînants, dragues ou chaluts, se situe de 100 à 1500 m. Chaque prélèvement est tamisé dans l'eau et trié à bord du bateau pour toute la macrofaune de plus de 3 mm ; la petite macrofaune étant trié en laboratoire.

L'utilisation du N.O. « *Alis* », navire de l'IRD, limite le nombre des participants à 6, mais permet toutefois d'embarquer des spécialistes de plusieurs groupes zoologiques et parfois des généticiens.

Résultats des études zoologiques :

Le contenu des très nombreux articles de taxonomie étudiant la faune de profondeur de Nouvelle-Calédonie est intégré dans une base de données. En 2004, cette base contient 2518 espèces de profondeurs supérieures à 100 m, dont 1242, soit environ 50 %, ont du être décrites comme nouvelles pour la science (Tab. 1). Les données concernant les monts sous-marins de Nouvelle-Calédonie sont également accessibles sur le réseau international SeamountOnline (http://www.seamounts.sdsc.edu) qui est rattaché au Census of Marine Life (www.iobis.org).

Tableau 1. - Analyse de la diversité spécifique par groupe zoologique d'après la macrofaune décrite de la zone bathyale de Nouvelle-Calédonie (mise à jour de février 2004).

GROUPES	FAMILLES	GENRES	ESPECES	ESPECES NOUVELLES	%
PORIFERA	61	135	215	141	65.6
CNIDARIA	9	19	73	56	76.7
BRACHIOPODA	14	20	26	5	19.2
VERS (ANNELIDA & SIPUNCULA	6	11	17	7	41.1
BRYOZOA	57	122	206	115	55.8
MOLLUSCA	80	244	742	410	55.2
PYCNOGONIDA	8	23	60	37	61.7
CRUSTACEA	96	298	673	344	51.1
ECHINODERMATA	15	30	36	16	44.4
TUNICATA	12	36	60	42	70.0
VERTEBRATA	109	242	410	69	16.8
TOTAL	467	1180	2518	1242	49.32

L'endémisme des monts sous-marins :

L'existence de cette base de données a permis d'effectuer des comparaisons de faunes d'un mont à l'autre et de calculer des indices de similarité. Les résultats sont surprenants car, dans un milieu océanique continu et « dispersif », on se retrouve dans la même situation que dans un archipel d'îles. Chaque mont sous-marin est isolé et présente un cortège d'espèces différent de plus de moitié de ses voisins. Pour la première fois, on observe en milieu marin, le phénomène de spéciation si bien illustré par les pinsons de Darwin aux îles Galapagos (Richer de Forges *et al.*, 2000 ; Schlacher-Hoenlinger *et al.*, 2002).

Il reste maintenant à confirmer ces observations et à quantifier les flux géniques entres les monts. Ce travail est en cours, au MNHN à Paris, sur les crustacés galathéides et quelques familles de mollusques (Bottan *et al.*, 2004).

La Ride de Norfolk présente une « faune relique » :

Parmi les centaines d'espèces décrites des monts sous-marins de la Ride de Norfolk, on est frappé par le nombre d'organismes archaïques dans la plupart des groupes zoologiques. Les éponges lithistides sont très proches de celles du crétacé (environ 100 millions d'années) ; sur les 14 genres de crinoïdes pédonculés récoltés en Nouvelle-Calédonie, 8 sont de véritables « fossiles vivants » dont les espèces étaient supposées éteintes au jurassique (140 millions d'années)...

Des études de phylogénie utilisant la biologie moléculaires sont en cours sur les crinoïdes, les brachiopodes et les mollusques (Cohen *et al.*, 1998 ; 2004).

La longévité des organismes de profondeur :

On sait que la vitesse de croissance des organismes est étroitement liée aux conditions environnementales. Dans l'océan profond, la température est basse, la lumière progressivement éliminée et les substances nutritives plus réduites. Les organismes y ont donc un métabolisme très lent. L'étude de la croissance squelettique des organismes de profondeur apporte de nouvelles données sur leur âge. Ainsi, les éponges calcaires du groupe des sphinctozoaires grandissent de 11 mm/siècle (Vacelet *et al.*, 1992); le petit crinoïde *Gymnocrinus richeri*, daté au ^{14}C, aurait 340 ans environ ; les stries de croissance lues sur les grands spicules d'éponges siliceuses leur attribuent environ 440 ans. Ces organismes benthiques, de relativement petites tailles ont donc des âges comparables à ceux des grands arbres de nos forêts. Le passage d'un chalut sur ces fonds détruira durablement la faune (Richer de Forges et Corrège, 2004 ; Tracey *et al.*, 2004).

Par ailleurs, les squelettes de ces organismes de profondeur à grande longévité pourrait être utilisés pour reconstituer les paléoenvironnements (Kelly, 2003 ; Elwood & Kelly, 2004)

Réseaux trophiques en zone bathyale:

Un programme d'étude des réseaux trophiques sur les monts sous-marins a été réalisé depuis 2001. La méthode employée utilise les isotopes stables du carbone et de l'azote pour suivre l'origine des nutriments et situer les organismes — dont la biologie est inconnue — dans le réseau alimentaire, composé en profondeur de détritivores, suspensivores et prédateurs (Schlacher *et al.*, 2003).

Les premiers résultats démontrent que le carbone présent dans les organismes de profondeur provient de la surface. Ces organismes dépendent donc de la production primaire et de la sédimentation des particules (deep sea snow).

La vulnérabilité des faunes benthiques des monts sous-marins:

Les monts sous-marins, par nature de petites dimensions, constituent des oasis de faunes bathyales riches séparés par des zones plus profondes pauvres. Parmi la faune, concentrée sur les sommets, certaines espèces de poissons sont des cibles commerciales, qualifiés de "ressources". Toute utilisation de techniques de pêche avec des engins trainants destructeurs doit être totalement prohibée car elle détruirait, de façon durable, les espèces benthiques rares et à croissance très lente.

Les ressources en molécules actives des faunes profondes:

Les biochimistes ont mis en évidence dans les organismes marins de profondeur de nombreuses molécules actives. Les groupes les plus prometteurs sont les spongiaires, les ascidies et les échinodermes. Ainsi, dans le crinoïde *Gymnocrinus*, une nouvelle famille de pigments, les gymnochromes, ont été décrits. Il s'avère que ces pigments présentent une forte activité contre les virus du groupe HIV, et en particulier celui de la dengue (Pietra, 2002 ; Laille *et al.*, 1999).

Vers la création d'une réserve de faune de profondeur en Nouvelle-Calédonie:

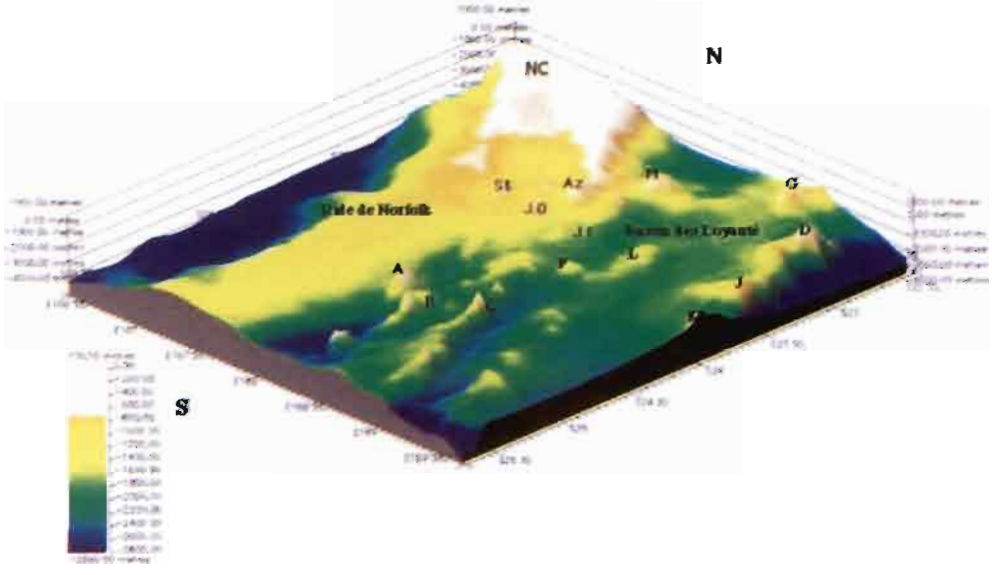
L'Australie, très concernée par les problèmes d'environnement, a fait adopter en 1998 une loi créant une réserve de monts sous-marins au sud de la Tasmanie, dans un secteur où la pêche à l'Orange roughy menacait de destruction la faune benthique des monts sous-marins (www.environment.gov.au). Dans cette zone protégée, il est interdit de pêcher sur le fond au-dessus des monts sous-marins, mais la pêche pélagique demeure autorisée.

La zone sud de la Nouvelle-Calédonie, comprenant les reliefs sous-marins de la Ride de Norfolk et de son archipel de monts sous-marins, s'avère être exceptionnellement riche. Il conviendrait d'en faire un laboratoire naturel pour étudier les processus évolutifs. La création d'un périmètre protégé, englobant les 7 principaux monts sous-marins a été demandée aux autorités administratives du Territoire de Nouvelle-Calédonie. Encore faudrait-il que cette demande aboutisse rapidement, avant que les ressources biologiques ne soient pillées et que ces fragiles écosystèmes ne soient détruits par les dragages. Le Territoire de Nouvelle-Calédonie manque de réglementation sur la pêche hauturière et devrait prendre des mesures conservatoires pour protéger son patrimoine biologique.

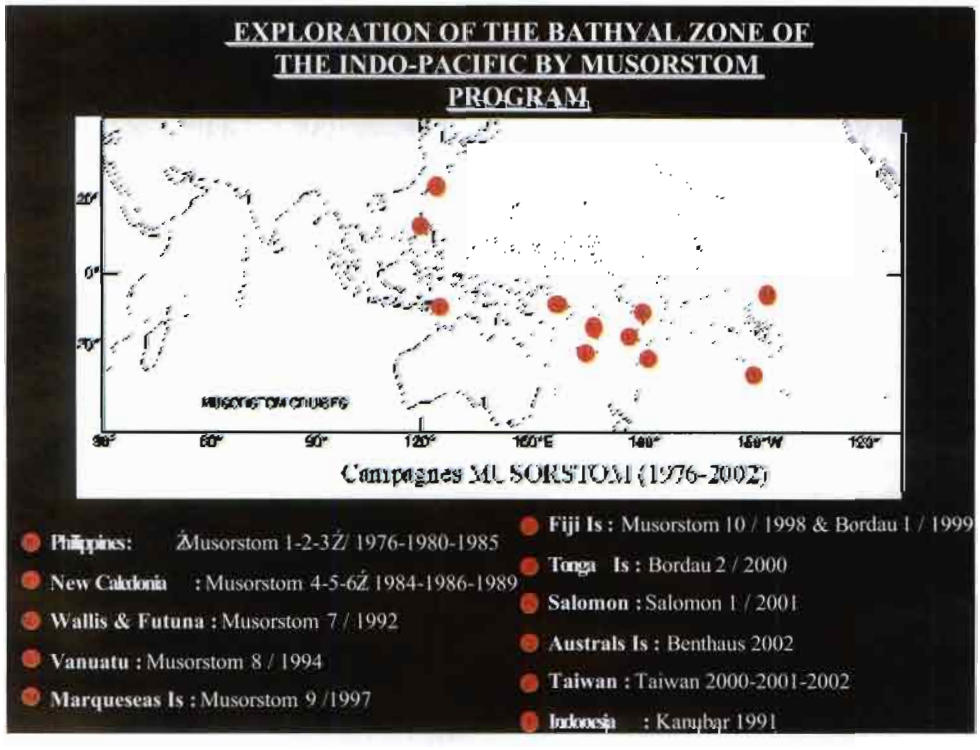
Recommandations

- Protéger la zone sensible des monts sous-marins et en faire un atelier international d'étude de l'évolution.

- Poursuivre l'exploration des archipels de l'arc mélanésien pour décrire les faunes et reconstituer leur évolution (Vanuatu, Salomon, PNG).
- Améliorer le réseau de relations internationales en mettant en commun les bases de données avec : Australie, New Zealand, Singapour, Taïwan, U.S.A.
- Favoriser les programmes de recherches transversaux : longévité des organismes de profondeurs (biologie-géologie) ; molécules actives et chimiotaxonomie (biologie-pharmacologie)...
- Transformer la base de données sur les faunes de profondeur du Pacifique en S.I.G.
- Former et recruter des taxonomistes pour maintenir la capacité d'identifier les espèces dans les grands groupes zoologiques, poissons, mollusques, crustacés, échinodermes, polychètes.
- Persuader l'Europe de s'intéresser au Pacifique et de financer des projets scientifiques.



Carte 1



Carte 2

Références bibliographiques

Bottan L., Samadi S., Boisselier M-C., (2004). Spéciation et monts sous-marins de la ride de Norfolk (Nouvelle-Calédonie). Assises de la Recherche française dans le pacifique, 23-27 août 2004, Nouméa (poster).

Cohen, B. L, Gawthrop, A. B, Cavalier-Smith, T, (1998). Molecular phylogeny of brachiopods and phoronids based on nuclear-encoded small subunit ribosomal RNA gene sequences. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B. 353: 2039-2061.

Cohen, B. L., Ameziane, N., Eleaume, M., Richer De Forges, B., (2004). Crinoid phylogeny : a preliminary analysis (Echinodermata : crinoidea). *Marine Biology*, 144 : 605-617.

Elwood, M., Kelly, M., (2004). Sponge "tree rings": new indicators of ocean variability ? *NIWA* 11 (2) : 1-4.

Grandperrin, R., Richer De Forges, B. & Auzende, J.-M., (1997). *Ressources marines de Nouvelle-Calédonie/Marine resources of New Caledonia*. Programme ZoNéCo. Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; 90 p.

Kelly, M., (2003). Revision of the sponge genus *Pleroma* Sollas (« Lithistida » : Megamorina : Pleromidae) from New zealand and New Caledonia, and description of a new species. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 37(1) : 113-127.

Laille M., Gerald F., Debitus C., (1999). *In vitro* antiviral activity on dengue virus of marine natural products. *Cell. Mol. Life Sci.*, 54, 167-170.

Marshall, B. A. et Richer De Forges (eds), B., (2004). Tropical Deep Sea Benthos. Volume 23. In : *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, vol. 191 ; 640 p.

Pietra, G, (2002). Chimiodiversity.

Richer De Forges, B., Koslow, T. et Poore, G., (2000). Diversity and endemism of the benthic seamount macrofauna in the Southwest Pacific. Nature. 405 : 944-947.

Richer De Forges, B., (1997). La diversité du benthos marin de Nouvelle-Calédonie : de l'espèce à la notion de patrimoine. *Thèse de Doctorat du Muséum national d'Histoire naturelle soutenue à Paris le 30 mars 1998* ; 326 p.

Richer De Forges, B., (2001). La zone bathyale du Pacifique sud-ouest : diversité et endémisme. *Mémoire d'Habilitation à Diriger les Recherches*, soutenue à Paris 6 le 17 Janvier 2001 ; 80 p.

Richer De Forges, B., Correge, T., (2004). Estimation de la longévité chez les organismes de profondeur. Assises de la Recherche française dans le Pacifique, 23-27 août 2004, Nouméa (poster).

Schlacher, T. A., Schlacher-Hoenlinger, M. A., Richer De Forges, B., Hooper, J. N. A., (2003). Elements of richness and endemism in sponge assemblages on seamounts. *10th Deep-Sea Biology Symposium, Coos Bay, Oregon, August 25-29, 2003*. (Abstr.).

Schlacher-Hoenlinger, M. A., Schlacher, T. A., Richer De Forges, B., Hooper, J. N. A., (2002). Biodiversity of deep sea sponge communities on seamounts: 'spot endemism' and rarity as prevalent components of spatial heterogeneity. Sponges Congress.

Tracey, D., Neil, H., Gordon, D., O'shea, S., (2004). Chronicles of the deep: ageing deep-sea corals in New Zealand waters. *NIWA* 11 (2) : 1-5.

Vacelet, J., Cuif, J. P., Gautret, P., Massot, M., Richer De Forges, B. & Zibrowius, H., (1992). Un spongiaire Sphinctozoaire colonial apparenté aux constructeurs de récifs triasiques survivant dans le bathyal de Nouvelle-Calédonie. *C. R. hebd. Acad. Sci. Paris*, 314 (3) : 379-385.

Biodiversité marine : des inventaires à la conservation des espaces naturels

Philippe BOUCHET
Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France, pbouchet@mnhn.fr

Répartition spatiale de la biodiversité marine dans le Pacifique.

A partir d'exemples pris dans le groupe des mollusques, l'hypothèse de l'existence d'un gradient de répartition d'ouest en est de la richesse spécifique est validée. Des ateliers d'estimation de cette biodiversité ont eu lieu en Nouvelle-Calédonie (Touho, Koumac, Lifou), dans l'archipel des Australes (Rapa) et aux îles Philippines (Panglao). Le niveau de richesse spécifique obtenu améliore considérablement les connaissances sur le groupe des mollusques (2700 espèces par sites en Nouvelle-Calédonie, soit plus que dans toute la Méditerranée !).

La région Indo-Pacifique : « trop d'espèces » ?

• Les biologistes et les écologistes sont submergés par le foisonnement d'espèces qu'ils veulent étudier, mettre en valeur et protéger.
• Le « handicap » taxonomique : les taxons les plus diversifiés (mollusques, crustacés, polychètes) sont «soigneusement» évités car trop difficiles / trop longs à échantillonner, à trier et à identifier.

Comment choisir ce que l'on veut conserver ?

Dans l'idéal, les sites choisis pour la conservation devraient répondre à des critères tels que :
• être suffisamment étendus pour permettre le maintien de populations reproductrices viables.
• minimiser les frontières avec les zones soumises à d'autres formes d'utilisation (le dilemme *SLOSS* – Single Large or Several Small).
•être *représentatifs* de la diversité biologique à l'échelle écorégionale / biogéographique.

Un état de l'art très empirique
• Espèces « charismatiques »
• Zones d'importance écotouristique ou récréative
• Points chauds *(hotspots)* de la biodiversité

Les poissons, les coraux, les phanérogames sont les groupes les plus fréquemment employés pour évaluer la richesse des faunes et flores marines en général.
On *suppose* que les résultats fondés sur de tels groupes « indicateurs » valent pour toute la biodiversité marine, mais cette supposition n'est jamais testée.

Une conclusion embarrassante :

Même avec 30.000 hectares, un site ne peut pas être considéré comme *représentatif* de la biodiversité marine d'une écorégion.

L'approche « inventaire » apporte des résultats différents de l'approche « groupes indicateurs ».
Elle rend mieux compte de propriétés fondamentales des écosystèmes tropicaux complexes.

Les récifs coralliens: l'enjeu français dans le Pacifique Sud

Bernard SALVAT
École Pratique des Hautes Études, UMR CNRS-EPHE 8046 « récifs coralliens »
Université de Perpignan, France et CRIOBE-EPHE de Moorea, Polynésie française, bsalvat@univ-perp.fr

Plusieurs titres étaient possibles pour traiter de l'intérêt et de l'avenir des récifs coralliens au cours de ces Assises de la recherche : "les récifs coralliens dans le Pacifique sud", "l'enjeu des récifs coralliens dans le Pacifique sud" ou encore "les récifs coralliens : l'enjeu français dans le Pacifique sud". C'est cette dernière formulation qui a été choisie. Elle se veut plus ailette e que naturaliste dans un contexte régional relativement homogène au plan de l'environnement naturel mais fragmenté et diversifié au plan politique et à celui du développement économique.

Ces assises de la recherche dans le Pacifique sud sont l'occasion, non seulement de faire le bilan des actions en cours et des éventuelles coopérations avec les pays de la zone, mais surtout de proposer aux autorités politique des programmes de recherches à réaliser au cours de la prochaine décennie. La lecture des actes des précédentes assises ou colloques nous renseigne sur les espérances des chercheurs très souvent liées aux préoccupations du moment et tenant compte des avancées technologiques récentes et des besoins économiques.

Il en fut ainsi du colloque national de 1982 (Chevènement, ministre de la recherche et de la technologie) précédé par des colloques régionaux, du colloque Pacifique sud tenu à Papeete en 1987 (Flosse, secrétaire d'état chargé du Pacifique sud et Valade, ministre de la recherche et de l'enseignement supérieur), du colloque de 1988 sur la recherche en Polynésie française (Leontief - Drollet, et Curien), ou encore du colloque "Quelle recherche en environnement dans le Pacifique sud" de 1995, avant les dernières rencontres auxquelles il nous fut donné de participer en 2002 sur le thème "La recherche outre-mer et l'espace européen" à Paris (Schwartzenberg, ministre de la recherche et Paul, secrétaire d'état à l'outre- mer). De tels colloques ou assises sont donc des occasions à saisir pour que les organismes et les chercheurs fassent état de leurs projets. On ne doit pas regretter que peu de propositions soient finalement retenues et financées car l'imagination des chercheurs est sans limites au regard des possibilités des décideurs. Mais, quant à la forme, on peut toutefois regretter qu'après cette prestation à l'intention des politiques, le retour ne soit pas assuré par ceux-ci, lors d'une conférence de presse par exemple, expliquant les choix des projets retenus. Si la continuité politique est assurée entre les assises et les décisions prises, cela nous semblerait être le témoignage d'une courtoise considération du politique envers les chercheurs et d'un retour démocratique démontrant par là même que les assises reposaient sur une volonté politique de choix pour l'avenir.

Mon propos n'est pas de proposer des programmes de recherches mais de plaider pour un écosystème original du Pacifique sud qui imprègne les cultures océaniennes et qui conditionne l'économie et l'avenir des populations. Le milieu corallien avec ses récifs et ses lagons, avec ses ressources, est l'élément naturel le plus caractéristique des pays océaniens à l'échelle planétaire. Partant du principe que jamais l'espèce humaine ne s'affranchira des réalités géographiques et environnementales pour son développement et son bien être, il nous semble important d'attirer l'attention des politiques sur ce milieu, sur son intérêt passé et présent et sur les recommandations qui peuvent être faites en vue de sa préservation durable. L'économie pas plus que la politique ne peut-être absente du débat, surtout si l'on considère l'avenir non pas des prochaines années mais des prochaines

décennies dans un monde en changement.

Un milieu naturel original et en bonne santé

Dans le Pacifique sud, plus d'un millier d'îles sans compter les îlots, se répartissent en 22 pays ou territoires (tableau 1, figure 1). Ensemble terrestre d'un peu plu d' mi-million de kilomètres carrés pour une immensité océanique s'étendant sur 100' de longitude. Si l'on excepte la Papouasie Nouvelle-Guinée qui fait office de mini continent, les terres émergées ne totalisent que 100.000 km2. Si l'on excepte Fiji, Nouvelle-Calédonie, Solomon et Vanuatu, les 17 états ou territoires restant n'affichent une superficie terrestre que d'un peu plus de 10.000 km^2.

La surface des récifs coralliens, 65.860 km2 au total, est d'autant plus importante pour un pays que celui-ci présente une surface émergée réduite. L'importance relative des récifs coralliens est proportionnelle à la petitesse des pays. Il est clair que cet aspect environnemental naturel retentit et conditionne la vie économique des populations. Les grands pays auront une activité agricole non négligeable alors que les plus petits s'appuieront essentiellement sur les ressources côtières. Les mangroves ne sont développées que dans la partie occidentale du Pacifique sud (Papouasie Nouvelle-Guinée, Solomon et Nouvelle- Calédonie). Elles atteignent leur limite de répartition naturelle aux Fiji et aux Samoa et elles ne doivent leur présence plus à l'ouest qu'à des introductions où elles ne constituent pas à proprement parler des mangroves.

Les formations coralliennes d'Océanie présentent une extrême diversité géomorphologique allant des îles hautes volcaniques aux atolls avec récifs frangeants, récifs barrières, doubles barrières, récifs tabliers, atolls ouverts ou fermés, atolls soulevés, atolls comblés, etc. La richesse en terme de diversité taxonomique dans l'écosystème corallien est décroissante à partir du sud est asiatique jusqu'à l'île de Pâques. Si les récifs du secteur Indonésie – Philippines comptent pour les coraux scléractiniaires 16 familles, 82 genres et 581 espèces, la Polynésie française ne compte plus que 170 espèces appartenant à 30 genres. Tous les groupes animaux et végétaux des récifs coralliens se distribuent dans le Pacifique sud de la même manière selon ce gradient décroissant de diversité spécifique. Cela ne signifie nullement que les écosystèmes coralliens du Pacifique central et oriental sont moins productifs : ils sont aussi florissants et productifs que leurs congénères de l'ouest mais avec une moindre diversité. En revanche les récifs coralliens d'Océanie sont les mieux "conservés" du monde; ils sont dans la catégorie des récifs à "faibles risques" face aux actions anthropiques, comparativement à ceux du sud est asiatique qui sont tous dans le rouge. Les conditions océaniques avec l'éloignement des masses continentales et la plus faible pression démographique expliquent cette situation pour le meilleur profit des populations océaniennes riveraines.

Une pléiade de pays

Les 22 pays totalisent une peu moins de 3,5 millions d'habitants dont 0,5 pour la seule Papouasie Nouvelle-Guinée (tableau 2). Les Fiji sont les plus habités (0,8), suivis des Solomon (0,5) alors que Tokelau ne compte que 1510 habitants et Pitcairn une cinquantaine. Les taux de croissance des populations sont très variables, ainsi que l'espérance de vie. Il en est de même du produit national brut par habitant; la Polynésie française, la Nouvelle-Calédonie et Guam affichant des PNB très nettement supérieurs à ceux des autres états, ce qui mène à une classification des pays comme indiqué dans le tableau 2.

La caractéristique essentielle des populations océaniennes réside dans leur culture très orientée vers la mer. La symbiose des habitants avec les ressources locales, et particulièrement celles des récifs coralliens, imprègne+ les sociétés, leurs coutumes et leurs traditions. Bien que tous ces pays, à l'exception des Tonga, aient été colonisés au cours des deux derniers siècles, les traditions sont encore très vivaces en particulier dans les îles reculées où les communautés villageoises vivent encore selon des traditions qui n'ont rien à voir avec les réglementations et les juridictions occidentales importées par la colonisation. Mais il est évident que, développement aidant, les usages ancestraux qui liaient l'espèce humaine à son environnement et à ses ressources (souvent avec des méthodes préservant la ~ durabilité de fonctionnement des écosystèmes et la pérennité des ressources) sont battues en brèche par le développement et l'appel du marché.

Les leçons de l'histoire : le pillage des ressources

Avant de consacrer notre propos aux ressources des récifs coralliens, il est bon de rappeler que des ressources ont été surexploitées jusqu'à épuisement. Qu'il s'agisse des ressources minières comme les phosphates de certains atolls soulevés, épuisés au cours des périodes coloniale britannique, australienne, américaine, néo-zélandaise ou française. Qu'il s'agisse de ressources vivantes hauturières comme les baleines à bosse et les cachalots, éliminés du Pacifique sud au XIX siècle après leur élimination totale de l'Atlantique nord au XVIII~.Mais certaines ressources des récifs coralliens intéressant l'économie occidentale ou asiatique furent elles aussi surexploitées et pillées.

La nacre, mollusque bivalve naturellement très abondant aux Cook et dans les Tuamotu est un bon exemple de ce pillage qui débuta dès le début du XIX siècle. Des bateaux quittant Sydney faisaient le plein de ces coquillages à nacre dans le Pacifique central avant de relâcher à Valparaiso puis de débarquer leur cargaison de milliers de tonnes dans les ports français et italiens pour la confection de boutons et la marqueterie. On estime que plus de 100.000 tonnes de ce mollusque ont été prélevées dans les lagons d'atolls et, déjà, des rapports mentionnaient en 1863 l'épuisement des stocks et la nécessité de protection...il y a 150 ans !

Le troca, autre mollusque gastropode à nacre, commença à être exploité dans l'ouest Pacifique au début du XIX siècle. La collecte et l'exportation de cette ressource a dû être / réglementée, en raison d'une exploitation inconsidérée, notamment en Nouvelle-Calédonie. Si la production actuelle pour l'ensemble du Pacifique se maintien autour de 2.000 tonnes, c'est sans doute un tonnage équivalant à celui de la nacre qui au total aura été exporté vers l'occident.

Les deux ressources sus mentionnées ne sont plus actuellement des ressources importantes d'exportation avec l'avènement des plastiques dans les années 60. D'autres ressources ont été l'objet de récoltes et d'un commerce au mépris de la nécessaire sauvegarde des stocks pour l'avenir, comme le trépang pour le marché asiatique.

Toutefois des ressources récifales sont restées à l'abri de la surexploitation et du commerce de marché. Les poissons récifaux sont de ceux-là pour de multiples raisons interdisant leur commercialisation à grande échelle (peuplements multi spécifiques, ciguatera, techniques de pêches inadaptées pour l'industrie, conservation par le froid nécessaire...)

Les ressources actuelles et futures

Le terme de ressource demande à être précisé, mais nous l'entendons au sens le plus large: les éléments de richesse d'un pays. S'agissant de ressources naturelles : ensemble de potentialités qu'offre le milieu physique et biologique. Nous n'insisterons pas sur l'importance culturelle, patrimoniale et alimentaire des ressources biologiques pour les populations océaniennes que nous avons précédemment évoquées et qui entrent dans le cadre d'une économie de subsistance, de troc ou de commerce local. Les ressources liées aux récifs coralliens intéressant l'économie des pays insulaires des îles du Pacifique sud sont très peu nombreuses.

Pour les produits à l'exportation, il ne peut s'agir que de productions originales à l'échelle planétaire compte tenu de l'isolement océanique et des coûts de transport : tel est le cas de la perliculture qui se développe dans plusieurs archipels océaniens et qui, à titre d'exemple, représente en valeur 90Zo des exportations en Polynésie française (près de 11 tonnes de perles noires exportées en 1999 pour 163 millions d'euros).

Le récif corallien avec sa luxuriance de vie et de diversité, associé aux plages de sable blanc sous un soleil tropical, est devenu emblématique du développement touristique depuis les années 60 avec l'arrivée des avions gros-porteurs. Une des ressources économiques de ces pays océaniens tient au tourisme qui se développe progressivement mais qui ne draine au total que moins d'un million de touristes ce qui représente moins de 0.5 % du nombre de touristes dans le monde. Cette industrie, la première du monde dont on estime le doublement dans les dix prochaines années, repose sur un milieu naturel de qualité encore relativement bien préservé dans les pays océaniens. C'est une ressource potentielle qu'offre le milieu physique et biologique pour reprendre notre définition du début. On voit très bien le profit que peuvent tirer de cette ressource préservée, les économies des pays insulaires du Pacifique sud. Mais la concurrence dans la ceinture intertropicale est forte et le développement du tourisme dans chaque entité reposera, entre autres, sur des activités originales différenciant les destinations, qu'il s'agisse d'écotourisme, de tourisme culturel, de centre de plongée spécialisé, mais

toujours sur l'impérieuse exigence d'un milieu naturel sain (Salvat et Pailhe, 2002). D'autres ressources dépendant des écosystèmes récifaux et coralliens seraient à citer, mais de moindre importance.

La notion de ressource est associée à une utilisation par l'espèce humaine qu'il s'agisse d'une ressource exploitée ou potentielle. S'agissant des ressources futures, pour les décennies à venir, il faudrait être devin pour les connaître. Qui aurait prédit, il y a 50 ans, la culture des perles noires ? Qui aurait prédit le développement du tourisme ? Qui aurait parlé des substances d'intérêt pharmacodynamique ? Qui donc peut prédire ce que seront les ressources originales des pays océaniens dans 30, 50 et 100 ans? Mais une chose est certaine, si des ressources nouvelles se font jour, elles seront inexorablement liées à l'environnement naturel.

Les dangers qui menacent les récifs

La préservation des récifs coralliens tient à deux catégories de phénomènes : les événements naturels et les activités humaines. On peut brièvement les évoquer séparément puis revenir sur leur synergie.

Au plan des phénomènes naturels, nous mentionnerons ceux qui détruisent et déstabilisent les récifs : les raz de marées et cyclones, les phénomènes de blanchissement des coraux, les explosions démographiques de prédateurs et les épidémies pour ne citer que les principales. Les premiers sont généralement associés à des phénomènes El Nino. Sur ces événements survenus au cours du siècle passé nous renvoyons à un bilan récent établi, à titre d'exemple, sur la Polynésie française (Salvat et Aubanel, 2002). Tous ces événements sont catastrophiques pour les récifs. Pour mieux saisir leur impact, il faut savoir qu'un récif en excellente santé met entre 10 et 15 ans à se reconstituer après un tel événement d'intensité majeure. Il en est ainsi d'une pente externe de récif barrière – face au large – dont la communauté corallienne a été presque complètement détruite par un cyclone. Mais il convient surtout de noter que ces événements catastrophiques existent depuis des siècles et n'ont guère empêché la prospérité de l'écosystème corallien dans le Pacifique sud. Ces événements ne seraient donc pas à craindre car ils font partie de la vie des récifs, si les prédictions des changements climatiques n'annonçaient avec une augmentation de température, une augmentation de la fréquence et de l'intensité de ces phénomènes en même temps que leur extension géographique.

Au plan des activités humaines causant des dégradations aux récifs, plusieurs sont des corollaires du développement : nécessité de matériaux (extractions coralliennes), remblais (disparition de récifs frangeants qui sont des lieux d'alevinage pour les poissons des récifs), sédimentation terrigène néfaste aux récifs (mauvaise gestion des terres dans les bassins versant pour la viabilisation de lotissements ou pour l'agriculture), pollutions par les eaux usées (zone urbanisée), gestion des pêches côtières inadéquate et exploitation inconsidérée en réponse au marché (commercialisation locale), surexploitation (problème démographique)... Toutes ces atteintes, qu'elles soient directes, détruisant irrémédiablement le récif, ou indirectes, le modifiant insidieusement en diminuant ses ressources, sont les plus pernicieuses pour l'écosystème corallien qui se trouve affaibli et en danger. Il appartient à l'espèce humaine de remédier à ces causes dégradantes.

La synergie entre les activités humaines dégradantes et les événements naturels catastrophiques est forte et peut amener une impossible récupération du récif. C'est essentiellement en raison de la persistance des pollutions dues aux activités humaines, d'une part, et de la plus grande fréquence des événements catastrophiques naturels, d'autre part, ainsi qu'à leur synergie, que l'on peut redouter une issue néfaste pour les récifs coralliens et leurs ressources.

Au-delà des considérations générales qui précèdent concernant le devenir des récifs coralliens et dont les causes s'étirent sur des décennies, il est des dangers qui ont affecté plus récemment les récifs et lagons du Pacifique sud, ou qui ne devraient pas tarder à les affecter : le développement de la perliculture et le marché des poissons vivants.

La perliculture se développe dans plusieurs états et territoires avec des conséquences sur la qualité des conditions de vie dans les lagons qui sont encore mal appréhendées. Il y a urgence à établir des réseaux de surveillance de la qualité des eaux et des peuplements lagonaires, et à maîtriser le développement de cette industrie qui ne doit pas se faire au risque d'une détérioration de l'écosystème corallien.

La collecte intensive de poissons, notamment de la famille des mérous, par des centaines de

bateaux à viviers qui prospectent de plus en plus vers le Pacifique central est préoccupante. Ces poissons vivants alimentent un marché considérable et lucratif de restaurants à Hong Kong et dans le sud est asiatique. Cette consommation de poissons vivants, choisis par les clients dans les aquariums des restaurants, représente actuellement un marché considérable. Les poissons de grande taille et de grand âge, comme les Napoléon sont es p us prises. Leurs populations sont peu à peu éliminées du sud est asiatique et cette frénésie du marché déferle sur le Pacifique occidental et central. C'est une pêche sélective qui met à mal non seulement une ressource vivrière pour les habitants des îles mais aussi un élément emblématique de la vie des récifs pour le tourisme. Depuis 1995 le marché des poissons vivants pour la restauration a dépassé le milliard de dollars. On estime qu'actuellement ce marché est de plus de 50.000 tonnes à l'échelle du sud est asiatique et de l'Indo-Pacifique, soit plus de 80 millions de poissons, pour la majorité des serranidae (mérous). Les Solomon, Fiji et Kiribati étaient déjà concernés en 2000 par ces collectes de poissons destinés à la restauration. C'est la seule exploitation à l'échelle du commerce international qui existe concernant les poissons de récifs coralliens.

L'environnement politique

Un regard sur la carte du Pacifique sud montre des guirlandes d'îles pour 22 entités politiques issues de l'histoire depuis la conquête humaine de l'espace océanien à partir du sud est asiatique sur trois millénaires, à la période coloniale puis à l'indépendance ou à l'autonomie. Mais la majorité des entités politique ont été géographiquement délimitées au cours des deux derniers siècles à la faveur des colonisations et des conflits...et sont toujours d'actualité. Le monde océanien n'a pas fait son unité alors que les problèmes d'environnement (avec sa nécessaire protection) et de ressources (avec leur indispensable exploitation durable) doivent être appréhendés régionalement. Les organisations intergouvernementales du Programme Régional Océanien de l'Environnement (PROE, Apia, Samoa occidentales) et de la Communauté du Pacifique (CPS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie) ont fort à faire pour avancer la prise en compte de leurs objectifs régionaux.

Alors que chacun disserte sur les prédictions de la diminution de la couche d'ozone, sur le réchauffement climatique, sur l'élévation du niveau des océans, ne doit-on pas se risquer à prédire une évolution politique dans la région ? L'Union Océanienne mettra peut-être moins de temps à se constituer que ne s'est réalisée l'Europe. Il est certain que le milieu physique et biologique des petits états insulaires du Pacifique sud, de même qu'origines, cultures, traditions et histoire récente des populations humaines, les rapprochent pour traiter ensemble de leurs problèmes. On peut prédire avec certitude que dans quelques décennies le monde politique océanien ne sera plus ce qu'il est actuellement. Dans le monde en mutation, dont aucun pays ne peut s'exclure, il évoluera vers un regroupement politique en une Union Océanienne.

Dans ce contexte, les pays francophones sont au départ bien armés économiquement mais leur insertion dans un ensemble majoritairement anglophone relève du défi. Dans ces changements inexorables qui s'annoncent, les pays francophones doivent aller vers les autres pour ne pas être isolés, d'une part, et pour faire en sorte que leurs identités soient sauvegardées, d'autre part.

L'enjeu français

La Nouvelle-Calédonie et la Polynésie française bénéficient au sein du Pacifique sud d'avantages conséquents par rapports aux pays insulaires voisins. Les indicateurs économiques et le niveau de vie les classent dans les pays riches (PNB par habitant supérieur à 10.000 dollars) de même que Guam et Nauru. Les infrastructures y sont importantes. Toutefois, avec Wallis et Futuna, ce sont des territoires français au milieu d'un ensemble Pacifique sud et de pays riverains dont la langue officielle est l'anglais.

La réalité du milieu naturel et de la géographie, de même que les cultures mélanésiennes et polynésiennes militent en faveur de la formation d'une Union Océanienne qui verra nécessairement le jour et qui devra préserver non seulement son milieu naturel et ses ressources mais aussi ses originalités culturelles. La gestion éclairée de l'environnement et la préservation du milieu corallien - qui est le trait d'union le plus caractéristique des populations du Pacifique sud aussi bien culturellement qu'économiquement - devra se concevoir dans un cadre institutionnellement régional.

Les deux « agences » que sont la Communauté du Pacifique et le Programme Régional Océanien de l'Environnement, de même que le Forum du Pacifique, ne sont que les prémices d'une inexorable évolution en ce sens. Il appartient aux Océaniens de définir un modèle de développement durable original qui prenne en compte l'originalité de leur civilisation et qui se démarquera de notre modèle actuel issu de la révolution industrielle du XIXème siècle.

L'indispensable association des pays anglophones et francophones dans le Pacifique sud passe par des programmes de coopération scientifique et technique qui sont souvent les premières tentatives de rapprochement. La Nouvelle-Calédonie et de Polynésie française doivent mettre à profit et valoriser les capacités et les compétences des chercheurs, ingénieurs et techniciens de leurs institutions scientifiques, universitaires et de leurs services, pour « pénétrer » les pays océaniens anglophones dont les moyens humains et financiers sont moindre. À cet égard, on doit se féliciter de l'initiative prise par l'Agence française de développement quant au lancement d'un programme de 10 millions d'euros sur 2 ans en faveur de la protection et de la gestion durable des récifs coralliens dans le Pacifique sud. Ce programme va amener les équipes françaises à travailler dans les pays anglophones à partir de janvier 2005. Il renforcera considérablement les coopérations qui existaient déjà du fait de certains programmes de l'IRD, de l'EPHE-CRIOBE de Moorea, d'échanges universitaires et même de programmes financés par la société civile (Programme Biodiversité des récifs coralliens de la Fondation d'entreprise Total). Ces programmes de recherche-développement s'attacheront également à développer les échanges de personnes et à organiser des stages de formation. Il convient par ailleurs de souligner que ce projet est réalisé avec la participation d'organisations internationales comme Conservation International, le WWF, le PROE, la CPS, l'ICRAN-ICRI, le FNUE (Fonds des Nations Unies pour l'environnement).

Le barrage de la langue est une difficulté majeure de communication et d'intégration des communautés humaines dispersées dans le Pacifique sud. Il convient toutefois de remarquer que le clivage entre anglophones et francophones tient à la période coloniale et ne concerne pas les racines ethniques et linguistiques des populations ayant conquis au cours des derniers millénaires ce monde océanien. La langue française est peu utilisée dans le monde: 600 millions d'individus dans une trentaine de pays francophones mais seulement 130 millions d'individus maîtrisent la langue, soit seulement un peu plus de 2 % de la population mondiale (large domination du chinois mandarin pour plus d'un milliard d'habitants). Ces chiffres donnent la mesure de la difficulté en précisant toutefois que l'anglais n'est parlé que par 500 millions d'individus dans le monde. Mais pour en revenir au Pacifique sud où l'anglais est largement dominant, l'effort de coopération française avec les pays voisins doit considérer ce problème avec attention et discourir et publier en anglais. Ceci n'exclut as la même chose en français tout en sachant que cela restera dans le cercle francophone. Ceci n'exclut pas la « défense de la langue française », simple et habituelle formulation qui indique bien quelle est « menacée ». L'essentiel est de développer les échanges et se faire comprendre, et pour cela d'utiliser l'anglais.

Les gestions par l'état des ressources des récifs coralliens est totalement inadaptée dans le monde capitaliste moderne qui est gouverné par la demande et les échanges commerciaux mondiaux. Toutes les organisations internationales l'ont bien compris considérant que la gestion de ces ressources doit être décentralisée et revenir aux communautés riveraines qui sauront avoir une gestion responsable, inspirée par ailleurs de leurs traditions séculaires. Le retour vers les locaux pour les sensibiliser et pour qu'ils s'approprient à nouveau le milieu corallien (comme avant la colonisation) est à l'ordre du jour dans tous les pays océaniens. La démarche des PGEM (Plan de Gestion de l'Espace Maritime) en Polynésie française et les programmes de « Gestion par les Communautés » développés par la CPS et le PROE, sont des bons exemples que doivent suivrent les gouvernements des pays et territoires.

Pays ou Territoire	Nombre d'îles	Surface terrestre (km^2)	Surface récifs (km2)	Population	PNB / habitant	Nb touristes	Classification des pays
Cook	15	240	1120	20200	3650	78328	relativement riche
Etats Fédérés de Micronésie	607	702	5440	118100	2110	/	relativement riche
Fidji	332	18270	10020	811900	1820	430800	relativement riche
Guam	1	55	220	154500	10350	/	très riche
Kiribati	33	730	2940	90700	950	1626	relativement pauvre
Mariannes	16	477	50	69200	2550	/	relativement riche
Marshall	30	181	6110	52000	1970	/	relativement pauvre
Nauru	1	21,3	50	12000	9650	/	relativement riche
Niue	1	260	170	2050	5880	2758	relativement riche
Nouvelle-Calédonie	4	19580	5980	212700	15060	101983	très riche
Palau	/	460	50	19000	7840	/	relativement riche
Papouasie-Nouvelle-Guinée	/	462840	13840	5130000	700	56185	relativement pauvre
Pitcairn	4	47	100	50	/	/	/
Polynésie française	120	4000	6000	235000	17290	212767	très riche
Samoa américaines	7	197	220	65440	6600	92313	relativement riche
Samoa occidentales	4 + îlots inhabités	2840	490	170000	1450	/	relativement pauvre
Solomon	10 + îlots	28900	5750	447000	620	2682	relativement pauvre
Tokelau	3	10,12	50	1510	3560	/	relativement riche
Tonga	150	750	1500	100200	1660	40110	relativement pauvre
Tuvalu	9	26	710	11200	1720	1496	relativement pauvre
Vanuatu	40 + îlots	21190	4110	197000	1150	50400	relativement pauvre
Wallis et Futuna	3	274	940	15435	3650	/	relativement riche

Recherches sur les ressources vivantes dans le cadre du programme ZoNéCo 2000-2004 et perspectives.

Jean-Pascal TORRETON [1] et Richard FARMAN [2]
[1] UR103, IRD, BP A5, 98848 Nouméa cedex, Nouvelle-Calédonie, torreton@noumea.ird.nc
[2] Direction des Ressources Naturelles, B.P. 3718, 98846 Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Dans les années 1990, à l'initiative du préfet Jacques Iékawé, scientifiques et décideurs politiques ont entrepris une réflexion sur l'utilité de mettre en place un programme d'évaluation des ressources marines des eaux de la zone économique de Nouvelle-Calédonie. En 1991 la Nouvelle-Calédonie a décidé de se doter d'un programme d'évaluation des ressources marines, vivantes et non vivantes, dénommé ZoNéCo. Les partenaires principaux en étaient l'Etat, les 3 Provinces et les instituts de recherche IFREMER et ORSTOM. Une cinquantaine de chercheurs et de décideurs ont alors été sollicités pour écrire le premier cahier des charges du programme ZoNéCo, et qui a servi de base aux premières actions conduites dans le cadre du programme.
Le programme ZoNéCo constitue donc un partenariat inter-collectivités. Situé à l'interface entre recherche et décideurs, il a une triple vocation :

- La valorisation des ressources, en identifiant leur nature et en fournissant un inventaire.
- La protection et la restauration des ressources aux retombées indirectes comme la protection des paysages et de la biodiversité dans un contexte d'écotourisme.
- La durabilité de ces ressources en veillant à leur exploitation rationnelle et à la qualité de leur environnement.

Pour les années 2000 à 2004, le programme ZoNéCo a fait l'objet d'une contractualisation entre l'Etat et les Collectivités locales, dans le cadre des contrats OIC (opérations inter-collectivités), signée le 18 mai 2001.

Le programme est organisé autour d'un Comité de Pilotage et d'un Groupe de Projet. Le Comité de Pilotage est responsable de la définition des grandes orientations du programme et est représenté par Assemblée Générale de l'ADECAL élargie au programme ZoNéCo. Le Groupe de Projet élabore les actions annuelles ou pluriannuelles. Il est co-animé par le Directeur Général ADECAL et le Coordinateur scientifique et est constitué d'un responsable de chacune des 3 cellules : ressources minérales, ressources vivantes et cellule « bathymétrie et environnement ». Cette dernière a pour vocation d'enrichir la cellule « ressources vivantes » des connaissances nécessaires pour comprendre les ressources dans leur contexte environnemental. Chacune des cellules est constituée d'un ensemble de scientifiques et de décideurs chargés de réfléchir aux thématiques à aborder, et de susciter puis d'évaluer les propositions d'actions en faisant au besoin appel à des compétences extérieures pour ces évaluations.

Ces trois cellules s'appuient sur la Structure de Gestion et de Valorisation Locale (SGVL). Celle-ci a pour vocation de collecter l'information, existante comme celle issue du programme, d'archiver numériquement les données et rapports scientifiques et techniques. Elle constitue ainsi la mémoire du programme et tous les acteurs concernés (gestionnaires, professionnels ou scientifiques) y ont accès.

Elle a également pour rôle de traiter les données comme celles issues des campagnes de bathymétrie, de développer des outils permettant le croisement de l'information comme les systèmes d'information géographique (SIG). Elle offre enfin un environnement informatique performant et rend l'ensemble des données accessibles aux prestataires ou étudiants menant des études pour le programme ZoNéCo.
Elle est enfin responsable de la diffusion de l'information issue du programme ZoNéCo. Il existe un site Web ZoNéCo depuis 1998, donnant accès à l'ensemble de la documentation.

Cette présentation nécessairement succincte du programme ZoNéCo se limitera ici aux Ressources vivantes avant d'aborder les perspectives de poursuite de ce programme dont la réflexion est en cours.

Les ressources vivantes dans le cadre du programme ZoNéCo

A l'origine, le programme ZoNéCo concernait uniquement les ressources de la zone économique. Le programme s'est tout d'abord attaché à réaliser une synthèse des données halieutiques hauturières portant sur les ressources pélagiques et démersales. L'inventaire des ressources démersales restant à étoffer, des campagnes halieutiques ont été réalisées dans la mesure où la prospection des fonds avait permis d'en définir les zones d'intérêt potentiel. L'ensemble de ces informations est maintenant archivé et accessible auprès de la SGVL. Devant les faibles perspectives des ressources démersales, la recherche thonière étant une problématique régionale, et en raison des besoins croissants des communautés provinciales, l'élargissement du programme au domaine côtier a été proposé en 1999.
Dans le domaine hauturier, les objectifs sont désormais :

- D'améliorer la performance des armements locaux, notamment par la remise en ligne d'outils d'aide à la pêche, en testant des produits commerciaux en ligne et enfin au moyen d'une opération : « Palangres instrumentées » qui a pour objectif d'évaluer les profondeurs optimales de captures au moyen de palangres.
- De fournir les informations nécessaires à la gestion rationnelle des ressources. Ceci sera en particulier réalisé grâce à l'opération palangres instrumentées.

Ces objectifs correspondent par ailleurs aux engagements de la Nouvelle-Calédonie vis à vis de la commission thonière régionale créée en 2001.

D'une logique de prospection et d'évaluation des ressources, les objectifs du programme ZoNéCo ont évolué vers des problématiques de gestion, ou du moins d'aide à la décision en matière de gestion, dans le but d'optimiser le développement économique basé sur l'utilisation durable des ressources vivantes marines de Nouvelle-Calédonie. Ceci en développant trois axes :

- L'acquisition et l'intégration de données, notamment celles acquises sur le lagon antérieurement au programme ZoNéCo. Il existe maintenant une base de métadonnées qui sera mise en ligne prochainement et qui lorsqu'elle sera complétée permettra de localiser les nombreuses données existantes afin d'élaborer des conventions permettant leur utilisation.
- L'élaboration ensuite d'indicateurs d'abondance et de suivi des différentes ressources côtières : Une opération en collaboration avec la CPS a débuté
- Le recensement des activités de pêche dans le but d'établir une typologie des utilisateurs afin de mieux définir la pression de pêche et les priorités de gestion. Deux enquêtes ont été réalisées à ce jour et les rapports sont disponibles.

Afin d'élaborer une stratégie d'action, trois catégories d'enjeux que le programme se devait de prendre en considération ont été identifiées : un enjeu économique, un enjeu social, un enjeu en terme de conservation.

L'enjeu économique est double. Il s'agit tout d'abord d'harmoniser le développement des différents sous-secteurs de la filière pêche professionnelle quelle soit hauturière, côtière ou lagonaire. Cette harmonisation pourrait permettre des économies d'échelles pour optimiser la valeur ajoutée, en

développant et en transférant des compétences communes, et en établissant des synergies pour les équipements, et les circuits de commercialisation.

Il est nécessaire également de prendre en compte les activités économiques autres que la pêche professionnelle dans l'allocation des ressources. Ce sont les activités comme le tourisme, la plongée, et la pêche de loisir et d'une manière générale, toutes les activités susceptibles de s'appuyer sur la valeur patrimoniale du lagon.

L'enjeu Social est essentiel. Il est nécessaire en effet de prendre en compte la dimension sociale dans la planification du développement, comme la croissance démographique prévisible liée aux grands projets industriels, et à la monétarisation des activités de subsistance.

L'enjeu en terme de Conservation est, bien entendu, de préserver l'intégrité des milieux, de la biodiversité et des stocks pour les générations futures.
Pour répondre à ces trois catégories d'enjeu, les opérations proposées doivent s'inscrire dans l'un au moins de ces cinq volets :

- Un volet « *amélioration des connaissances* » qui comprend toutes les études nécessaires à l'évaluation des ressources et de leur potentiel d'exploitation ; mais également à celles portant sur la compréhension du fonctionnement des différents compartiments des écosystèmes. C'est dans ce cadre que s'intègrent nombre d'opérations portant sur la bathymétrie et l'environnement.
- Un volet « *protection / restauration* » ayant pour objectifs de mettre en place des protections spatiales comme les réserves, ou temporelles comme les fermetures saisonnières. Dans ce volet se situent également les éventuelles opérations de renforcement des populations naturelles de certains organismes exploités, à l'image de ce qui est réalisé par le World Fish Center pour la bêche-de-mer.
- Un volet « *valorisation* » qui a pour objectifs le développement de la filière pêche professionnelle qu'il s'agisse des conditions d'exploitation, comme des circuits de commercialisation. Dans ce volet s'inscrivent également le développement des activités autres que la pêche professionnelle comme la plongée, ou la pêche de loisir.
- Un volet « *durabilité* » dans lequel s'inscrit le développement à terme d'un observatoire des ressources vivantes marines. Il aurait pour objectifs à terme, l'intégration et la gestion des données existantes, le suivi de la ressource, les impacts écosystémiques, la vulgarisation, et la diffusion de l'information.
- Un volet « *renforcement des compétences* » dans lequel s'inscrivent le recrutement de personnes ressource, et certaines prestations de service.

A titre d'exemple, pour la période allant de 2002 à 2004, le programme ZoNéCo a lancé 29 opérations dont 13 s'inscrivent au titre des ressources vivantes, elles sont réparties de manière homogène dans chacun de ces cinq axes.
Le programme ZoNéCo entre en interactions avec cinq autres programmes :

- Le World Fish Center (www.worldfishcenter.org), centre scientifique et technique international indépendant ayant pour mission de développer la recherche dans tous les aspects des pêcheries et ressources aquatiques vivantes.
- Le Projet régional de développement des pêches océaniques et côtières dans les PTOM français et pays ACP du Pacifique (PROCFish, www.spc.org.nc/donors/EU/PROCFish/procfish_fr.html) financé par le Fonds Européen de Développement (FED), et mis en œuvre par l'Observatoire des pêches récifales et le Programme Pêche hauturière du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS).
- Le Programme National sur l'Environnement Côtier (PNEC, www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/recher/program/pnec.html) par son chantier en Nouvelle-Calédonie
- L'IFRECOR (Initiative Française pour les REcifs Coralliens, www.ifrecor.nc), action nationale en faveur des récifs coralliens des collectivités de l'Outre-Mer, portée par les Ministères chargés de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et le Secrétariat d'Etat à l'Outre-Mer
- Le programme DESANS (DEfi SANté *Stylirostris*, www.ifremer.fr/com/actualites/styli2003.htm), élaboré par l'IFREMER

Difficultés

Bien entendu, cette organisation ne se fait pas sans difficultés. La gestion se fait en partie sur du temps de recherche du coordinateur et des responsables de cellule et c'est une véritable contrainte pour la coordination du programme comme pour celle des trois cellules. La pérennité du programme est également un souci important. L'inscription au contrat de développement lui assure une pérennité de 4 à 5 ans, mais bien entendu sans garantie de renouvellement. Les ressources humaines sont localement limitées et expliquent en partie le fractionnement en opérations d'objectifs bien identifiés et d'une durée limitée afin d'exploiter au maximum la présence, parfois de courte durée en Nouvelle-Calédonie, de compétences essentielles. Dans le même ordre d'idée, le turnover des scientifiques, plus important qu'en Métropole, justifie également le fractionnement en opérations. La continuité de l'acquisition et de la disponibilité des connaissances nécessite ainsi l'implication soutenue de la SGVL. Enfin la diversité des ressources en milieu côtier et l'ampleur du chantier peuvent diminuer la lisibilité d'ensemble qui ne peut se comprendre que sur le long terme lorsque l'ensemble des opérations aura pu entrer en synergie.

Prospective

L'exercice actuel du programme ZoNéCo était prévu jusqu'en 2004 et le programme est vraisemblablement prolongé jusqu'en 2005. Il est nécessaire dès maintenant d'élaborer une réflexion sur ce que pourrait être son futur dans le cadre d'un nouveau contrat de développement.

Toujours en ce qui concerne les ressources vivantes, un des objectifs souhaités est le développement à terme d'un observatoire. En effet, si des études ponctuelles peuvent fournir un cadre à l'exploitation des ressources vivantes renouvelables, elles ne peuvent à elles seules en garantir la durabilité. Il convient donc d'intégrer toutes les dimensions susceptibles d'expliquer la dynamique couplée des ressources, de l'environnement et des usages du milieu côtier. Un des objectifs du programme sera donc de mettre en place un dispositif qui, en intégrant les informations disponibles sur l'environnement, les ressources et les conditions de leur exploitation pourrait, à terme, être alimenté systématiquement de façon à fournir aux collectivités locales, responsables de la gestion des ressources, les informations nécessaires à leurs prises de décision.

Un atelier sur les ressources côtières sera organisé avant fin 2004. Cet atelier aura pour objectif de faire le point des connaissances afin d'en identifier les lacunes, tant en terme de connaissances fondamentales sur les organismes, leurs cycles de vie, et leur exploitabilité, qu'en ce qui concerne le cadre environnemental dans lequel se situent ces ressources. Cet atelier constituera ainsi une étape essentielle pour définir les axes de recherche visant à répondre aux besoins des gestionnaires, comme :

- La définition d'unités de gestion ayant un sens biologique
- L'établissement des conditions de préservation des fonctions écologiques de différents milieux clefs comme les mangroves et les récifs. Ainsi à titre d'exemple, un souci récurrent des gestionnaires est d'évaluer la taille minimale de milieux clefs à préserver pour en garantir la fonction écologique.
- L'établissement des conditions d'exploitation des espèces (seuils, critères de réglementation)
- L'identification d'indicateurs et des réponses à apporter lorsque ces indicateurs signalent un problème

Cet atelier permettra ainsi de définir les priorités en terme de dimension « Environnementale » sur les ressources. Le schéma directeur de la filière pêche en cours d'élaboration permettra d'apporter la dimension économique. Enfin croisée avec la dimension sociale qui est du ressort des collectivités publiques ces différents aspects permettront d'aider le développement économique basé sur l'utilisation durable des ressources vivantes marines de Nouvelle-Calédonie.

Les pêcheries récifales du Pacifique sud : de la connaissance à la gestion des écosystèmes coralliens

Jocelyne FERRARIS [1], René GALZIN [2] et Michel KULBICKI [3]
[1] UR128-CoRéUs IRD, EPHE / Université de Perpignan 66860 Perpignan Cedex, France, ferraris@univ-perp.fr
[2] UMR8046 EPHE-CNRS, Université de Perpignan 66860 Perpignan Cedex, France
[3] UR128-CoRéUs IRD, BP A5 Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les ressources marines des écosystèmes coralliens du Pacifique sud font l'objet d'une inquiétude croissante de par leur importance pour la sécurité alimentaire et l'économie des populations insulaires et l'augmentation de multiples perturbations anthropiques dues au développement démographique. Ces ressources qui présentent une biodiversité exceptionnelle du point de vue génétique, populationnelle et écosystémique, font l'objet d'exploitations variées à caractère commercial, de subsistance ou récréatif. Les connaissances biologiques et écologiques des écosystèmes coralliens et la difficulté d'obtenir des statistiques fiables sur ces pêcheries dispersées renforcent l'idée d'une approche écosystémique des pêcheries insulaires du Pacifique sud. L'identification des facteurs environnementaux et humains qui régulent aux échelles globales et locales les communautés exploitées et leurs habitats coralliens permettent de proposer des outils et des méthodes favorisant une gestion durable de ces écosystèmes. Les recherches actuelles menées à partir de la Nouvelle-Calédonie, de la Polynésie française et de Wallis et Futuna en écologie–halieutique visent à développer des indicateurs de mesure et de suivi de l'état des écosystèmes coralliens et de leurs ressources et à mettre en œuvre des techniques de gestion et d'aménagement des écosystèmes. Ces recherches pluridisciplinaires sont illustrées à partir de résultats obtenus sur différents systèmes insulaires contrastés dans la région du Pacifique sud.

Démarche scientifique

Les principales connaissances sur la biologie, l'écologie et la pêche des écosystèmes récifaux du Pacifique sont les suivantes :

- Une grande richesse et une diversité des peuplements et des habitats (Lieske et Myers, 1994)
- Une forte hétérogénéité spatiale induite par des facteurs globaux ou locaux tels que les contextes géographiques ou culturels (Bellwood et Hughes, 2000),
- Une étroite relation entre les caractéristiques écologiques des communautés récifales et celles de leur exploitation (Wright et Hill, 1993),
- Des statistiques de pêche partielles, inexistantes ou erronées (Dalzell, 1996),
- La nécessité de passer d'une approche locale et sectorielle à une approche globale, contextuelle et pluridisciplinaire pour mieux comprendre et gérer les ressources et les pêcheries (Pitcher et al., 1998).

La pêche en un lieu donné, et ses caractéristiques, sont le reflet des sociétés humaines qui la pratiquent, de la nature des écosystèmes et de la diversité des peuplements exploités. Une approche comparative à l'échelle régionale s'impose donc, pour tenter d'identifier de grandes règles, ou des facteurs, qui déterminent la structuration et l'organisation des communautés exploitées. On peut les ordonner selon leur nature, anthropique ou naturelle et selon deux échelles, globale ou locale. C'est

ainsi que l'on s'intéressera à l'influence de la taille et du type d'île (île haute, atoll) sur la diversité des communautés récifales et sur leur capacité de résistance à des perturbations anthropiques ; ceci se fera en considérant la position de l'île par rapport au gradient de biodiversité (décroissant d'ouest en est). La richesse spécifique des poissons (Galzin et al., 1994), mais également la richesse des végétaux et des invertébrés (Adjeroud et al., 2000), dépendent en effet de la région biogéographique mais aussi de l'isolement et de la taille de l'île, conformément à la théorie des îles de MacArthur et Wilson (1967). Pour construire un référentiel utile aux gestionnaires des pêcheries récifales il faut identifier ces facteurs et hiérarchiser leurs effets à partir de l'étude de quelques cas.

Les connaissances biologiques

Le peuplement ichtyque de la plupart des îles coralliennes fonctionne en métapopulation (Planes et Fauvelot, 2002). Cela veut dire que les différents peuplements rencontrés d'une île à l'autre sont clairement définis dans l'espace. Les facteurs qui vont expliquer ces différences sont la position géographique de l'île (cf. le gradient de biodiversité (Kulbicki et al., 2004), le type d'île (île haute ou atoll, atoll grand ou petit, fermé ou ouvert, etc. Galzin et al., 1994) et enfin les différentes pressions anthropiques qui peuvent s'exercer sur ces îles (Salvat et Aubanel, 2002). Les résultats de nos recherches semblent indiquer que le premier facteur structurant des peuplements de poissons soit l'habitat. Les plus grandes différences existent entre les peuplements des pentes externes de l'île (donc dans l'océan) et ceux des lagons. En termes d'habitats, les pentes externes des îles sont très comparables et l'on peut considérer en première approximation qu'elles sont moins soumises aux pressions anthropiques que les lagons. Le deuxième facteur structurant est le temps (Galzin, 1987). Pour cette échelle temporelle, il faut considérer la variabilité interannuelle qui est dictée par les grands phénomènes météorologiques mondiaux (effet de serre) et les variabilités à pas de temps plus court comme les cycles nycthéméraux, lunaires ou saisonniers. Pour les pentes externes des îles, les fluctuations interannuelles semblent régulées par les grands évènements météorologiques déstructurants (théorie des catastrophes) (Harmelin et al., 1986) alors que les facteurs locaux (phénomène de plus en plus fréquent de blanchissement de corail) sont plus facilement absorbés et régulés par l'écosystème. Donc les peuplements de poissons d'une île (lagon et pentes externes) vont fluctuer naturellement avec le temps et il nous faut déceler, comprendre et assimiler ces fluctuations naturelles avant d'essayer de mettre en évidence l'action de l'homme sur ces peuplements.

A une échelle locale les peuplements de poissons vont ensuite être très fortement corrélés avec l'habitat (Galzin et Harmelin-Vivien, 2002). Les relations entre les poissons et leur habitat peuvent être étudiés sur une échelle verticale (répartition des poissons dans la colonne d'eau) et sur l'échelle horizontale (répartition des poissons de la plage vers l'océan). Les raisons essentielles de ces relations fortes entre les poissons et leurs habitats s'expliquent pour des raisons de recherche d'un abri, de nourriture ou d'un partenaire pour la reproduction. Si pour les espèces de poissons d'une île vous connaissez leur régime alimentaire, les endroits où ils se cachent et où ils se reproduisent, vous pouvez alors prédire où ils vont se trouver dans l'île en fonction de l'échelle temporelle. Nous avons maintenant pris l'habitude de classer les poissons identifiés dans neuf boîtes qui nous permettent ainsi de mieux interpréter les accidents potentiels (naturels ou anthropiques) que peut subir le peuplement. Ces neuf boîtes sont : le nombre d'espèces, le nombre d'individus, le type de reproduction, le régime alimentaire, la mobilité, la grégarité, l'habitat, la taille et le comportement en fonction du nycthémère.

Pour tout écosystème marin le fractionnement des communautés vivantes (insularité), naturel ou induit par les perturbations d'origines humaines, est un processus clé qu'il faut étudier pour affronter l'enjeu majeur de la biologie des populations naturelles de demain, la biologie de la conservation. Les systèmes insulaires coralliens du Pacifique apportent un modèle unique pour étudier le maintien des populations originales et la dynamique des espèces envahissantes qui sont des thèmes majeurs pour comprendre et préserver la biodiversité régionale. Les systèmes insulaires constituent un système naturellement fractionné où il est particulièrement pertinent d'étudier les adaptations des espèces pour assurer leur maintien. Ces espèces insulaires assurent un flux de gènes (connectivité) par la dispersion puis le recrutement ou auto-recrutement des formes larvaires (Doherty et al., 2004). Les différences de connectivité entre les unités sociales (telles que les aires marines protégées ou les zones de captage de naissains d'espèces aquacoles) et biologiques (populations de poissons, mollusques,

algues) peuvent entraîner des conflits sociaux et une dégradation biologique par méconnaissance des spécificités locales.

Etudes des pêcheries

Les écosystèmes coralliens du Pacifique sud fournissent des ressources essentielles aux populations insulaires qui sont dépendantes de leurs écosystèmes côtiers que ce soit du point de vue économique ou alimentaire. Les pêcheries récifales présentent une diversité de structure et de fonctionnement en rapport avec la diversité de ces milieux: diversité d'engins et d'espèces cibles reflétant la diversité naturelle des biotopes associés aux écosystèmes coralliens (mangrove, herbier, récif, lagon) ; diversité des stratégies d'exploitation regroupant pêche de subsistance, pêche de loisir et pêche professionnelle ; diversité culturelle traduisant le savoir-faire et les caractéristiques géographiques du système insulaire (Polunin and Roberts, 1996). L'importance économique des différentes formes de pêche (hauturière, côtière et artisanale) représente une augmentation des revenus pour un nombre important de personnes associées au secteur ; la part des pêcheries côtières est nettement inférieure à celles des pêcheries hauturières, mais l'importance des pêcheries côtières réside moins dans les quantités pêchées que dans leur contribution envers des pêcheurs à faible revenu et ayant peu d'alternatives en terme d'emploi. La production totale annuelle des pêcheries côtières de la région est estimée à 100 000 tonnes, avec des disparités importantes entre les pays et 80% des débarquements correspondant à une pêche de subsistance (Dalzell *et al.*, 1996). La moitié des captures commerciales provient des pêcheries récifales, dont les invertébrés représentent les ressources les plus intéressantes du point de vue économique (holothuries, trocas, huîtres perlières, langoustes, crabes de palétuvier). Du point de vue des poissons, les principales ressources d'intérêt commercial sont représentées par les poissons d'aquarium, le marché des poissons vivants et l'exportation des espèces à forte valeur ajoutée (mérou, napoléon).

Les captures totales sont généralement basées sur des estimations issues d'enquêtes de consommation nationale et contiennent une grosse incertitude et surtout une absence de précision sur les aspects qualitatifs de la pêcherie. Les pêcheries récifales présentent de plus les caractéristiques habituelles des pêcheries artisanales, à savoir des pêcheries multi-spécifiques et multi-engins, avec des points de débarquements dispersés le long des côtes, phénomène amplifié par la dispersion géographique insulaire, ce qui représente des difficultés importantes pour les services techniques devant mener des enquêtes sur les rendements et les efforts de pêche permettant d'établir un état des ressources exploitées. L'évolution des moyens de pêche de plus en plus performants et la transition des sociétés insulaires d'une économie de subsistance vers une économie marchande posent le risque d'une augmentation de la pression sur la ressource. L'absence de statistiques fiables sur l'état des ressources et les activités de pêche permettent difficilement de définir de plans de gestion adaptés au contexte des écosystèmes coralliens. La recherche française sur les pêcheries récifales dans le Pacifique sud (Ferraris et Cayré, 2004) est orientée sur le développement de nouvelles méthodes d'investigation favorisant une comparaison régionale à partir de méthodes standardisées intégrant les connaissances sur l'écologie des ressources et sur le comportement des usagers et basée sur une approche écosystémique des pêches (FAO, 2003). La prise en compte simultanée des caractéristiques de l'habitat aux différentes échelles spatiales, à l'aide par exemple de l'image satellitaire (Andréfouët et al., 2004), des caractéristiques écologiques des peuplements exploités et du comportement des usages pour mieux cerner l'impact de l'activité de pêche sur la ressource (Pelletier et Ferraris, 2000) vise à définir des outils permettant de mieux comprendre la dynamique couplée des ressources et de leurs usages. Des indicateurs sont recherchés afin de favoriser une gestion adaptative des pêcheries récifales tels que des indicateurs trophiques sur la structure des peuplements de poissons (Bozec et al., 2004), des indicateurs basés sur la comparaison de zones exploitées et d'aires marines protégées (Amand et al., 2004 ; Ferraris et al., 2004 ; Pelletier et al., 2004) ou des indicateurs halieutiques définis à partir d'enquêtes de consommation (Léopold et al., 2004). La complexité des pêcheries récifales nécessite plus de recherches pluridisciplinaires prenant en compte les variabilités environnementale, biologique, écologique et socio-économique du système insulaire. Une meilleure compréhension des processus à la base des interactions Nature/Société favorise la définition d'outils simples à mettre en œuvre pour suivre l'état des ressources exploitées et de moyens de gestion des écosystèmes coralliens et des activités humaines qui en dépendent.

Recommandations formulées

L'application des recherches fondamentales à la gestion des ressources demande un haut degré de communication et de collaboration entre scientifiques, gestionnaires des départements de l'administration et usagers. De cela découle la nécessité de réaliser des efforts pour construire et consolider les voies de communication entre ces différents groupes afin de faciliter les investigations futures et leurs applications à la gestion des ressources pour toutes les nations du Pacifique sud.

Les moyens à mettre en œuvre devraient concerner :

- un encouragement institutionnel et international à développer les collaborations scientifiques,
- un encouragement institutionnel à développer les moyens techniques dans le Pacifique Sud et
- un encouragement institutionnel et international à mieux gérer et partager les données.

Si la France souhaite que ses équipes présentes dans le Pacifique Sud dans ce domaine de recherche continuent à être performantes et compétitives dans cet Océan Pacifique Anglophone il faut qu'elle nous donne les moyens humains et financiers qui nous permettraient de lutter à armes égales.

Idées maitresses

Six recherches Prioritaires devraient être développées en collaborations.

Optimiser la gestion des ressources

Une gestion adéquate des ressources marines du Pacifique sud implique la réalisation des conditions suivantes : définir clairement les objectifs et les finalités de la gestion, développer des mécanismes participatifs de prise de décision de la gestion basés sur les communautés locales, permettre à la gestion d'être suffisamment flexible pour pouvoir éventuellement être changée en fonction des premiers résultats obtenus par les mesures instaurées, ou par les dernières connaissances de la recherche fondamentale, mieux gérer et utiliser les quantités de données déjà collectées, organiser la collecte de nouvelles données socio-économiques et inciter les pays riverains du Pacifique sud à la collecte de statistiques sur le long terme.

Préconiser la mise en place d'Aires Marines Protégées

L'instauration d'Aires Marines Protégées (AMP) peut se révéler comme un excellent outil de gestion intégrée du littoral. Néanmoins il reste encore à réfléchir sur : les objectifs spécifiques assignés à chaque nouvelle AMP mise en place, le cadre législatif adéquat, le nombre, la localisation et le taille de ces AMP et la mise en place des différents indicateurs à suivre en fonction des différents objectifs poursuivis.

Etudier la connectivité entre les différentes populations des écosystèmes

Le degré de connectivité entre populations de poissons récifaux se présente comme l'information clef pour décider de l'échelle spatiale et temporelle de la gestion des ressources. Un effort important devra être réalisé dans les années qui viennent par les équipes françaises de Calédonie, de Polynésie et de Wallis et Futuna, dont les écosystèmes se prêtent bien à ce type d'étude.

Elucider les goulots d'étranglements biologiques

D'autres aspects importants restent à étudier sur les poissons concernant les facteurs biologiques et écologiques qui déterminent la structure et la dynamique des peuplements de poissons récifaux et qui permettent ainsi d'identifier des possibles goulots d'étranglements biologiques. Parmi ceux-ci nous pensons pouvoir travailler sur : la collecte d'informations sur le cycle de vie des principales espèces concernées, leur statut (abondance, risque de surexploitation), leur reproduction, le suivi de leur comportement vis à vis de la pêche, le suivi temporel de leurs stocks.

Acquérir un minimum de données paysagères et physico-chimiques

Pour comprendre l'un des mécanismes de fonctionnement des populations ichtyques qui est la relation des poissons avec leur habitat, la description de ceux-ci par l'imagerie satellitaire nous semble prometteuse. Il nous faudra par ailleurs décrire l'océanographie à petite échelle de nos îles et

autour de celles-ci afin de nous aider dans la compréhension des phénomènes structurants, dans l'identification des sources de perturbation éventuelle et dans la cartographie des différents aspects importants de gestion (mise en place de SIG).

Développer de nouveaux outils de gestion

De nouveaux outils de gestion ou d'aide à la gestion restent encore à développer et à tester dans les écosystèmes coralliens de ces îles du Pacifique Sud.

Références bibliograhiques

Adjeroud M., Payri C., Andrefouet S. et Orempuller J., (2000). Physical factors of differentiation in macrobenthic communities between atoll lagoons in the Central Tuamotu Archipelago (French Polynesia). Mar. Ecol.Prog. Ser. 196 : 25-38.

Amand M., Pelletier D., Ferraris J., Kulbicki M., (2004). A step toward the definition of ecological indicators of the impact of fishing on the fish assemblage of the Abore reef reserve (New Caledonia). *Aquatic Living Resource* 17 :139-149

Andréfouët, S., Hochberg, E.J., Chevillon, C., Muller-Karger, F. E., Brock, J.C., Hu, C., (2004). Multi-scale integration of remote sensing tools to understand physical and biological processes in coastal environments: examples on coral reefs *In*: Remote Sensing of Coastal Aquatic Environments. Richard L. Miller, Carlos E. Del Castillo, Brent A. McKee (Editors). Kluwer Academic Publishers.

Bellwood D.R., Hughes T.P., (2002). Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. Science 292 : 1532-1534.

Bozec Y.M., Ferraris J., Gascuel D., Kulbicki M., (2004). The trophic structure of coral reef fish assemblages : « trophic spectrum » as indicator of human disturbances. *Journal de Recherche Océnographique*.(in press)

Dalzell P., (1996). Catch rates, selectivity and yields of reef fishing. In : Reef fisheries (Polunin N.V.C., Roberts C.M. eds.), Chapman et Hall, London : 161-192.

Dalzell P., Adams T.J.H. et Polunin N.V.C., (1996). Coastal fisheries in the Pacific Islands. *Oceanography and Marine Biology* : an annual review. 34 : 395-531.

Doherty P., Dufour V., Galzin R., Hixon M., Meekan M.G., Planes S., (2004). High mortality during settlement is a population bottleneck for a tropical surgeonfish. Ecology : 85(9) 2422-2428.

FAO, (2003). Fisheries Management – 2. The ecosystem Approach to fisheries. *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries*,. 4, Suppl. 2. FAO, Rome.

Ferraris J. & Cayré, P. Les pêcheries récifales dans le Pacifique sud: *Océanis(sous presse)*

Ferraris J., Pelletier D., Kulbicki M., Chauvet, C., (2003). Assessment of the impact of marine reserve on demersal and benthic fish communities. *MEPS* (sous presse)

Galzin R., (1987). Structure of fish communities of French Polynesian coral reefs. Temporal scales. Mar. Ecol. Prog. Ser., 41 : 137-145.

Galzin R., Harmelin-Vivien M., (2002). Ecologie des poissons des récifs coralliens. Oceanis, 26 : 465-495.

Galzin R., Planes S., Dufour V., Salvat B., (1994). Variation in diversity of coral reef fish between French polynesian atolls. Coral Reefs 13 : 175-180.

Harmelin-Vivien M., Laboute P., (1986). Catastrophic impact of hurricanes on atoll outer reef slopes in the Tuamotu (French Polynesia). Coral Reefs, 5 : 55-62.

Kulbicki M., Labrosse P., Ferraris J. (2004). Basic principles underlying research projects on the links between the ecology and the uses of coral reef fishes in the Pacific. *In* L.E. Visser (Ed.) *Challenging Coasts. Transdisciplinary Excursions into integrated coastal zone development.* Amsterdam: Amsterdam University Press p119-158

Lieske E., Myers R.F., (1994). Collins Pocket Guide to Coral Reef Fishes, Indo-Pacific and Caribbean. Harper Collins Publishers : 400 pages.

Léopold M., Ferraris J. , Labrosse P., (2004). Evaluation de la production halieutique insulaire par la consommation de produits de la mer: exemple de l'atoll d'Ouvéa (Nouvelle-Calédonie). *Aquatic Living Resources*.

MacArthur R.H. et Wilson E.O., (1967). The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, N.J. : 209 pages.

Pelletier D., Ferraris J., (2000). A multivariate approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*. 57:51-65.

Pelletier D., Garcia-Charton J.A., Ferraris J., David G., Thébaud O., Letourneur Y., Claudet L., Amand M., Kulbicki M. and Galzin R., (2004). Designing indicators for evaluating the impact of Marine Protected Areas on coral reef ecosystems : a multidisciplinary standpoint. Aquatic Living Ressource (accepté).

Pitcher J.T., Hart P.J.B., Pauly D., (1998). reinventing Fisheries Management. Kluver Academic Publishers. Fish and Fisheries Series 23 : 435 pages.

Planes S., Fauvelot C., (2002). Isolation by distance and vicariance driving genetic structure of a coral reef fish in the Pacific ocean. Evolution, 56 : 378-399.

Polunin, N.V.C. and Roberts, C. M (Eds). (1996). Reef Fisheries. Chapman and Hall, *Fish and Fisheries Series* 20. London. 477 p.

Salvat B., Aubanel A., (2002). La gestion des recifs coralliens de Polynésie française. Rev. Ecol. (Terre Vie), 57 : 193-251.

Wright A., Hill L., (1993). Nearshore Marine Ressources of the South Pacific. Institute for Fisheries Development and Management. FFA Honiara : 710 pages.

L'IFRECOR dans les collectivités d'outre-mer et dans le Pacifique Sud

Annie AUBANEL [1] et Christian MONIER [2]
[1] Service de l'Urbanisme, BP 866 Papeete Polynésie française, annie.aubanel@urbanisme.gov.pf
[2] Service de la pêche, BP 20 Papeete, Polynésie française

Résumé

L'initiative internationale pour les récifs coralliens (ICRI), dont la France a assuré le secrétariat pendant deux ans a été créée en 1995. L'IFRECOR est la déclinaison française de l'ICRI et est placée sous la double tutelle du ministère de l'écologie et du développement durable et du ministère de l'outre-mer.

Dans le Pacifique Sud l'IFRECOR est représenté par Wallis et Futuna, la Polynésie française et la Nouvelle-Calédonie. Le comité national s'est réuni en 2000 à Bora-Bora et a arrêté les plans d'actions national et locaux pour une durée de 5 ans incluant des actions fédératives c'est-à-dire transversales. Ces actions sont placées sous la responsabilité d'un comité local et doivent permettre un échange fructueux entre les différentes collectivités d'outre-mer.

Les IFRECOR du Pacifique Sud participent à la surveillance des récifs coralliens au niveau de deux nœuds GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Network) ainsi qu'à l'action régionale de l'agence française pour le développement (CRISP - Coral Reef Initiative South Pacific).

L'ICRI

Devant le rapport alarmant des scientifiques sur l'état de santé des récifs coralliens, les gouvernements de huit pays : les Etats Unis, la France, le Japon, l'Australie, la Suède, et le Royaume Uni, la Jamaïque et les Philippines ont décidé de créer en 1995 l'Initiative Internationale en faveur des Récifs Coralliens (ICRI). Se sont joints à eux des agences du système des Nations Unies comme le PNUE (programme des nations unies pour l'environnement) et des banques internationales comme la banque mondiale.

Depuis 1998 plus de 80 pays se sont mobilisés et ont adopté l'appel à action de l'ICRI ainsi que son cadre de recommandations. C'est la France qui pour 1999 et 2000 a assuré le secrétariat du comité de coordination de l'ICRI.

Chaque pays adhérant à l'ICRI devait créer un comité national, car il s'agissait d'une des premières directives de l'ICRI. C'est ainsi qu'est née l'IFRECOR.
Dès 1996 un programme de surveillance de l'état de santé des récifs coralliens est mis en place. Il s'agit du GCRMN. Ce programme regroupe une surveillance relativement complexe selon des méthodes élaborées par des organismes de recherche, ou selon des techniques de surveillance plus simples (Reef-Check), permettant à des bénévoles passionnés de participer à cette surveillance et par la même d'être sensibilisés à une meilleure gestion des récifs. Le GCRMN rend compte tous les deux ans de l'état de santé des récifs coralliens dans le monde, selon des bilans régionaux auxquels participent les collectivités françaises outre-mer (Wilkinson 1998, 2000, 2002)

L'IFRECOR

Chaque gouvernement s'étant engagé à mener des actions en faveur d'un développement durable des récifs coralliens, la France a créé par décret, le 7 juillet 2000, l'IFRECOR (Initiative française en faveur des récifs coralliens) sous l'action du conseil interministériel de la mer, placée sous l'autorité du Premier Ministre. L'IFRECOR a été placée sous la double tutelle du Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, et du Ministère de l'Outre-Mer.

L'objectif de l'IFRECOR est de promouvoir une politique active, aux niveaux national, régional et local, favorable à la préservation de ces écosystèmes menacés et ce dans les 7 collectivités de l'outre-mer de la zone tropicale, à savoir : la Guadeloupe et la Martinique (Océan Atlantique), la Réunion et Mayotte, (Océan Indien), la Nouvelle-Calédonie, Wallis et Futuna et la Polynésie française (Océan Pacifique).
Il s'agit donc de favoriser la protection et la surveillance des récifs coralliens mais aussi et avant tout de favoriser la gestion des activités humaines ayant un impact sur les récifs coralliens (Gabrié 1998, Salvat et Aubanel 2002).

Un comité national

Le fonctionnement de cette initiative est assuré par un comité national ou se retrouvent des parlementaires, des représentants des administrations centrales, des scientifiques et techniciens, des socioprofessionnels, des associations de protection de la nature ainsi que les représentants des collectivités d'outre-mer.

Un plan d'action

Le plan d'action est établi sur 5 ans renouvelables. Le premier plan a été adopté en 2000 à Bora-Bora (Polynésie française) et s'achèvera exceptionnellement en 2005.
Ce plan d'action définit les priorités de l'IFRECOR selon 6 axes à savoir :

- Planifier pour prévenir.
- Réduire les effets négatifs dus aux activités humaines tout en assurant leur développement durable.
- Connaître et comprendre pour gérer.
- Informer, former et éduquer pour modifier les comportements.
- Développer les moyens d'action
- Développer les échanges de la coopération pour renforcer les synergies et valoriser les expériences.

La déclinaison de ces 6 axes se fait en une quarantaine d'actions dont la coordination est confiée à l'une des 7 collectivités d'outre-mer qui de ce fait, portent le nom « d'actions fédératives ».

1. Pour la Réunion, quatre actions fédératives ont été retenues : « *Développer des plans de gestion intégrée de la zone côtière (GIZC)* » ; « *Mettre en adéquation les aménagements touristiques avec la capacité de charge des récifs* » ; « *Surveiller l'évolution de l'état de santé des récifs* » ; « *Réaliser une cartographie normalisée des récifs* ».
2. Pour Mayotte, une action fédérative a été retenue : « *Lutter contre l'érosion et la sédimentation* »
3. Pour la Martinique deux actions fédératives ont été retenues : « *Evaluer l'impact des politiques sur les récifs coralliens* » et « *Renforcer les connaissances sur l'impact des pesticides* ».
4. Pour la Guadeloupe deux actions fédératives ont été retenues : « *Développer des plans de gestion rationnelle* » et « *Lutter contre les pollutions industrielles et les hydrocarbures* ».
5. Pour Wallis et Futuna, une action fédérative a été retenue : « *Favoriser l'intégration des sciences humaines, juridiques et économiques dans l'approche du milieu récifal* ».
6. Pour la Nouvelle-Calédonie trois actions fédératives ont été retenues : « *Développer des systèmes d'information* » ; « *Renforcer les connaissances sur l'évaluation des ressources halieutiques* » et « *Renforcer les connaissances sur l'impact des aires marines protégées* ».
7. Pour la Polynésie française trois actions fédératives ont été retenues : « *Promouvoir la restauration des récifs dégradés* » ; « *Développer un tourisme durable* » ; « *Former, informer et éduquer pour modifier les comportements* »

Le plan d'action de Bora-Bora fut très complet et de ce fait peut-être trop ambitieux pour une initiative qui venait de naître. Faisant suite à une expérience de 5 ans, un recentrage des priorités semble nécessaire d'autant plus que si quelques actions ont été abandonnées, la majorité d'entre elles a abouti à un document ou à la création d'un réseau. L'investissement des individus a été sincère et important et il faut espérer qu'un nouveau plan sera approuvé dans les mois à venir, lors de la prochaine réunion de l'IFRECOR.

L'IFRECOR dans le Pacifique Sud

Dans le Pacifique Sud, l'IFRECOR est représentée par 3 comités locaux, un en Nouvelle Calédonie, un en Polynésie française et un à Wallis et Futuna.
Il faut noter que la majorité des collectivités d'outre-mer françaises (COM) a le statut de département d'outre-mer ou un statut relativement proche, utilisant l'euro comme monnaie et dépendant du ministère de l'écologie et du développement durable (4/7). En revanche, les trois collectivités du Pacifique Sud ont des statuts d'autonomie assez évolués et forts différents les uns des autres. Notons à titre d'exemple Wallis et Futuna avec 3 royaumes, la Nouvelle-Calédonie avec 3 provinces dont chacune est représentée au congrès et la Polynésie française avec des compétences élargies et 48 communes dépendant du Haut-commissariat.

Ces trois collectivités d'outre-mer ont en commun le franc Pacifique (CFP), des étendues importantes de récifs et des institutions complexes au regard du faible nombre d'habitants. Les trois comités locaux de l'IFRECOR Pacifique se sentent peut-être plus proches du ministère de l'outre-mer. Parmi les thèmes fédéraux de ces comités notons :

Pour le comité IFRECOR polynésien :

- L'action concernant la restauration des récifs coralliens a été concrétisée par la réalisation d'un guide pratique à l'usage des décideurs et aménageurs (Salvat et al. 2002). Ce document a été largement diffusé en langue française.
- Concernant le deuxième thème « Développer un tourisme durable », le choix de l'action retenue concerne l'étude de l'impact humain des bungalows sur l'eau dans deux îles différentes au point de vue morphologique mais également sur leur choix du développement économique : Moorea et Bora-Bora. En effet, ce point est particulièrement sensible en Polynésie française et le devient dans les pays insulaires ayant une importante barrière récifale protectrice et s'ouvrant au tourisme international.
- Le troisième thème, le plus vaste, concerne la sensibilisation du public à la gestion des récifs coralliens. Des méthodes originales ont été proposées aux responsables encadrant des jeunes de 10 à 12 ans pour développer la notion d'écocitoyenneté.

Pour le comité IFRECOR de Wallis et Futuna :

Le thème retenu par le comité de Wallis et Futuna est lié à l'imbrication des lois de la République et de droit coutumier. Wallis et Futuna et la Polynésie française se sont associées spontanément pour enrichir ce thème. En effet, ces deux collectivités d'outre-mer travaillent sur la représentation et la perception du milieu récifal par les populations locales afin d'améliorer la gestion de cet écosystème (Decoudras 2003). Ces deux collectivités françaises d'outre-mer, peuplées à l'origine par des polynésiens et bien qu'administrées de façon différente, ont de nombreuses similitudes. Or la Polynésie française a acquis une certaine expérience dans la gestion de son espace maritime côtier (Aubanel et al. 2004) lors de l'élaboration du plan de gestion de l'espace maritime (PGEM) de l'île de Moorea (archipel de la Société). Elle doit, dans les mois à venir, partager cette expérience avec Wallis et Futuna par la réalisation d'un PGEM sur une des îles de cette collectivité dans le cadre du CRISP (Coral Reef Initiative South Pacific) de l'AFD (Agence Française de Développement).

Le comité IFRECOR de Wallis et Futuna a également travaillé sur « les chemins coutumiers » grâce à la mise en place d'une commission pluridisciplinaire (scientifiques, chercheurs en sciences humaines, juristes, économistes et représentants les autorités coutumières), commission à laquelle ont participé la Polynésie française et la Nouvelle-Calédonie.

Pour le comité IFRECOR de Nouvelle-Calédonie :

Les thèmes retenus correspondent à une excellente expertise que possède cette collectivité d'outre-mer. Notons par exemple :

- Les AMP (aires marines protégées) comme outil de gestion ; les définir et les classer, préciser les effets et les limites de ces AMP et leur utilisation. Il s'agit, entre autres, du suivi de l'évolution des habitats (monitoring), du suivi de l'évolution des peuplements (notamment ichtyologiques) des réserves marines, de l'étude des échanges de faune aux limites de la réserve et de l'étude des modifications de comportement migratoire.
- La cartographie et la typologie des récifs coralliens en association avec l'université de Miami et l'IRD en Nouvelle-Calédonie.
- L'évaluation de la ressource halieutique, basée sur la connaissance de l'activité halieutique sous l'angle des pêcheurs et sous l'angle de la ressource, et la collecte de données pour alimenter un SIG ainsi qu'une base de données (sur les captures) de nature économique, sociale et biologique.

La participation de l'IFRECOR au GCRMN

Le GCRMN, réseau mondial de surveillance du milieu corallien (Wilkinson 2002), est le premier réseau mis en place par l'ICRI dès sa création et il constitue, avec ses résultats, l'élément majeur de sensibilisation et d'information du grand public et des gouvernements sur l'état de santé des récifs et leur évolution.

Les trois IFRECOR du Pacifique participent au fonctionnement du réseau de surveillance du GCRMN. La Polynésie française et Wallis et Futuna appartiennent au nœud régional du GCRMN « Polynesia Mana » que la Polynésie française coordonne. La Nouvelle-Calédonie appartient au nœud du GCRMN coordonné par les Fidji. Les résultats sont publiés tous les deux ans par le GCRMN selon des approches régionales (Salvat 2001, Salvat et al. 2001, Vieux et al. 2004).

Le CRISP

L'AFD (Agence Française de Développement) est à l'origine de la création d'une Initiative Régionale Pacifique Sud en faveur des Récifs Coralliens dont le nom est CRISP.

Ses objectifs sont « de contribuer à la protection et à la gestion durable des récifs coralliens comme base du développement économique des petits pays insulaires du Pacifique et éléments du patrimoine mondial, et de mettre en valeur les capacités et l'expérience acquises dans les collectivités d'outre-mer du Pacifique et dans les Etats de la région, afin de les capitaliser et de les diffuser au bénéfice des pays du Pacifique Sud. »

L'idée est « de combiner les activités transversales de réseau et de projets de terrain localisés dont le but est la conservation et le développement économique ; d'articuler recherche, aménagement et développement et d'intervenir sur l'ensemble des thèmes - terrestres et marins - intéressant les récifs (y compris l'assainissement et la gestion des bassins versants). »[1]

Trois composantes ont été retenues. Elles concernent 1) les « aires marines protégées » incluant un volet « bassins versants » ; 2) la connaissance, la gestion, la restauration et la valorisation des écosystèmes coralliens ; 3) la coordination, la capitalisation, la communication et la vulgarisation.

Pour l'heure rappelons le projet de l'IFRECOR polynésien de réaliser deux plans de gestion de l'espace maritime sur l'île d'ALOFI dans la collectivité d'outre-mer de Wallis et Futuna et sur l'île de AITUTAKI aux îles Cook. Ce projet n'est qu'un élément de la composante 1) du CRISP.
L'objectif général d'un PGEM est d'assurer la gestion de l'espace maritime tant au point de vue de l'exploitation des ressources qui s'y rattachent que de celui de la réglementation des activités humaines qui s'y exercent. Ceci comprend à la fois :

---

[1] Extrait de la note de monsieur Dominique Rojat de l'AFD en date du 24 janvier 2003.

- l'utilisation rationnelle et la valorisation des ressources et de l'espace,
- la gestion des conflits d'utilisation,
- le contrôle des pollutions et des dégradations du milieu marin,
- la protection des écosystèmes marins et des espèces menacées.

Le PGEM est donc un document de gestion de l'espace qui définit les conditions d'utilisation, d'aménagement, de sauvegarde et de mise en valeur d'un lagon ou d'une façade maritime.

La réalisation de chaque PGEM comporte 4 phases :

Phase 1 : La faisabilité du PGEM

Cette phase concerne la sensibilisation des responsables politiques et administratifs ainsi que la population à l'intérêt de voir réalisé un PGEM, de choisir l'île sur laquelle se fera ce PGEM et d'identifier les personnes pouvant participer à sa réalisation. Elle comprend également le recensement des données existantes nécessaires à la rédaction d'un rapport et à la réalisation d'une cartographie (photographies aériennes, cartes, cadastre etc.).

Phase 2 : Le constat

Cette phase comprend l'analyse du milieu naturel, l'analyse du milieu humain, l'évolution naturelle du milieu si aucun plan de gestion n'est mis en place et les mesures à prendre pour assurer un développement durable.

Phase 3 : L'élaboration du PGEM

Cette phase est précédée par la présentation des résultats de la phase 2. Ce qui permet d'évaluer la restitution des informations de la phase 2 sur laquelle s'appuiera l'élaboration du PGEM.

Cette phase 3 correspond à l'élaboration du zonage et de la réglementation du PGEM avec la participation des responsables administratifs, de la société civile ainsi que des associations. Elle comprend de nombreuses réunions permettant d'identifier les attentes de la population quant à la gestion du lagon et de rapprocher ces attentes avec les contraintes du milieu, la nécessité d'un développement des communautés et la protection de l'environnement. La recherche d'un consensus doit aboutir à un zonage associé à une réglementation qui doit tenir compte des spécificités du pays concerné.

Phase 4 : Le suivi du PGEM

Cette phase est liée à la mise en place des aires marines protégées (AMP) et des programmes de surveillance du GCRMN et du Polynesia Mana.

En conclusion, nous soulignerons le rôle important joué par l'IFRECOR dans la création d'un réseau regroupant les collectivités françaises d'outre-mer à travers les 3 océans, rôle pour lequel cette initiative a été créée mais qui a nécessité la passion et la persévérance des différents acteurs. Aujourd'hui cette initiative tente de créer un réseau d'échanges dans le Pacifique Sud avec les pays anglophones de la zone. Souhaitons-lui bonne chance.

Références bibliographiques

Aubanel, A., Monier, C., Benet, A., Di Jorio, J.A.et Salvat, B. (2004). Les plans de gestion de l'espace maritime en Polynésie française. Océanis, sous presse institut océanographie Paris.

Decoudras, P.M. (2003). Médiation spatiale : Recherche conduite dans le cadre du projet de réserve de biosphère, atoll de Fakarava, Tuamotu, Polynésie française. Communication présentée au colloque de la commission de géographie culturelle. Union géographique internationale, Rio de Janeiro juin 2003.

Gabrié, C. (1998). L'État des récifs coralliens en France outre-mer. Nouvelle-Calédonie, Wallis et Futuna, Polynésie française, Clipperton, Guadeloupe, Martinique, Mayotte, La Réunion, Iles Éparses de l'Océan Indien. Ministère de L'Aménagement du Territoire et de L'Environnement Secrétariat d'état à l'Outre-Mer. 136 pp (English summary also available).

Salvat, B. (ed.) (2001). Etat des récifs du Sud Est et du Centre Pacifique en 2000 : le réseau Polynesia Mana. Fondation Naturalia Polynesia, Papeete Tahiti 217 p.

Salvat, B., Hutchings, P., Aubanel, A., Tatarata, M. and Dauphin, C. (2001). French Polynesia coral reefs : status and resources report. in Status of Coral Reefs 2000 in Southeast and Central Pacific « Polynesia Mana » network. Fondation Naturalia Polynesia, Papeete, Tahiti, 2001, B. Salvat ed., p 31-60.

Salvat B. et Aubanel A. (2002). La gestion des récifs coralliens de la Polynésie française. Revue d'écologique Terre et Vie, 2002, 54, 3-4, p 193-251.

Salvat, B., Chancerelle, Y., Schrimm, M., Morancy, R., Porcher, M. et Aubanel, A. (2002). – Restauration d'une zone corallienne dégradée et implantation d'un jardin corallien à Bora Bora, Polynésie française. Revue d'écologie, Terre et Vie, 2002, suppl. 9, p.81-96.

Vieux C., Fisk D., Petelo P., Aubanel A., Power M., Salvat B., (2004). Regional coral reef monitoring programs and status reports in the South East and central Pacific, Polynesia Mana node, sous presse, in Status of Coral Reefs of the World 2004, C. Wilkinson.

Wilkinson, C.R (ed.) (1998). Status of Coral Reefs of the World : 1998. Global Coral Reef Monitoring Network, Australian Institute of Marine Science, Townsville : 184 p

Wilkinson, C.R (ed.) (2000). Status of Coral Reefs of the World : 2000. Global Coral Reef Monitoring Network, United States Coral Reef Task Force, Australian Institute of Marine Science, Townsville: 363 p

Wilkinson, C.R (ed.) (2002). Status of Coral Reefs of the World : 2002. Global Coral Reef Monitoring Network, United States Coral Reef Task Force, Australian Institute of Marine Science Townsville 378 p

La culture des huîtres perlières *Pinctada margaritifera* en Polynésie française. Situation du secteur et apports de la recherche

D. BUESTEL [1] et S. LANGY [2]

[1] Ifremer, COP, BP 7004, Taravao, 98719 Tahiti, Polynésie française, Dominique.Buestel@ifremer.fr

[2] Ministère de la Promotion des Ressources Naturelles, BP 2551, Papeete, 98713 Tahiti, Polynésie française

Introduction

La culture de l'huître perlière ou perliculture a pris une importance socio-économique considérable en Polynésie française. Elle constitue après le tourisme la deuxième ressource de Polynésie et procure plusieurs milliers d'emplois dans une trentaine d'îles. La perle de Tahiti, produit de luxe et de rêve, contribue aussi à la renommée internationale de la Polynésie. Le développement rapide de cette activité a entraîné pour le secteur des difficultés d'ordre essentiellement commerciales. Nous décrirons brièvement dans ce travail la situation du secteur, les remèdes mis en œuvre pour contrer les difficultés actuelles et la façon dont la recherche pourrait contribuer à améliorer la situation.

Situation du secteur de la perliculture en Polynésie française

Evolution de la production

La perliculture est une activité récente en Polynésie. Elle s'est développée très rapidement depuis les années 1970 en trois phases (figure 1):

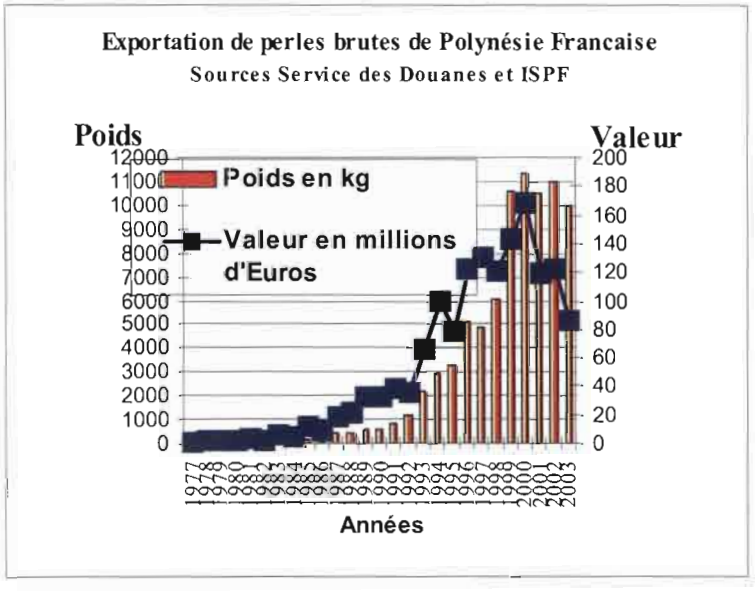


Figure 1 : Evolution des exportations de perles brutes de Polynésie française

Phase de mise au point : une première phase pionnière a lieu de 1970 à 1985 qui voit la production d'une quantité significative d'environ 200 kg de perles.

Phase d'expansion : une phase de développement exponentiel de la production atteint son apogée en 2000. La perliculture s'est alors développée dans une trentaine d'atolls des archipels des îles Tuamotu et Gambier et également dans quelques îles hautes de l'archipel de la Société.

Il existait alors quelques 68 grosses fermes de plus de 30 ha produisant 80% de la production de perles, 255 fermes de taille moyenne, entre 5 et 30 ha, et 753 petites fermes de moins de 5 ha. Le tonnage de perles brutes exportées en 2000 dépassait 11 tonnes pour une valeur de 168 millions d'Euros (20 milliards de F.CFP) faisant de la Polynésie le premier exportateur de perles « noires » brutes dans le monde. A cette époque la perliculture générait environ 7000 emplois essentiellement dans les atolls.

Phase de recul : une crise due à une baisse importante du prix des perles s'est déclarée en 2001. Pour des tonnages exportés respectifs de 10,5 tonnes et 11 tonnes en 2001 et 2002, les valeurs à l'exportation se situaient à 119 et 122,3 millions d'Euros.

Causes de la crise et mesures de lutte

Les causes de la crise sont multiples et complexes. Très schématiquement il y a eu une production de perles trop importante et trop rapide qui a entraîné une commercialisation anarchique. En parallèle cette augmentation incontrôlée de la production a entraîné une diminution générale de la qualité. De plus une mauvaise conjoncture économique internationale n'a pas facilité les choses.

La baisse brutale de la valeur des exportations en 2001 a provoqué une prise de conscience de la nécessité de réguler la production et d'organiser le marché. Un ministère de la perliculture est créé et de nombreuses mesures sont prises pour maîtriser la production et la commercialisation. Les règles du négoce des perles, instituées en 1998 avec la mise en place d'une carte de négociant en perles de culture de Tahiti, sont consolidées. Sont ensuite définies des règles relatives à la classification, la commercialisation et aux formalités d'exportation des perles de culture de Tahiti. Un assainissement de l'occupation de l'espace maritime est engagé avec un recensement général des exploitations. Un effort est fait pour professionnaliser le métier de perliculteur et une carte de producteur de perles de culture de Tahiti est instituée en 2002 distinguant deux activités définies par un cahier des charges précis : celle de producteur d'huîtres perlières et celle de producteur de perles. Une formation minimum est exigée pour posséder ces cartes. Enfin un effort soutenu de promotion du produit est réalisé par le GIE Perles de Tahiti.

Situation actuelle du secteur de la perliculture

Le recensement des concessions maritimes de 2002 à 2003 a permis de dénombrer 1 151 exploitants répartis pour moitié environ entre producteurs d'huîtres perlières et producteurs de perles de culture de Tahiti. La surface exploitée hors captage de naissain représente 14 000 hectares sur 30 sites de production.

Le cumul des exportations de perles brutes sur l'année 2003 en valeur est de 84,7 millions d'Euros (source ISPF) contre 122,3 en 2002 soit une diminution de 30,7%. Le prix de la perle a continué à baisser en 2003, atteignant son plus bas niveau avec un prix moyen au gramme de 8,5 Euros contre 11,1 en 2002. Cependant, les derniers chiffres à l'exportation connus des mois de mars et avril 2004 indiquent une amélioration avec une remontée du cours de la perle aux alentours de 10 Euros le gramme.

Apports de la recherche : bref historique

Une première étape zootechnique réalisée par les pouvoirs publics a consisté au début du développement à la mise au point des pratiques de captage de naissains et d'élevage, la production de naissains en écloserie étant étudiée en complément.

Ce sont des alertes comme les mortalités massives de 1985-1986, en particulier à Takapoto, qui ont justifié, à partir de 1990, le lancement du Programme Général de Recherche sur la Nacre (PGRN) fédérant de nombreux organismes du Territoire et de métropole. La recherche s'est d'abord focalisée sur la pathologie et sur la connaissance et la compréhension du fonctionnement de l'écosystème dans lequel se pratiquait la perliculture. Les principales conclusions du PGRN ont été présentées lors d'un symposium en octobre 1999. Sur le plan de la pathologie, les recherches effectuées n'ont pas mis en évidence d'agents pathogènes pouvant expliquer les mortalités ponctuelles

observées. Il a été montré que le potentiel nutritif du lagon atelier de Takapoto ne constituait pas un facteur limitant de l'activité d'élevage des huîtres perlières. Ces recherches ont par ailleurs permis de faire des progrès importants dans la connaissance de la biologie et de l'écologie de l'espèce.

Par la suite, une étude des ressources génétiques des populations d'huîtres perlières a montré une évolution depuis 20 ans avec une tendance à l'homogénéisation des populations autrefois différenciées due aux transferts inter îles de naissains. Depuis 2001, les recherches ont été réorientées vers les besoins sur le terrain des perliculteurs. Un réseau de suivi de croissance mené sur 3 années a permis de suivre différents paramètres biologiques et écologiques pour dresser un « bilan de santé » des atolls étudiés. L'amélioration de la zootechnie a été poursuivie et l'impact des fermes sur l'environnement étudié. Les travaux d'amélioration de la greffe ont montré toute la complexité de l'opération, dont la réussite est plurifactorielle.

Constats qui orientent la recherche actuelle

Sur le plan biologique, des signes de dysfonctionnement sont apparus ces dix dernières années. Ils peuvent être évidents comme la dispersion des bio salissures (anémones) ou la baisse de la variabilité génétique des populations d'huître perlières dues toutes deux aux transferts non contrôlés de naissains. Ils peuvent être plus diffus comme le montre l'abandon de certains sites «épuisés» comme Takapoto et Manihi au profit d'autres sites réputés plus productifs (Takaroa et Ahe par exemple). De plus, si les huîtres ont échappé jusqu'alors aux épizooties, les risques de maladies sont toujours à craindre (mauvaises pratiques, contamination venant de l'extérieur).

Sur le plan environnemental, force est de constater une modification des milieux lagonaires ou terrestres liée directement ou indirectement à l'activité perlière. Une évaluation des impacts à plus ou moins long terme permettra de dégager des solutions alternatives pour maintenir l'activité dans son environnement et en cohabitation avec d'autres secteurs.

Sur le plan de la production les efforts pour réorganiser les secteurs de la production et du négoce sont en cours avec des signes encourageants puisqu'une remontée des cours a eu lieu début 2004.

Dans le contexte actuel, une recherche finalisée et appliquée doit contribuer au soutien des entreprises en leur fournissant des outils permettant d'améliorer leur rentabilité. Il faut aussi accompagner la réorganisation d'actions qui contribueront à sécuriser et pérenniser l'activité.

Recherches visant à renforcer la rentabilité des exploitations

Domestication de l'espèce : maîtrise de la reproduction et sélection génétique

L'objectif est de contrôler toutes les phases de la reproduction en laboratoire : conditionnement des reproducteurs, ponte, maîtrise des croisements, élevage larvaire et élevage des juvéniles et adultes. Le but est de pouvoir sélectionner et élever des animaux ayant des caractères intéressants du point de vue économique. L'Ifremer et le Service de la Perliculture (PRL) travaillent en collaboration sur ce projet dans les écloseries expérimentales de Vairao et de Rangiroa.

Une première mise en pratique a été réalisée en cytogénétique pour obtenir un lot expérimental d'huîtres perlières triploïdes (huîtres dont les cellules possèdent trois génomes de base au lieu de deux chez les individus ordinaires diploïdes). Chez d'autres espèces de mollusques, les individus triploïdes sont stériles et ont une croissance accélérée. Les expérimentations en cours permettront de vérifier si les huîtres perlières triploïdes ont bien les mêmes caractéristiques. Chez l'huître perlière, l'accélération de la croissance permettrait de réduire les coûts de production. De plus l'utilisation de naissain triploïde stérile dans les atolls non producteurs de naissain pourrait limiter les risques de « pollution génétique » des ressources dont dispose la Polynésie. Ce travail de sélection génétique se poursuivra par des recherches sur d'autres critères de sélection et, en particulier, la couleur des perles.

Des recherches sont effectuées en complément dans le domaine de la cryoconservation du sperme d'huître perlière. La possibilité de congeler du sperme d'huîtres perlières facilitera l'avancement des programmes d'amélioration génétique par la sélection et autorisera la conservation à faible coût des génotypes d'huîtres perlières d'intérêt perlicole.

Amélioration de la greffe et de la qualité des perles

Optimisation de la greffe

La greffe est une étape cruciale de la perliculture mais elle reste encore empirique et son succès est encore très variable aussi bien en terme de rejets du nucléus et de mortalité que de qualité des perles produites.

Un travail préliminaire a consisté en la recherche des paramètres influençant la qualité de la greffe : étapes pré opératoires, technique de découpe du greffon et greffe. Par la suite un travail visant à sécuriser les étapes post-opératoires de greffe (diminution des rejets et des mortalités) par la recherche de méthodes prophylactiques a commencé en 2003. Il s'agit dans un premier temps d'inventorier les organismes infectieux (parasites, bactéries..), éventuellement associés aux opérations de greffe, d'étudier expérimentalement leur impact sur les mortalités et de rechercher des méthodes prophylactiques adaptées. En parallèle, des molécules ayant des propriétés bactériostatiques et cicatrisantes sont testées. Ces travaux en cours sont effectués dans le cadre d'expérimentations très appliquées sur la greffe, réalisées à la demande des professionnels et conventionnées entre l'Ifremer et le Service de la Perliculture.

Amélioration de la qualité des perles

La production abondante de perles à défauts constitue une perte économique importante. L'étude des défauts des perles (piqûres, comètes, boursouflures, cerclage ...) sera entreprise pour essayer d'en comprendre l'origine et d'en diminuer la fréquence d'apparition. Ce travail pluridisciplinaire initié en 2004 nécessitera une collaboration étroite de spécialistes en biologie et en bio minéralogie.

La qualité des perles produites reste aussi fortement tributaire de celle du nucleus introduit lors de la greffe. Dans cette optique, plusieurs programmes ont été initiés par le Service de la Perliculture afin d'évaluer les différentes qualités de nuclei disponibles sur le marché et de ce fait aboutir à une homogénéisation de la qualité. En parallèle, une réglementation stricte visant à interdire l'importation des nucléi non conformes (nuclei fabriqués à partir de coquille de Bénitier *Tridacna gigas*) est en cours de mise en place. Des équipements permettant de détecter les différentes origines de nuclei seront utilisés pour prévenir l'importation de ces produits prohibés.

Ces efforts visant à améliorer la qualité des perles de culture de Polynésie seront à terme concrétisés par la mise en place d'un « label qualité », révélé par un marquage spécifique de chaque perle.

Amélioration des pratiques zootechniques

Les bio salissures et les anémones en particulier constituent une gêne considérable pour les élevages et engendrent un surcoût important. Un travail analysant l'impact des salissures et des méthodes de nettoyage utilisées a été réalisé par le PRL. Un nouveau système de nettoyage, basé sur l'ébouillantage des huîtres (bain d'eau de mer à 95°C pendant 3 secondes), alternatif aux méthodes de nettoyage « traditionnelles » élaborées par le PRL, a été testé expérimentalement à l'Ifremer. Des tests en vraie grandeur avec une machine adaptée seront faits en 2004 chez des professionnels sous le contrôle du PRL. La possibilité d'utiliser des substances biologiques anti-salissures (exo-polysaccharides bactériens) sera également testée à partir de 2004 (Ifremer COP, Ifremer Brest, PRL).

Les huîtres perlières, fragilisées par les nettoyages et les opérations de greffe, constituent des cibles faciles pour les prédateurs et le manque à gagner peut se révéler important lorsqu'il s'agit d'huîtres greffées. Aussi, la recherche de moyens de lutte contre les prédateurs est-elle toujours d'actualité.

Recherches visant à pérenniser la perliculture

Optimisation du captage de naissains d'huître perlière

Les premières connaissances du cycle de reproduction de l'huître perlière acquises lors du PGRN ont été utilisées en première approche pour améliorer le captage de naissains mais cette pratique reste toujours très empirique sur le terrain.

L'écologie larvaire planctonique de l'huître perlière, qui n'est pas connue, est d'un grand intérêt scientifique. De plus, en aboutissant à la mise au point d'une méthode prévisionnelle de la fixation des larves, cette étude pourrait permettre d'optimiser le captage du naissain. Cela aurait pour avantage de diminuer le nombre de collecteurs à poser avec pour conséquence une réduction des coûts et une limitation de la surcharge en collecteurs, défavorable au milieu. Les premiers travaux d'identification des larves et d'échantillonnage du plancton ont commencé en 2004 (Ifremer, PRL). Ce travail s'insérerait dans le cadre d'un programme plus vaste en préparation, intitulé : « Modélisation des processus hydrodynamiques et biologiques contrôlant le recrutement et la dispersion larvaire d'organismes coralliens dans les milieux lagonaire, récifal et océanique de Polynésie » (partenariat IRD, UPF, Service de la Perliculture, Service de la Pêche, EPHE, CPS, Ifremer...).

Une autre approche d'optimisation du captage à partir des larves produites en écloserie est envisagée. Des larves marquées et fixées sur des collecteurs replacés dans le milieu restent identifiables après plusieurs mois. Cette technique de marquage permettrait de vérifier l'impact de relâcher de larves dans le milieu.

Etude de l'impact des élevages d'huître perlière sur l'écosystème

Certains lagons perlicoles ont subi une évolution négative au point d'être abandonnés par les perliculteurs qui ont délocalisé leurs fermes. La compréhension de ces dysfonctionnements permettrait de mieux définir les conditions d'une exploitation rationnelle et durable des lagons perlicoles. Une étude dont l'objectif est de rechercher les causes de ces perturbations, en relation avec des causes internes directement liées aux activités des fermes perlières ou externes telles que la modification de l'hydro-climat en général, a été proposée au financement du Fond Européen de développement (FED). Les résultats attendus sont la description de l'évolution trophique des lagons exploités en perliculture, l'identification de paramètres synthétiques comme indicateurs environnementaux des sites et enfin, l'estimation du seuil de tolérance d'un lagon aux impacts anthropiques et plus particulièrement perlicoles.

L'évaluation des impacts de l'activité perlière sur le milieu est prévue dans des îles fortement exploitées pour définir le seuil de charge tolérable pour la perliculture et l'implantation d'autres activités lagonaires.

Recherches visant à sécuriser la perliculture

Réseau de veille zoosanitaire

Si des maladies n'ont pas été explicitement détectées durant le développement de la perliculture en Polynésie, des phénomènes de mortalité plus ou moins importants ont eu lieu sporadiquement. Comme pour tous les élevages de mollusques, les risques d'apparition de maladies sont toujours à craindre. Ils peuvent être d'origine interne lorsque des mauvaises pratiques d'élevage affaiblissent les animaux et les rendent plus sensibles aux agents pathogènes. Il y a aussi des risques de transmission d'agents pathogènes provenant de l'étranger, par exemple par le biais d'outils de greffe mal désinfectés. Une action de sécurisation de la production, basée sur la prévention, consiste à mettre en place un réseau de surveillance des maladies. Ce réseau de veille zoosanitaire, mis en place en 2003, est piloté par le service de la perliculture. Il bénéficie de l'appui de l'Ifremer qui apporte une expertise dans le domaine des maladies des mollusques.

Les objectifs de ce réseau sont de connaître la situation zoosanitaire des huîtres perlières en élevage, de prévenir l'introduction ou l'apparition d'agents infectieux, de prévenir leur propagation à l'intérieur d'une zone d'élevage, d'étudier les moyens de limiter leur impact, de surveiller leur

évolution et enfin de sécuriser les échanges entre les zones d'élevage. Ce réseau se doit aussi de faire une veille technologique pour savoir quelle est la situation zoo sanitaire dans les principaux pays producteurs de perles et spécialement ceux qui nous envoient des greffeurs.

Conservation de la variabilité génétique des populations d'huître perlière

En prolongement de l'étude qui a montré une baisse de la diversité génétique des huîtres perlières ces 20 dernières années, une recherche des souches isolées et encore bien différenciées doit être effectuée pour assurer la conservation de ce patrimoine génétique. Cette recherche doit s'appuyer sur l'acquisition de nouveaux marqueurs génétiques utilisables dans un futur conservatoire de souches. Aussi, des marqueurs microsatellites spécifiques à *Pinctada margaritifera* ont été développés. Ils pourront être utilisés aussi bien pour la caractérisation génétique des différentes populations et l'identification de populations originales que pour les analyses de parenté en écloserie.

Conclusion

La perliculture est une activité de première importance pour la Polynésie française qui a été en 2002 le premier exportateur mondial de perles de culture brutes avec 26% de part de marché devant l'Indonésie (22%) et l'Australie (20%). La valeur exportée en 2003 a été de 84,7 millions d'Euros (10 milliards de F.CFP) ce qui est considérable et essentiel pour l'économie de la Polynésie française. La volonté de la Polynésie de contrôler la situation, avec les nombreuses mesures prises pour assainir aussi bien la production que la commercialisation, devrait porter ses fruits dans les prochaines années comme le montrent les signes encourageants observés en mars et avril 2004 avec une remontée des cours de la perle.

Cependant, il est très probable que la remontée des prix des perles sera lente et certainement limitée du fait d'une concurrence internationale qui s'accroît. Dans ce contexte, la tendance à la production de masse de perles de qualité médiocre qui se fait jour risque d'être confrontée à une concurrence féroce de la part des autres pays producteurs. Le retour à une production limitée de perles de qualité certifiée est probablement la voie la plus judicieuse pour redresser la situation actuelle et mieux valoriser le produit.

Durant la période d'expansion de la perliculture, la recherche appliquée n'est pas apparue comme primordiale. Dans un monde qui devient de plus en plus concurrentiel, la recherche devient nécessaire. Les travaux de recherche prévus, définis en concertation avec la profession et les Services de la Polynésie, doivent contribuer au soutien de l'activité de perliculture. Leur objectif global est de fournir des méthodes permettant de sécuriser et pérenniser la production et des outils permettant d'améliorer la rentabilité des entreprises, le maître mot étant « Amélioration de la Qualité ».

L'aquaculture de crevettes en Nouvelle-Calédonie. Un exemple d'intégration Recherche-Développement

Yves HARACHE et Alain HERBLAND
IFREMER, Laboratoire Aquacole de Calédonie, BP 2059, 98846 Nouméa cedex, Nouvelle-Calédonie,
yves.harache@ifremer.fr

Historique et dynamique de développement de la filière

L'aquaculture de crevettes en Nouvelle Calédonie est le fruit de trente ans de recherches, menées en étroite collaboration avec le Centre Océanologique du Pacifique (CNEXO puis IFREMER). Les institutions locales de Nouvelle-Calédonie se sont impliquées dès le départ dans le soutien à un programme de recherche-développement, conduisant à un accroissement raisonné de l'activité, impliquant tous les partenaires. Elle repose sur la production d'une seule espèce *Litopenaeus stylirostris*, crevette originaire d'Amérique Centrale, dont l'aptitude à l'aquaculture a été testée au cours des années soixante dix par rapport aux espèces locales capturées dans la mangrove. Elle s'est avérée bien adaptée aux conditions climatiques de la Nouvelle-Calédonie qui présentent des fluctuations saisonnières marquées entre l'été et l'hiver.

En 2004 la filière compte 4 écloseries, 17 fermes, regroupées pour la plupart dans un Groupement de Producteurs (Groupement des Fermes Aquacoles), une usine de conditionnement et 2 producteurs d'aliment. La surface totale de bassins de grossissement est aujourd'hui de 662 ha et la production annuelle de 2100 tonnes (2003/2004). Plus des trois-quarts de la production est exportée vers la France, le Japon et l'Australie (figure 1).

A l'horizon 2010, il est prévu d'atteindre une production de 5000 tonnes pour une superficie de bassins de 1000ha. Les nouveaux projets sont principalement développés en Province Nord. Il est également prévu l'ouverture de 2 nouvelles usines de conditionnement d'une capacité totale de 52 tonnes par jour, (figure 1).

Figure 1 : Distribution des fermes aquacoles en Nouvelle-Calédonie.
Phase de développement: 4 écloseries, 17 fermes, 662 ha, 2100 t en 2003/2004
Phase de « consolidation » 2004-2010 : 5000 t / 1000 ha attendus

Une production qui vise la qualité et la durabilité

La production Calédonienne, du fait de coûts structurels de production élevés par rapport à la concurrence mondiale a fait le choix de se positionner sur un produit haut de gamme, visant dès le départ des objectifs de sécurité alimentaire, de qualité et de respect de l'environnement deux éléments qui s'inscrivent dans la démarche du développement durable. La profession s'est donc organisée et a élaboré un cahier des charges très exigeant.

C'est ainsi que les fermes doivent être implantées en bordure de lagon, derrière la mangrove (les « tannes »), dans des zones à très faible densité de population, indemnes de toute pollution par des rejets urbains ou industriels. Elles doivent aussi être suffisamment éloignées les unes des autres ou situées dans des baies différentes, de manière à éviter les concentrations de matière organique et diminuer les risques de contamination en cas d'apparition de maladies.

Le fond des bassins (de 1 à 10ha chacun) doit être naturel, la densité d'ensemencement limitée à 40 post larves/m^2 et la charge en crevettes ne jamais dépasser 4 tonnes/Ha, (figure 2). La durée d'élevage avant récolte doit être au moins de 120 jours après la métamorphose et un « assec » d'un mois minimum doit être observé entre 2 élevages successifs pour favoriser la minéralisation de la matière organique résiduelle.

L'usage des engrais organiques est proscrit (phosphore, silice). De même, l'utilisation d'antibiotiques dans les aliments est interdite. Les aliments doivent être certifiés sans farines de viande ou de poudre d'os d'origine terrestre.

La pêche, le transport à l'usine de conditionnement et les ateliers de transformation répondent aux exigences des directives communautaires européennes et arrêtés français en vigueur, pour l'hygiène du matériel et du personnel, le respect de la chaîne du froid et la qualité bactériologique et physiologique de l'eau employée.

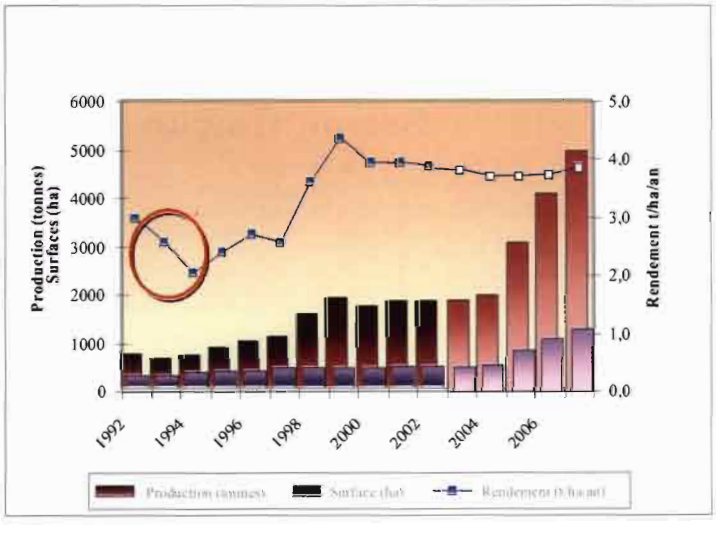


Figure 2 : Evolution de la production de crevette, des surfaces cultivées et des rendements en Nouvelle-Calédonie.
Le nombre de fermes, la surface exploitée et la production augmenteront très significativement au cours des 4 prochaines années, alors que le niveau d'intensification restera constant.

Problèmes et facteurs limitant de la filière

Les espèces aquatiques sont étroitement dépendantes des fluctuations du milieu dans lequel elles vivent, et il est fréquemment observé dans plusieurs productions aquacoles des difficultés saisonnières se traduisant par des périodes de fragilité des animaux, accompagnées de mortalités, parfois associées à des pathogènes : mortalités estivales de Salmonidés en Bretagne, de bars en Méditerranée et d'huîtres sur le littoral atlantique (Samain et al. 2004).

Malgré toutes les précautions prises en Nouvelle-Calédonie, un certain nombre de difficultés sont apparues au cours des dix dernières années. Cependant, du fait de son insularité et de l'arrêt très précoce de l'importation de matériel vivant, il faut noter que la crevetticulture calédonienne est restée à l'abri des principales maladies à virus, affectant les productions de façon quasi systématique de l'Amérique du Sud à l'Asie.

Les principaux problèmes auxquels la filière est confrontée sont les suivants :

- Le syndrome 93. Des mortalités saisonnières importantes sont apparues au cours de l'hiver 1993 dans la quasi totalité des exploitations. Associées à des chutes brutales des températures à l'intersaison été-hiver (figure 3), parfois à l'intersaison hiver-été et intitulées "Syndrome 93", elles sont caractérisées par une pathologie bactérienne à Vibrios (*Vibrio penaeicida,* Goarant 2000). Ces mortalités sont apparues sur pratiquement tous les sites de production, de façon systématique, réduisant la survie du cycle hivernal aux alentours de 30-40% (Mermoud et al. 1998). Confrontée à ce problème récurrent, la quasi-totalité des fermes a opté pour une production saisonnière, abandonnant le cycle de production hivernal. Ceci a des répercussions négatives sur l'organisation de la production : fourniture de post-larves pour toutes les fermes au même moment et mise sur le marché saisonnière.

- Une vibriose de saison chaude. Plus récemment, au cours de l'été 1997, une nouvelle pathologie bactérienne est apparue dans une ferme de production au cours de la saison chaude (figure 3). Elle est associée à un autre germe proche du précédent, *Vibrio nigripulchritudo*. Elle s'y est reproduite chaque année depuis, affectant tous les bassins ensemencés, se soldant par des survies de l'ordre de 25-40% contre 60-80% pour les autres sites. Elle a été observée récemment dans une autre ferme, voisine de la première, alors que *V. nigripulchritudo* a été identifié sur d'autres sites sans que la maladie ne se développe (Goarant & al. 2003).

- Une faible variabilité génétique résiduelle. La diversité allélique et le niveau d'hétérozygotie de la souche néocalédonienne, reproduite en captivité depuis 26 générations à partir d'un nombre limité de « fondateurs », s'avèrent très réduits par rapport aux populations sauvages d'Amérique. Cette faible variabilité expose le cheptel calédonien au risque de ne pas être capable de répondre à certaines pressions de sélection.

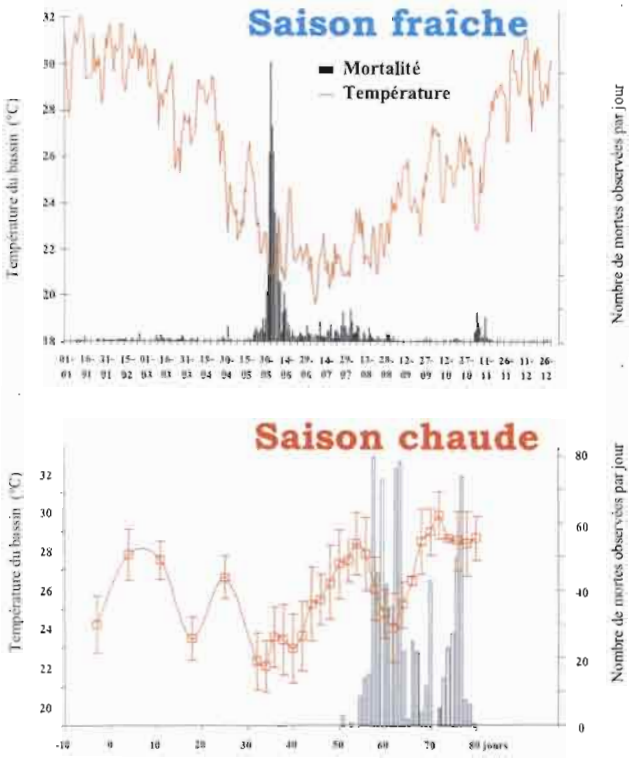


Figure 3 : L'apparition des mortalités (histogrammes) aux deux saisons et l'évolution de la température de l'eau.
En saison fraîche les mortalités apparaissent autour de 22°C et en été autour de 27°C, mais d'autres facteurs interviennent dans le déclenchement des maladies.

L'évolution de la Recherche

La recherche se concentre aujourd'hui sur la compréhension des «crises saisonnières de la production» et une meilleure compréhension de la dynamique d'évolution de l'écosystème afin d'apporter des améliorations aux procédures d'élevage.

A partir des recherches menées au Laboratoire Aquacole de Calédonie depuis plusieurs années on peut dresser le constat suivant :

- Il n'apparaît pas d'explication simple aux phénomènes observés : si les études de pathologie expérimentale ont confirmé le caractère pathogène des deux germes incriminés (Goarant & al. 2000), il est apparu que les approches restaient trop cloisonnées et ne permettaient pas une compréhension globale de la dynamique des phénomènes observés. Or cette compréhension est nécessaire pour tenter d'apporter des solutions « de sortie de crise » utilisables pour la production.
- L'environnement des bassins d'élevage se caractérise par de fortes variations, constituant de probables sources de stress de la crevette. En hiver, l'effondrement brutal des températures et les fortes fluctuations enregistrées, souvent associés à des fortes variations de blooms phytoplanctoniques, elles mêmes liées à des variations nycthémérales importantes de l'oxygène dissous et du pH, sont susceptibles d'affecter la résistance des animaux (Lefèvre 1997, Lemonnier et al. 2003). Lors des mois d'été, la montée des températures, associée à un enrichissement du milieu en matière organique du fait des charges croissantes des animaux en élevage, est susceptible de créer des conditions favorables à la prolifération bactérienne. Mais l'appréciation de l'impact des pratiques culturales (renouvellement, gestion des blooms, oxygénation) reste encore empirique.
- Un pathogène virulent a été observé pour chaque mortalité saisonnière, mais les raisons de l'expression de la virulence restent peu documentées. Pour les mortalités de saison chaude, le même *Vibrio* a été observé -avec une faible prévalence- dans plusieurs autres sites sans qu'il y soit associé au déclenchement de mortalités anormales. La reproductibilité des crises sur un même site, pose le problème de la rémanence de la souche, dans laquelle le sédiment joue probablement un rôle important.
- Les réponses physiologiques de la crevette aux fluctuations amples et brusques et leur environnement sont mal connue, en particulier lors des périodes de mue (Le Moullac et al. 1998, Mugnier et Soyez 2001). Par exemple il est probable que les besoins nutritionnels de *L. stylisrostris* varient au cours de l'année et qu'ils puissent être critiques en saison froide (Chim et al. 2001).
- Enfin, on ne peut exclure une possible perte d'adaptabilité de la « souche calédonienne » due à la domestication sur une longue période à partir d'un effectif fondateur restreint (Goyard et al. sous presse).

Seule une approche coordonnée de l'ensemble des composantes de « l'écosystème aquacole » est susceptible de mieux cerner les interactions entre le milieu, la crevette et le pathogène, pour ensuite formuler des hypothèses qui puissent être validées par une approche expérimentale, avant de pouvoir apporter des solutions concrètes. C'est cette démarche qui a prévalu dans la conception d'un programme à quatre ans, intitulé DESANS (DEfi SANté Stylirostris), dont l'ambition est de fédérer les compétences existantes en Nouvelle-Calédonie et celles de laboratoires thématiques de l'IFREMER en métropole.

Le programme DESANS : DEfi SANté Stylirostris

Il a été conçu autour d'actions dépendantes les unes des autres et complémentaires dans la durée :

Mise au point et optimisation d'outils et méthodes :

- Etablissement et entretien d'une banque de bactéries observées sur les sites d'élevage. Identification de souches de *Vibrio*.
- Standardisation de tests de pathogénicité et caractérisation expérimentale du pouvoir pathogène des souches.

- Acquisition de descripteurs de l'état physiologique et immunitaire des crevettes.
- Adaptation de dispositifs d'enregistrement en continu des paramètres du milieu.

Caractérisation du phénomène « in situ » :

Un effort particulier est dévolu à la description d'apparition des dynamiques de mortalités dans les bassins, en saison chaude comme en saison froide, en intégrant une approche pluridisciplinaire sur les points suivants :

- Etat de santé des crevettes : paramètres sanguins et nutritionnels, intégrité corporelle, par échantillonnages réguliers en plusieurs points du bassin.
- Quantification de la dynamique d'apparition des pathogènes, dans l'eau d'arrivée, la colonne d'eau, l'eau interstitielle du sédiment et les crevettes (y compris les moribondes).
- Etude des paramètres biotiques (plancton, méiofaune) et abiotiques (physico-chimie) du milieu d'élevage, avec enregistrement automatique et manuel de nombreux paramètres.
- Recensement détaillé de tous les éléments de la gestion technique de l'élevage : enrichissements, renouvellement, apport d'oxygène, alimentation, mortalités...

Pour le Syndrome d'été : En accord avec les fermes concernées, la première opération de suivi *in situ* a été consacrée à l'étude comparative de deux sites entre octobre 2002 et janvier 2003 : la ferme (A) subissant des mortalités récurrentes depuis 1997, et une autre proche (ferme B), utilisant des pratiques d'élevage et d'intensification comparables, mais n'ayant pas subi de mortalités. Les premiers résultats montrent de nettes différences dans la physiologie des crevettes (Mugnier et al. 2004), la prévalence et le développement des Vibrios (Goarant et al. 2004) et les variables de l'environnement (Lemonnier et al. 2004).

Pour le Syndrome 93 : Une opération du même type, enrichie de l'expérience de la première campagne et réduite aux paramètres supposés les plus discriminants, s'est déroulée de mars à juin 2004 à la Station de Saint Vincent où le syndrome 93 est apparu régulièrement, comme dans toutes les fermes de Nouvelle-Calédonie.

Validation expérimentale des hypothèses :

Cette phase du programme fait appel à des approches expérimentales menées dans des bassins à fond de terre (comparaison de traitements entre bassins, en enclos ou en cages de petites dimensions) ou dans des bacs de petits volumes en conditions contrôlées.
Ses objectifs sont de décrire les réponses immédiates ou différées de l'hôte et des pathogènes aux variations qualitatives et quantitatives du milieu : effet des paramètres de l'environnement au sens large, y compris les pratiques culturales :

« Tâches » identifiées:

- *Virulence des pathogènes* : support génétique de la virulence ; organisation du génome des souches pathogènes ; épidémiologie des gènes de virulence ; pathogénie, dynamique d'infection et latence ; conditions d'expression de la virulence et de la croissance.

- *Interactions entre paramètres environnementaux et crevettes* : effets de l'environnement sur l'état physiologique et la réponse immunitaire ; quantification des réactions dues aux variations de l'environnement du bassin.

- *Bases génétiques du caractère de sensibilité des crevettes* : recherche de la variabilité individuelle ou familiale de résistance sur la souche calédonienne, ainsi que sur la future souche introduite et sur le produit du croisement des deux souches.

Etude des solutions de sortie de crise :

- *Pratiques culturales et gestion du bassin* : gestion de la densité, des déchets et des blooms ; effet de l'alimentation : dopage des proies vivantes en saison froide ou aliments fonctionnels de saison froide.

- *Génétique* : gestion de la variabilité résiduelle de la souche Calédonienne ; importation de sang neuf ; résistance individuelle ou familiale aux stress et à l'infection ; sélection pour résistance au *Vibrio*.
- *Evaluation des risques de mortalités en élevage* : synthèse des différents facteurs de risque ; analyse des données environnementales et culturales « historiques » ; mise en place d'une base de données de suivi et diagnostic des fermes pour une meilleure gestion des crises.

Un dispositif de recherche rénové

La mise en œuvre de ce programme s'accompagne d'un renforcement du potentiel de recherche présent en Nouvelle-Calédonie dans le cadre des Contrats de Développement réunissant l'Etat français et les provinces de Nouvelle-Calédonie.

IFREMER a consenti un effort substantiel, permettant de compléter les compétences existantes en Nouvelle Calédonie par l'affectation de personnel supplémentaire (passant de 17 à 28 personnes) et l'organisation du Laboratoire Aquacole de Calédonie autour de deux pôles :
- L'unité de recherche du *LAC Saint Vincent*, qui bénéficiera à l'échéance de 2005 d'installations totalement rénovées avec écloserie expérimentale, halls d'aquaculture, salles d'infections expérimentales et laboratoires de physico-chimie et microbiologie.
- L'unité de terrain du *LAC Koné* qui entrera en service en mars 2005. Sa fonction sera d'assurer l'interface avec les structures de production et les partenaires institutionnels (écoute, transfert, conseil, formation) avec la mission particulière d'établir en relation avec les utilisateurs une base de données fonctionnelle permettant une meilleure réactivité en cas de problèmes ponctuels ou lors des périodes de crise.

Un accroissement des collaborations et partenariats de recherche

La mise en œuvre de ce programme rendra indispensable un élargissement des collaborations déjà existantes en Nouvelle Calédonie : Institut Pasteur, DAVAR, IRD, UNC.

Il nécessitera également une implication accrue des laboratoires thématiques de recherche de l'IFREMER de France métropolitaine et de Tahiti : en matière de connaissance des écosystèmes aquacoles (Unité mixte CNRS/IFREMER du CREMA L'Houmeau), de génétique et de pathologie (Laboratoire de Génétique et Pathologie de la Tremblade), d'immunologie (Unité mixte CNRS/IFREMER de la DRIM/ Montpellier), de physiologie des invertébrés (Laboratoire de Physiologie des Invertébrés de Brest), de nutrition (Unité mixte IFREMER/INRA de Nutrition de Brest) ainsi que d'élaboration-gestion de bases de données ou d'automatisation de saisie des paramètres d'environnement (TMSI Brest – Techniques de Mesures et Systèmes Instrumentés).

Au delà du réseau IFREMER, il sera essentiel :
- de développer les collaborations avec un certain nombre de laboratoires universitaires métropolitains et notamment les Universités et les laboratoires rattachés de Bordeaux-Arcachon, Paris VI-Banyuls, Grenoble, Bretagne Occidentale, Caen ainsi qu'avec le Museum National d'Histoire Naturelle.
- d'établir ou de renforcer les relations avec les partenaires de recherche « régionaux » et en particulier avec l'Australie (CSIRO, AIMS, James Cook University, DPI Queensland...)

C'était l'un des buts recherchés lors du colloque « STYLI 2003 » qui s'est tenu en Nouvelle-Calédonie en juin 2003 et qui fut l'événement fondateur du programme. Un certain nombre de collaborations ont été initiées ou renforcées suite à cette opportunité.

Aquaculture-Environnement

Dans une optique de doublement de la production et dans le cadre des programmes ZONECO et PNEC qui permettront de fédérer les compétences complémentaires (IRD, CNRS, UNC...), des

recherches complémentaires sont menées, depuis fin 2004, pour caractériser et quantifier l'éventuel impact des fermes sur l'environnement lagonaire et la mangrove :
- quantification et modélisation des effluents
- description de l'effet sur la mangrove
- recherche de traceurs d'impact de l'environnement lagonaire

Enfin dans le cadre du CNRT Nickel (Centre National de Recherche Technologique), des réponses pourraient être apportées sur l'impact éventuel des activités minières sur la physiologie de la crevette et sur les possibilités d'utilisation des « sols rouges » comme sites d'élevage.

Références bibliographiques

Chim L., Lemaire P., Delaporte M., Le Moullac G., Galois R., Martin J.L.M. (2001). Could a diet enriched with n-3 highly unsaturated fatty acids be considered a promising way to enhance the immune defences and the resistance of Penaeid prawns to environmental stress? Aquaculture Research 32, 91-94.

Galinié C. (1990). Shrimp aquaculture in New Caledonia. Advances in tropical aquaculture. Actes de colloque IFREMER 9, 46-50.

Goarant C. (2000). Epidémiologie et facteurs de virulence des bactéries du genre Vibrio responsables de mortalité de crevettes d'élevage en Nouvelle-Calédonie. Perspective de lutte. Thèse de troisième cycle de l'Université de Polynésie Française. 174 p

Goarant C., Herlin J., Brizard R., Marteau A-L., Martin C., Martin B. (2000). Toxic factors of Vibrio strains pathogenic to shrimp. Diseases of Aquatic Organisms 40, 101-107

Goarant, C. ; Herlin, J. ; Ansquer, D. ; Domalain, D. ; Imbert, F., and Marteau, A. L. (2003). Bases des connaissances sur l'épidémiologie de *Vibrio nigripulchritudo*, agent étiologique du Syndrome d'été chez les crevettes d'élevage en Nouvelle-Calédonie. Rapport Interne IFREMER DRV / RST / RA / LAC 2003 – 02, 23 pages.

Goarant, C. ; J. Herlin, D. Ansquer, F. Imbert, D. Domalain, AL. Marteau (2004). Épidémiologie de Vibrio nigripulchritudo dans le cadre du Syndrome d'été : résultats préliminaires du programme DESANS. Comm. au Colloque « Styli 2003. Colloque sur la Recherche pour l'Aquaculture de Crevettes en Nouvelle Calédonie », Nouméa et Koné, 2-6 juin 2003. Actes de Colloques, IFREMER Ed.

Goyard E., Arnaud S., Vonau V., Bishoff V., Mouchel O., Pham D., Wyban J., Boudry P., Aquacop 2003. Residual genetic variability in domesticated populations of the Pacific blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) of New Caledonia, French Polynesia and Hawaii and some management recommendations, Aquatic Living Resources (sous presse).

Lefèvre J. (1997). Dynamique des communautés phytoplanctoniques dans des bassins d'élevage de crevettes en saison froide, en relation avec les épisodes de mortalité du " syndrome 93 ". Rapport de stage du DESS Environnement, Sols, Eaux continentales et Eaux Marines, Université de Caen et Rouen. 140 p.

Lemonnier, H.; Martin, J. L. M.; Brizard, R., and Herlin, J. (2003). Effect of water exchange rate on waste production in semi-intensive shrimp ponds during the cold season in New Caledonia. Journal of the World Aquaculture Society; 34(1) : 40-49.

Lemonnier et le personnel du LAC (2004). Evolution du milieu d'élevage dans le cadre du syndrome d'été : résultats préliminaires du programme DESANS. Comm. au Colloque « Styli 2003. Colloque sur la Recherche pour l'Aquaculture de Crevettes en Nouvelle Calédonie », Nouméa et Koné, 2-6 juin 2003. Actes de Colloques, IFREMER Ed.

Le Moullac G., Soyez C., Saulnier D., Ansquer D., Aevarre J.-C., Levy P. (1998). Effect of hypoxic stress on the immune response and the resistance to vibriosis of the shrimp *Penaeus stylirostris*. Fish and Shellfish Immunology, 8, 621-629.

Mermoud I., Costa R. , Ferré O. , Goarant C. , Haffner P. (1998). Syndrome 93 in New Caledonian outdoor rearing ponds of *Penaeus stylirostris* : history and description of the three major outbreaks. Aquaculture. 164, 323-335

Mugnier C. and Soyez C. (2001). Effect of temperature decrease, hypoxia and molt stage on osmoregulatory capacity and survival in the penaeid shrimp *Litopeneaus stylirostris*. In Fifth International Crustacean Congress. Melbourne 9-13 July, Melbourne, Australia.

Mugnier C., Justou C. et le personnel du LAC (2004). La crevette et le syndrome d'été en Nouvelle-Calédonie : quelles réponses physiologiques et immunitaires ? Résultats préliminaires du programme DESANS. Comm. au Colloque « Styli 2003. Colloque sur la Recherche pour l'Aquaculture de Crevettes en Nouvelle Calédonie », Nouméa et Koné, 2-6 juin 2003. Actes de Colloques, IFREMER Ed.

Ottogalli L., Galinié C., Goxe D. (1988) Reproduction in captivity of *Penaeus stylirostris* over ten generations in New Caledonia. J. Aqua. Trop. 3, 111-125.

Samain JF et al. (2004). Le soutien d'une filière aquacole par la recherche: l'exemple de la conchyliculture française et du programme MOREST (MORtalités ESTivales de l'huître *C. gigas*). Comm. au Colloque « Styli 2003. Colloque sur la Recherche pour l'Aquaculture de Crevettes en Nouvelle-Calédonie », Nouméa et Koné, 2-6 juin 2003. Actes de Colloques, IFREMER Ed.

Modélisation des effets de la variabilité du climat sur les écosystèmes pélagiques et les populations de thons

Patrick LEHODEY
Programme des Pêches Hauturières / Oceanic Fisheries Programme
Secrétariat général de la Communauté du Pacifique / Secretariat of the Pacific Community
BP D5 98848 Nouméa cedex, Nouvelle-Calédonie, Patrickl@spc.int

Résumé

Afin d'étudier les mécanismes par lesquels la variabilité climatique affecte l'écosystème pélagique et les populations de thons, un modèle spatial est développé. C'est un modèle d'écosystème à l'échelle de l'Océan Pacifique couplant interactions physiques et biologiques avec les dynamiques de plusieurs populations de thons, structurées en âge, et leurs multiples pêcheries. Plusieurs populations de proies sont décrites et contraignent, avec les variables physiques, la dynamique spatiale des populations de thons. Les données en entrées sont la température, les courants, la concentration en oxygène et la production primaire, et sont prédites par un modèle couplé physique-biogéochimique. Les simulations reproduisent à la fois les fluctuations inter-annuelles et décadales prédites indépendamment par un modèle statistique utilisant un très grand nombre de données de pêches. Le signal inter-annuel présente une corrélation avec l'Oscillation Décadale du Pacifique créant deux régimes différents caractérisés par une plus grande fréquence et intensité de phénomènes El Niño ou La Niña respectivement. Il est intéressant de noter que les impacts des signaux climatiques apparaissent opposés selon les espèces. Par exemple, un évènement El Niño semble avoir une influence positive sur le recrutement de la bonite, mais négative sur le germon.

Introduction

La demande d'intégration de la gestion des pêcheries dans un contexte plus large de gestion des écosystèmes a émergée avec la convention sur les lois de la mer approuvée en 1982 par l'organisation des Nations-Unies. Depuis lors, de nombreuses questions ont vu le jour concernant les interactions entre les ressources d'un écosystème, et le fait que ces interactions puissent parfois avoir un impact supérieur à celui des pêcheries elles-mêmes. Cette demande a été renforcée par l'agenda 21 de la conférence mondiale de Rio de Janeiro en 1992, et plus récemment encore par les conclusions de la conférence de la FAO sur les « pêcheries responsables » (Reykjavik, Islande, 1-4 Octobre 2001) et le sommet mondial sur le développement durable (Johannesburg, 2002). Lors de ce dernier sommet notamment, il a été adopté un plan d'action appelant à incorporer une approche écosystémique dans la gestion des pêcheries d'ici 2010, de protéger la biodiversité des systèmes hauturiers et de mettre en place d'ici 2012 un réseau représentatif de réserves marines.

Pour répondre à ces demandes, il est nécessaire de développer (rapidement) des modèles prenant en compte non seulement les dynamiques des espèces marines exploitées, mais également leurs interactions entre elles et avec les espèces associées, les espèces rejetées et les espèces sensibles, ainsi qu'avec leur milieu. Les modèles d'écosystèmes adaptés à une telle approche sont encore à un stade de développement précoce, ce qui s'explique par l'ampleur de la tâche ! La modélisation d'un système aussi complexe s'avère un véritable challenge d'autant que l'objectif est également d'inclure les effets

anthropiques, notamment les pêcheries, pour prendre en compte une exploitation durable des ressources marines. Un problème particulier est le niveau très inégal d'information, en terme d'observations et de connaissances, qui caractérise chacune des composantes de l'écosystème pélagique (Fig. 1), les niveaux trophiques intermédiaires étant certainement les moins bien connus.

Il est évidemment nécessaire d'employer un certain nombre de simplifications dans le développement de modèles de l'écosystème pélagique, en adaptant le niveau de détail du modèle à celui de l'information disponible. Une approche 'spatialement explicite et trophiquement agrégée semble la mieux adaptée aux écosystèmes marins hauturiers structurés par la dynamique spatiale de leur fluide en perpétuel mouvement, et pour lesquels il existe des observations détaillées dans le temps et l'espace fournies par les multiples pêcheries. Cette approche est utilisée dans le développement du modèle d'écosystème appliqué aux pêcheries thonières SEAPODYM (Spatial Ecosystem And Populations Dynamics Model).

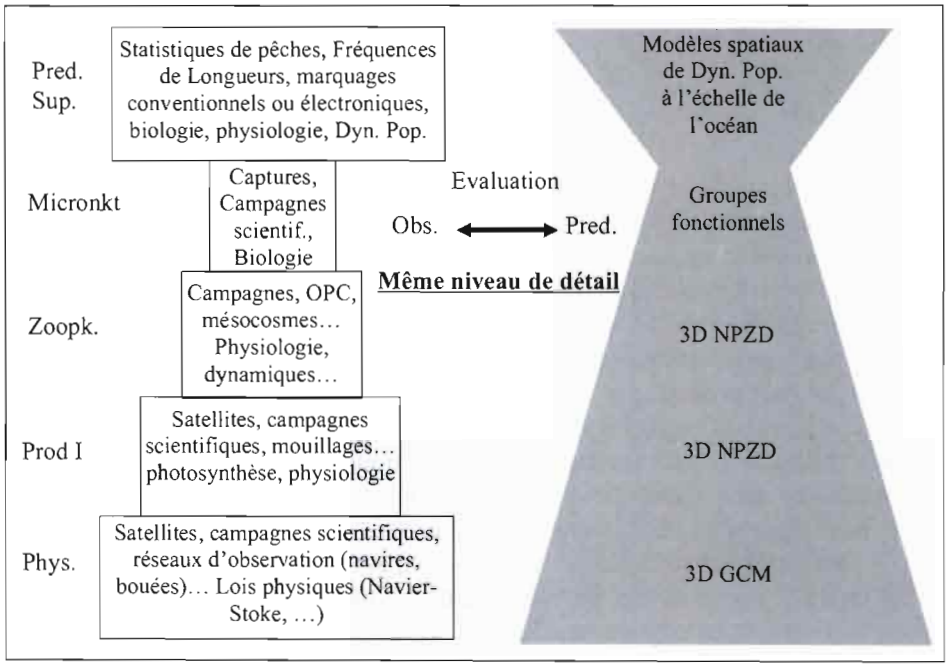


Figure 1 : Niveaux d'informations de l'écosystème pélagique et modélisations associées (Phys. : environnement physique, Prod I : production primaire, Zoopk : zooplancton, Micronkt : micronecton, Pred. Sup. : prédateurs supérieurs, Dyn. Pop. : dynamiques des populations, GCM : modèles de circulation générale, NPZD : modèle Nutrient-Phyto-Zoo-Detritus)

Le modèle SEAPODYM

Le modèle SEAPODYM (Fig. 2) couvre l'ensemble du bassin océanique à une résolution spatiale de 1 ou ½ degré. Le problème de l'interaction prédateurs-proies a été résolu de la façon la plus simple possible en intégrant au modèle la dynamique des proies sous forme de plusieurs populations d'organismes proies caractérisées par leurs habitats et comportements verticaux, et par un transfert d'énergie de la biomasse accumulée le long de la chaîne trophique (Lehodey et al. 1998, 2003; Lehodey 2004a). La dynamique des populations de thons est beaucoup plus détaillée et comporte une structure en âge avec un nombre déterminé de cohortes auxquelles sont associés classiquement des coefficients de longueurs, poids et mortalités naturelles déterminés de façon indépendante (Bertignac et al. 1998). Le traitement de la dynamique spatiale des thons et des proies est similaire et basé sur une équation d'advection-diffusion (Sibert et al, 1999), à la différence toutefois que l'advection des petits organismes proies et des larves et juvéniles de thons est due aux courants alors que celle des thons adultes dépend du gradient d'un indice d'habitat caractéristique de l'espèce. Ainsi le terme de diffusion reproduit la composante aléatoire du mouvement (en incluant la diffusion propre des masses

d'eaux), tandis que la composante advection simule le mouvement dirigé, soit en raison des courants marins, soit en fonction du comportement des individus basé sur l'hypothèse qu'ils ont la capacité de percevoir les gradients des variables qui déterminent leur habitat préférentiel (température, oxygène, densité de proies). Les mouvements des thons devenus adultes sont également affectés par un cycle saisonnier de reproduction d'autant plus fort que l'espèce a une distribution plus tempérée.

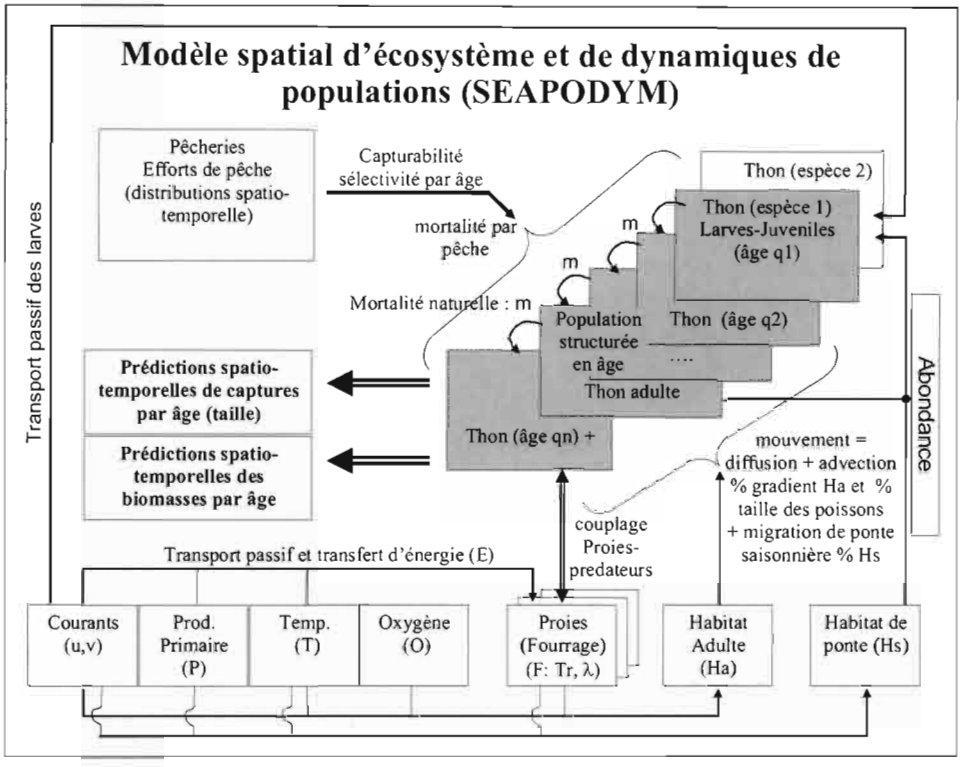


Figure 2 : Organigramme du modèle SEAPODYM

Avec l'indice d'habitat adulte qui conditionne le mouvement des thons en fonction de la distribution de leurs proies et des variables physiques, un deuxième indice d'habitat, l'habitat de ponte, est défini pour reproduire l'effet des contraintes environnementales sur la survie larvaire, et donc la variabilité du recrutement (Lehodey et al. 2003, Lehodey 2004b). La condition première à la ponte est bien évidemment la présence d'adultes. Mais toutes les études sur la reproduction des thons montrent que la maturation des gonades est corrélée à la température de l'eau. L'indice de ponte inclut donc une fonction de température N(Top, σ) centrée sur une valeur optimale. Quelques rares observations indiquent par ailleurs que des blooms de productions primaires peuvent être à l'origine de fortes concentrations de juvéniles, suggérant un rapport direct entre survie des larves et abondance de nourriture de ces larves. On peut également supposer que la survie des larves est inversement corrélée à la présence de leurs prédateurs, qui ne sont autres que les organismes proies des adultes. En fait, le synchronisme entre présence de nourriture et absence de prédateurs, connue comme l'hypothèse du 'match/mismatch' de Cushing (1995), est un des mécanismes le plus souvent proposé pour expliquer la variabilité du recrutement chez les poissons. Ce mécanisme est introduit dans l'habitat de ponte en utilisant le rapport entre production primaire et densité de proies. Une fois défini le nombre de larves qui vont survivre en fonction de leur environnement, celles-ci vont dériver avec les courants et subir une mortalité naturelle modulée, là encore, par l'indice d'habitat de ponte pendant la phase juvénile, puis par celui de l'habitat adulte pour les stades suivants. Ainsi un autre mécanisme également fréquemment proposé dans l'explication de la variabilité du recrutement est pris en compte ; celui de l'advection qui peut créer des zones favorables de rétention des larves ou au contraire les disperser dans des zones peu propices à la survie.

Finalement, la dernière étape dans la construction de ce modèle consiste à introduire les différentes pêcheries qui exploitent les populations de thons. Chaque pêcherie est définie selon

plusieurs critères, en particulier l'engin de pêche (canneurs, palangriers, senneurs, etc.) et la stratégie de pêche (par exemple : profondeur de pose des palangres, coup de senne sur des bancs libres ou associés). Une courbe de sélectivité par taille et un coefficient de capturabilité sont associés à chacune des pêcheries, et les efforts de pêche observés sont appliqués en suivant la résolution du modèle. Les captures et les mortalités par pêches qui en résultent sont calculées. Il est alors possible de comparer dans le détail les prédictions et les observations (fréquences de longueurs des captures, distributions spatiales, variabilité des rendements, etc.). Cette composante est primordiale du point de vue de l'évaluation du modèle, puisque ce sont les pêcheries qui fournissent le maximum d'observations détaillées.

Aperçu des résultats

Les résultats obtenus ces dernières années, basés à la fois sur des analyses d'observations et sur la modélisation décrite ci-dessus, ont apporté une meilleure compréhension des relations entre la variabilité environnementale et la dynamique spatiale et le recrutement, donc l'abondance, des populations de thons dans l'Océan Pacifique. Ces dynamiques ont été associées avec succès aux habitats définis pour ces espèces et apparaissent fortement influencés par les cycles climatiques tels que l'oscillation australe El Niño (ENSO).

Mouvements et dynamiques spatiales

L'analyse des statistiques de pêches et des données de marquages au cours des évènements El Niño les plus marqués ont tout d'abord mis en évidence que les stocks de thons présents dans les eaux chaudes du Pacifique équatorial Ouest, la « warm pool », profitent d'une zone de convergence entre le bord est de la warm pool et les eaux du Pacifique central refroidies par l'upwelling équatorial et beaucoup plus productives. La position de cette zone de convergence se déplace longitudinalement en réponse aux cycles ENSO, et les bancs de thons (bonites, thons jaunes) pourchassés en surface par les navires senneurs suivent ces déplacements, parfois sur plusieurs milliers de km (Lehodey *et al.* 1997). Des simulations à l'aide d'une première version du modèle SEAPODYM reproduisirent ces déplacements en contraignant la dynamique du mouvement sur un indice d'habitat combinant température et densité de proies (Lehodey 2001).

Variabilité du recrutement et fluctuations d'abondances

Les estimations de recrutement obtenues statistiquement à partir de l'ensemble des données de pêches et de marquages conventionnels suggèrent une forte corrélation là aussi avec les cycles ENSO. Ces résultats indiquent également que les différentes espèces ne répondent pas toutes de la même façon. Les stocks de thons typiquement tropicaux comme la bonite et le thon jaune profiteraient des évènements El Niño alors que ceux plus tempérés tel que le germon suivraient un schéma opposé, avec des recrutements faibles suivant les phases El Niño et fort suivant les phases La Niña. Les simulations du modèle SEAPODYM, qui intègrent les principaux mécanismes le plus souvent proposés pour expliquer la variabilité du recrutement, reproduisent ces fluctuations opposées. D'après ces simulations, le recrutement des bonites et des thons jaunes augmente durant les évènements El Niño à la fois dans le Pacifique central et dans le Pacifique ouest en raison de la combinaison de quatre mécanismes : l'extension des eaux chaudes vers l'est, une augmentation de la quantité de nourriture des larves (due à une production primaire accrue à l'ouest), une plus faible prédation de ces larves, et la rétention de ces dernières dans des zones favorables par les courants marins. La situation s'inverse pendant les évènements La Niña, lorsque la reprise de l'upwelling équatorial réduit l'habitat de ponte aux eaux de la région ouest redevenues oligotrophes. Quand toutes les conditions favorables sont rassemblées, alors des taux exceptionnels de survie des larves créent des pics de recrutements. Ce fut semble-il le cas dans la phase finale du puissant El Niño de 1997-98.

Alors que la principale zone de ponte de la bonite se situe dans la warm pool, celle du germon s'étend dans le Pacifique central de chaque côté de l'équateur, sous l'influence de la productivité de l'upwelling équatorial, en opposition de phase avec celle du Pacifique équatorial ouest. Le même mécanisme peut ainsi reproduire des fluctuations opposées dans le recrutement des différentes espèces en raison de leurs habitats de pontes différenciés. Il semble ainsi que l'évènement El Niño de 1997-98 a eu un impact très négatif sur le recrutement du germon du sud, effet qui s'est fait sentir plusieurs

années plus tard sur les taux de captures à la palangre, en raison d'un âge de première capture du germon de 4-5 ans minimum avec cet engin.

Conclusion

La gestion actuelle des stocks de thonidés par les commissions thonières internationales est basée sur l'analyse d'indices (par exemple : captures par unité d'effort, évolution du poids ou de la taille moyenne des captures) et sur celle de simulations de modèles statistiques de population plus ou moins élaborés. Si ces modèles fournissent une estimation du statut des stocks et de leur évolution depuis le début des pêcheries, ils ne fournissent pas d'information sur les mécanismes responsables des variations et ne sont donc pas prédictifs. Le modèle SEAPODYM apporte une approche complémentaire avec des capacités de prédictions importantes, puisque tous les mécanismes du modèle reposent sur des variables environnementales qui peuvent être prédites par des modèles couplés GCM-NPZD. L'optimisation du paramétrage devrait apporter un gain important dans la fiabilité des résultats, de même que l'amélioration des prédictions des modèles couplés CGM-NPZD. Le modèle SEAPODYM pourrait donc servir à prévoir les futures tendances des biomasses de populations, d'autant plus facilement que la propagation dans la population des variabilités de la survie des larves crée une forte inertie. Il peut également servir à tester les mesures potentielles de gestions en réponse aux fluctuations de ces stocks et aux développements des pêcheries, en prenant en compte les interactions entre les différentes flottilles/engins et les rétro-actions sur les autres espèces.

Références bibliographiques

Bertignac, M., Lehodey, P., and Hampton, J. (1998). A spatial population dynamics simulation model of tropical tunas using a habitat index based on environmental parameters. Fish.Oceanogr. 7: 326-335.

Cushing, D.H. (1995). The long-term relationship between zooplankton and fish. ICES J.Mar.Sci. 52: 611-626.

Lehodey, P., Bertignac,M., Hampton,J., Lewis,A., and Picaut,J. (1997). El Nino Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. Nature 389: 715-718.

Lehodey, P., Andre, J.-M., Bertignac, M., Hampton, J., Stoens, A., Menkes, C., Memery, L., and Grima, N. (1998). Predicting skipjack tuna forage distributions in the equatorial Pacific using a coupled dynamical bio-geochemical model. Fish.Oceanogr. 7: 317-325.

Lehodey, P. (2001). The pelagic ecosystem of the tropical Pacific Ocean: Dynamic spatial modelling and biological consequences of ENSO. Prog.Oceanog. 49: 439-468.

Lehodey, P., Chai, F., and Hampton, J. (2003). Modelling climate-related variability of tuna populations from a coupled ocean-biogeochemical-populations dynamics model. Fish.Oceanogr. 12: 483-494.

Lehodey P., (2004) A Spatial Ecosystem And Populations Dynamics Model (SEAPODYM) for tuna and associated oceanic top-predator species: Part I – Lower and intermediate trophic components. 17th meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish, Majuro, Republic of Marshall Islands, 9-18 Aug. 2004, Oceanic Fisheries Programme, Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia, *Working Paper*: ECO-1: 26 pp.

Lehodey P., (2004) A Spatial Ecosystem And Populations Dynamics Model (SEAPODYM) for tuna and associated oceanic top-predator species: Part II – Tuna populations and fisheries. 17th meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish, Majuro, Republic of Marshall Islands, 9-18 Aug. 2004, Oceanic Fisheries Programme, Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia, *Working Paper*: ECO-2: 36 pp.

Sibert, J.R., Hampton, J., Fournier, D.A., and Bills, P.J. (1999). An advection-diffusion-reaction model for the estimation of fish movement parameters from tagging data, with application to skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). Can.J.Fish.Aqu.Sci. 56: 925-938.

THEME 2

ECOSYSTEMES TERRESTRES :

BIODIVERSITE ET VALORISATION DES RESSOURCES

Spécificité et fragilité des écosystèmes insulaires, quelles leçons pour préserver leur avenir ?

Jacques BLONDEL
CEFE-CNRS, 34293 Montpellier cedex 5, France, jacques.blondel@cefe.cnrs.fr

Depuis que les premiers biogéographes, dans le sillage de Wallace, de Darwin et de Sclater, ont montré, au début du 19ème siècle, comment et pourquoi les îles sont de merveilleux laboratoires pour comprendre les mécanismes de l'évolution, peu de progrès décisifs avaient été faits en biologie insulaire jusqu'à l'émergence, dans les années 1960, du paradigme des équilibres dynamiques et, surtout, de son célèbre prolongement, la théorie de biogéographie insulaire de Robert H. MacArthur et Edward O. Wilson (1963, 1967). Cette théorie eut un succès considérable au point que des centaines de travaux furent entrepris pour tester ses prédictions. Par sa valeur heuristique et son pouvoir prédictif indiscutables, la théorie fut appliquée non seulement aux îles vraies, mais à tout espace isolé au sein d'une matrice écologiquement différente. Parmi ses applications les plus emblématiques, il faut citer son utilisation pour la conception et la réalisation de parcs et de réserves (Diamond 1975, Higgs 1981, Shafer 1990).

Mais comme l'avaient sagement prévu les auteurs de la théorie, qui écrivirent dans la préface de leur ouvrage fondateur « *We do not seriously believe that the particular formulations advanced in the chapters to follow will fit for very long the exacting results of future empirical investigation* », les limites de leur théorie ne manquèrent pas d'apparaître et de donner lieu à de sérieuses remises en cause. Il est vrai que le caractère biologiquement irréaliste de plusieurs de ses prémisses la rend peu opérationnelle. D'où une multitude de controverses qui font de la théorie un paradigme dépassé bien que son influence soit encore très forte. Entre autres défauts, la théorie pèche par les points suivants :

- Elle met tous les isolats sur le même pied d'égalité et considère qu'ils sont le siège des mêmes processus écologiques et évolutifs, ce qui est loin d'être le cas,
- Elle ne tient pas compte de la géographie, notamment des rapports à l'espace qu'entretiennent les organismes,
- Elle ignore l'évolution parce qu'elle ne considère que les processus qui opèrent aux échelles du temps écologique,
- Elle ne tient pas compte des attributs taxon-spécifiques tels que l'aptitude à la dispersion, les structures sociales ou la démographie,
- Elle se fonde sur les faunes actuelles mais ignore, dans l'analyse des équilibres, les extinctions (et invasions) souvent massives dues aux activités humaines,
- Elle se base, pour fixer les valeurs d'équilibre, sur la relation aire-espèces qui est souvent mise en défaut,
- Elle généralise à tous les groupes ce qui n'a été validé que sur certains, notamment les organismes mobiles comme les oiseaux, et sur certains types d'îles.

De fait, trois des pierres angulaires de la théorie, à savoir l'universalité de la relation aire-espèces, la réalité des équilibres dynamiques qui présuppose que la totalité des « niches » présentes dans l'habitat soient occupées, et le renouvellement d'espèces au sein d'assemblages en état de « quasi-équilibre », furent mises en défaut dans de nombreuses études de cas. De plus, une limite essentielle de la théorie est qu'elle ne tient pas compte des processus de spéciation, obstacle que Lomolino (2000a) a tenté de lever en rajoutant une dimension évolutive aux deux processus de base que sont l'immigration et l'extinction.

Les avancées en biologie insulaire se fondent désormais sur des approches plus réalistes qui tiennent compte des points suivants (voir par exemple Blondel 2000, Lomolino 2000b, Walter 2004) :

Les isolats ne sont pas tous comparables

Il existe différentes catégories d'îles en fonction de leur origine et de leur histoire : les îles océaniques « vraies » qui n'ont jamais été reliées à aucune masse continentale (îles volcaniques, atolls), celles qui font partie des plateaux continentaux et ont de ce fait été reliées à un moment ou l'autre de leur histoire à de vastes espaces continentaux, notamment lors des baisses du niveau de l'océan mondial au cours des glaciations, enfin les « pseudo-îles ». Ces dernières, appelées aussi « îles d'habitat », concernent tout habitat isolé au sein d'une matrice d'habitats différents : sommets de montagnes, plans d'eau isolés, grottes. La fragmentation des habitats, qui est l'une des composantes les plus sérieuses du changement global, créée de multiples isolats de ce type. Les rapports à l'espace des espèces qui habitent ces différents types d'habitats sont très différents.

Les extinctions dues à l'homme sont très largement sous-estimées

Un facteur largement sous-estimé dans toute analyse de biogéographie insulaire est le rôle que l'homme a joué dans la détermination des assemblages actuels d'espèces et par conséquent dans les mécanismes écologiques qui déterminent les équilibres observés. Les extinctions d'origine anthropique se sont avérées si massives et généralisées dans toutes les îles que les peuplements qu'on y observe actuellement ne sont qu'un pâle reflet de leur diversité d'origine. D'où une idée faussée des mécanismes écologiques et évolutifs qui président à l'origine, la structure et la dynamique des communautés insulaires. La longue litanie des extinctions de grandes espèces ou d'espèces inaptes au vol dans la plupart des îles et archipels est un fait bien connu au point que le paléontologiste Storr Olson (1990) a écrit que « *Man-caused extinctions have thus led to many fallacious systematic and biogeographic conclusions... At this point, the only safe generalization in island biogeography is that it is not safe to make generalizations* »

Les rapports à l'espace des organismes

Ces rapports peuvent se décliner le long d'un gradient ou d'une polarité allant des îles océaniques « vraies », où l'espace est matériellement limité par les côtes de l'île, aux fragments d'habitats continentaux où la lisière de l'île n'empêche pas physiquement l'organisme de se disperser. La nature de ces rapports permet d'introduire les notions de *fonctionnalité spatiale* (Tableau 1). On parlera alors de *fonctionnalité insulaire* et de *fonctionnalité continentale* selon la nature des relations à l'espace qu'entretiennent les organismes (Walter 2004). Les biotas continentaux peuvent se déplacer sur de vastes espaces et pratiquer une « traque à l'habitat » en cas de changements importants de l'environnement, ce qu'ils ont fait et leur a sauvé la vie lors des migrations nord-sud imposées par les changements climatiques lors des alternances de périodes glaciaires et interglaciaires. Mais la fonctionnalité continentale s'exprime aussi par bien d'autres attributs car en milieu continental les espèces sont immergées dans un « théâtre spatial » dynamique, complexe, variable et soumis à de multiples perturbations et incertitudes diverses (parasites, pathogènes, événements extrêmes). Une réponse à tous ces aléas est la dispersion et la recherche de refuges, bref à l'élargissement de l'« empreinte spatiale » qui permet d'étaler les risques d'extinction.

En revanche, les taxa insulaires vivent dans un théâtre spatial limité et clos au sein d'assemblages d'espèces qui sont uniques et particuliers à chaque île. Piégés dans cet espace qu'ils ne

peuvent quitter mais protégés par leur isolement, ils se sont étroitement adaptés aux singularités de cet espace par une réduction de leur empreinte spatiale.

Tableau 1. Caractères principaux des fonctionnalités continentale et insulaire tels qu'ils s'expriment à travers une série de caractères écologiques et d'attributs des espèces.

Fonctionnalité continentale	Fonctionnalité insulaire
Niches variées, diverses, espèces rares	Niches moins nombreuses, élargies, absence d'espèces rares
Espèces fortement exposées aux facteurs d'extinction physique et biotique	Espèces peu exposées à l'extinction (sauf catastrophes et interventions extérieures)
Régimes de sélection façonnés par des contraintes fortes (compétition, prédation, perturbations, hétérogénéité de l'environnement)	Régimes de sélection comportant une prime à l'adaptation à un espace limité (faible mobilité, forte philopatrie)
Large dispersion spatiale potentielle ou réelle (étalement des risques)	Absence de dispersion en espace confiné, réduction des structures de dispersion (ailes)
Connectivité entre populations subdivisées (métapopulations, structures sources-puits)	Populations abondantes et continues
Fortes prédation et compétition interspécifique	Prédation et compétition interspécifique atténuées
Forte territorialité	Territorialité atténuée, partage de l'espace
Forte stochasticité et instabilité environnementales (e.g. épisodes glaciaires – interglaciaires	Stabilité environnementale sur des millions d'années

Le syndrome d'insularité

Les pressions exercées sur les organismes insulaires entraînent une suite de processus écologiques et évolutifs qui ont pour fonction de réduire leur empreinte spatiale et qui leur font acquérir une identité qui rend les communautés stables et robustes. L'ensemble des stratégies développées pour survivre dans un espace confiné d'où l'on ne peut s'échapper et réduire les risque d'extinction définissent ce qu'on appelle le « syndrome d'insularité » dont toutes les composantes se ramènent à des réponses aux limites spatiales qui les contraignent (cf. Blondel 1995, 2000, Grant 1998, Walter 2004). Par rapport aux communautés continentales occupant des espaces de même superficie, les communautés insulaires sont :

- Appauvries en espèces,
- « Disharmoniques » en ce sens que la diminution du nombre de grandes espèces, notamment de prédateurs, modifie la composition des guildes et la structure trophique des peuplements,
- Soumises à de nouveaux régimes de sélection auxquels les réponses s'expriment par :
    1. un élargissement des niches,
    2. une modification de la morphologie (nanisme ou gigantisme),
    3. de nouveaux rapports à l'espace (sédentarité, philopatrie, perte des structures de dispersion),
    4. une démographie ralentie,
    5. des structures sociales modifiées (atténuation de l'agressivité),

- Stables et résistantes mais fragiles et vulnérables aux perturbations d'origine externe (invasions),
- Singulières : « *Each island population is an evolutionary unit with ecological changes occurring independently on each*" (Ricklefs and Cox 1978).

Le cycle de taxons

L'ensemble des contraintes liées à l'immigration puis à la colonisation de l'île sont suivies de changements évolutifs qui ne manquent pas d'être rapides puisqu'ils s'exercent sur des génomes appauvris (effet de fondation) et soumis à des régimes de sélection complètement nouveaux. Tous ces facteurs entraînent une suite de processus écologiques et évolutifs qui, à terme, entraînent l'extinction et que Wilson (1961) a appelé le cycle de taxons (Tableau 2). Ces événements entraînent un renouvellement d'espèces à l'échelle du temps évolutif.

Tableau 2. Caractéristiques écologiques et évolutives du cycle de taxons

Immigration (processus écologiques)	Colonisation (processus évolutifs)	Extinction
Propagules immigrantes petites, généralistes, mobiles, grégaires	Pressions de sélection sur la morphologie, l'utilisation des ressources, la dispersion, la démographie, la socialité...	Sur le long terme, l'hyper-spécialisation entraîne l'extinction : les îles sont des trappes
Peuplements disharmoniques	Syndrome d'insularité	Cycle de taxons

Conclusion

L'holocauste des biotas insulaires, effrayant par le nombre d'espèces éteintes qui ne cessent de s'accumuler dans les archives fossiles et archéologiques, est dû *in fine* à la disparition de la fonctionnalité insulaire qu'entraîne la rupture de leur isolement spatial. Cette rupture est inéluctable dès que l'homme et les espèces qui l'accompagnent envahissent les îles dont les organismes autochtones, naïfs et totalement désarmés face à de nouveaux compétiteurs et prédateurs, se laissent massacrer sans savoir opposer la moindre résistance. La biodiversité insulaire, notamment celle des îles océaniques n'est plus que l'ombre de ce qu'elle fut. On estime que 40% à 80% de l'avifaune terrestre endémique des îles du Pacifique, soit plus de 2000 espèces (20% de l'avifaune mondiale) ont disparu au cours des temps préhistoriques/historiques (Olson 1990, Steadman, 1995). Et malgré cela, la diversité des îles océaniques reste étonnamment élevée comme le montre cet exemple : 65% des Columbidae (pigeons) et 55% des Rallidés (râles et poules d'eau) de l'avifaune mondiale sont insulaires (Walter 2004). La préservation de cette richesse est certainement l'un des défis les plus difficiles à relever dans les efforts actuellement déployés pour enrayer l'érosion de la biodiversité mondiale.

Bien qu'elles soient difficiles à mettre en œuvre en raison de la globalisation des échanges entre îles et continents, les seules mesures conservatoires efficaces pour éviter que les îles restent des mouroirs, seraient de maintenir leur fonctionnalité telle quelle fut définie plus haut, ce qui nécessite que soient maintenus en l'état les milieux dans lesquels les espèces ont évolué et que soient évitées toutes formes d'invasions qui entraînent de nouvelles pressions de sélection dévastatrices. C'est à ce prix qu'on pourra espérer conserver une biodiversité qui reste élevée chez de nombreux groupes animaux et végétaux, sans compter toutes les espèces et sous-espèces qu'il reste à décrire.

Références bibliographiques

Blondel, J. (1995). Biogéographie. Approche écologique et évolutive. Masson, Paris.

Blondel, J. (2000). Evolution and Ecology of Birds on islands : trends and prospects. Vie et Milieu 50, 205-220.

Diamond, J.M. (1975). The island dilemma: Lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. Biol. Conserv. 7, 129-146.

Grant, P.R. (1998). Evolution on Islands Oxford Univ. Press, Oxford.

Higgs, A.J. (1981). Island biogeography theory and nature reserve design. J. Biogeogr. 8, 117-124.

Lomolino, M.V. (2000a). A call for a new paradigm of island biogeography. Global Ecol. Biogeogr. 9, 1-6.

Lomolino, M.V. (2000b). A species-based theory of insular zoogeography. Global Ecol. Biogeogr. 6, 39-58.

MacArthur, R.H. and Wilson, E.O. (1963). A theory of insular zoogeography. Evolution 17, 373-387.

MacArthur, R.H. and Wilson, E.O. (1967). The Theory of Island Biogeography. Princeton Univ. Press, Princeton, N.J.

Olson, S.L. (1990). The prehistoric impact of man on biogeographical patterns of insular birds. Atti dei Covegni Lincei 85, 45-51.

Ricklefs, R.E. and Cox, G.W. (1978). Stage of taxon cycle, habitat distribution, and population density in the avifauna of the West Indies. Am. Nat. 112, 875-895.

Shafer, C.L. (1990). Nature Reserves: Island Theory and Conservation Practice. Smithsonian Institution, Washington, London.

Steadman, D.W. (1995). Prehistoric extinctions of Pacific island Birds: Biodiversity meets zooarcheology. Science 267, 1123-1131.

Walter, H.S. (2004). The mismeasure of islands: implications for biogeographical theory and the conservation of nature. J. Biogeogr. 31, 177-197.

Wilson, E.O. (1961). The nature of the taxon cycle in the Melanesian ant fauna. Am. Nat. 95, 169-193.

De la connaissance spécifique à l'approche biomoléculaire des écosystèmes terrestres insulaires du Pacifique

Bruno FOGLIANI[1], H. AMIR[1], N. BARRE[2], S. BOURAÏMA-MADJEBI[1], F. BRESCIA[2], J.-F. BUTAUD[3], J. CHAZEAU[4], A. CIBOIS[5], M. de GARINE-WICHATITSKY[2], H. GERAUX[6], T. JAFFRE[4], P. KEITH[7], J.-Y. MEYER[8], N. PERRIER[1,4], R. PINEAU[1], J. TASSIN[2], J.-C. THIBAULT[9], T. WHITAKER[10]

[1] Laboratoire de Biologie et Physiologie Végétales Appliquées, Université de la Nouvelle-Calédonie, bfogliani@univ-nc.nc, [2] Programme Elevage et Faune Sauvage et Programme Forêt, Institut Agronomique néo-Calédonien, [3] Laboratoire de Chimie Analytique Appliquée, Université de la Polynésie Française et Service du Développement Rural de Polynésie Française, [4] US Biodiversité terrestre et environnement dans le Pacifique tropical; UR Biogéodynamique supergène et géomorphologie tropicale, Institut de recherche pour le développement, Centre de Nouméa, [5] Département Mammifères et Oiseaux, Muséum d 'Histoire Naturelle de Genève, [6] Coordinateur écorégional WWF Nouvelle-Calédonie, [7] Département des Milieux et Peuplements Aquatiques, Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, [8] Laboratoire de Valorisation des Substances Naturelles, Délégué à la Recherche, Polynésie Française, [9] Parc Naturel régional de Corse, Ajaccio, Corsica, [10] Whitaker Consultants Limited, New Zealand.

Introduction

La présente synthèse a été réalisée à partir de références bibliographiques et de communications personnelles de chercheurs engagés dans des travaux sur les écosystèmes terrestres insulaires du Pacifique. Elle a pour objet de rappeler le nombre important de recherches en cours au moyen de plusieurs exemples, mais également de dégager les axes prioritaires à développer dans le domaine de la connaissance spécifique et de l'approche biomoléculaire de ces écosystèmes.
En effet, la richesse de la biodiversité française, en particulier de ses régions d'outre-mer est mondialement reconnue, qu'il s'agisse des écosystèmes marins ou terrestres. Le WWF a défini 238 écorégions subdivisées en écorégions terrestres, marines et d'eau douce et ceci dans le monde entier en se basant sur la richesse en espèces, le niveau d'endémisme et les principaux dangers qui les menacent. Pour sa part, l'ensemble français rassemble 17 de ces écorégions dont 14 sont situées dans les Départements et Territoires d'Outre-mer (UICN, 2003).

Dans la région pacifique on trouve 6 de ces écorégions, dont 4 pour la seule Nouvelle-Calédonie, à savoir :

- les écosystèmes marins de la Polynésie Française
- les écosystèmes forestiers de Polynésie Française et de Wallis et Futuna
- les récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie
- les forêts humides de Nouvelle-Calédonie
- les forêts sèches de Nouvelle-Calédonie
- les écosystèmes d'eau douce de Nouvelle-Calédonie

D'autres formations végétales, en particuliers les maquis miniers, donnent à la Nouvelle-Calédonie sa richesse floristique. C'est sur cette base (elle possède plus de 1500 espèces endémiques soit 0,5% de la flore mondiale) qu'elle est reconnue à elle seule comme un hotspot de la biodiversité mondiale sur les 25 recensés par Conservation Internationale (Myers *et al.*, 2000). Deux autres sont localisés dans le Pacifique à savoir l'ensemble Polynésie-Micronésie et la Nouvelle-Zélande.

Richesses végétale et animale des territoires insulaires du Pacifique

Richesse végétale

La littérature botanique sur les îles du Pacifique est vaste mais disséminée dans des publications anciennes rédigées par les botanistes qui accompagnaient les grands navigateurs. Elle reste cependant très récente au vu de celle existant en Europe. Si l'on compare la richesse végétale des îles françaises du Pacifique avec celle de la France métropolitaine (tableau 1), il est aisé de s'apercevoir que pour des surfaces de terres émergées 25 fois plus petites, on y retrouve autant d'espèces de plantes avec cependant un taux d'endémicité nettement plus important (UICN, 2003). L'isolement géographique en serait pour grande partie à l'origine.

Tableau 1 : Diversité et endémisme de la flore indigène de territoires insulaires du Pacifique et de la France Métropolitaine (d'après UICN, 2003)

Zone	Superficie en Km²	Flore Phanérogamique		Flore Vasculaire	
		Nombre d'espèces	Endémicité	Nombre d'espèces	Endémicité
France métropolitaine	550000	4300	1,70%	4900	1,8%
Nouvelle-Calédonie	18576	3002	77%	3261	74,3%
Polynésie Française	3521	650	~60%	898	63,5%
Wallis et Futuna	215	240	2%	350	2%
Nouvelle-Zélande	268000	2100	81%	2300	81%
Fidji	18250	2000	40%	2500	40%

La Nouvelle-Calédonie à elle seule avec 3261 espèces pour un taux d'endémicité de 74,3% se distingue même au regard de ses proches voisins comme la Nouvelle-Zélande ou Fidji. Ce taux particulièrement élevé est à mettre en relation à une évolution géologique qui a conduit à une multiplicité de substrats et à un climat nuancé par un relief variable. Cette flore présente une richesse en Gymnospermes importante avec 44 espèces dont 43 endémiques, composées en particulier de 13 araucarias endémiques sur les 19 décrits à l'échelon mondial et du seul conifère parasite connu (*Parasitaxus ustus*). Pour ce qui est des angiospermes, c'est la présence de 5 familles endémiques dont celle des Amborellaceae pour laquelle l'unique représentant *Amborella trichopoda* est considéré comme le maillon le plus ancien des plantes à fleurs (Jaffré *et al.*, 2001) qui rende cette flore si particulière.

La Polynésie Française n'est pas en reste avec un taux d'endémicité de 63,5% comprenant cependant un nombre total d'espèces moins important qui s'expliquerait par le fait de la grande dispersion de ses nombreuses îles, de leur éloignement des centres de dissémination des graines (à plus de 6000 km de tout continent) et du caractère plus récent de sa flore implantée sur des substrats volcaniques ou coralliens. Cependant, ce nombre d'espèces rapporté à la surface terrestre des 120 îles qui la constituent lui confère l'une des densités les plus fortes devant Fidji, la Nouvelle-Zélande ou la Nouvelle-Calédonie (Florence, 2003)

Richesse animale

Pour ce qui est du monde animal, là encore les chiffres montrent une richesse spécifique importante avec au total plus de 5000 espèces dont une large part est occupée par la classe des insectes qui représentent près de 85 % des espèces animales terrestres ou d'eau douce décrites à ce jour (Tableau 2). Quels que soient les autres groupes considérés, les taux d'endémisme y sont là aussi importants (Keith & Allardi, 2001; Keith *et al.*, 2002 ; Marquet *et al.*, 2003). Pour ce qui est des reptiles aujourd'hui décrits, le taux d'endémisme est de 87% pour la Nouvelle-Calédonie (Bauer & Sadlier, 2000 ; Henkel & Böhme, 2001 ; Sadlier *et al.*, 2004a,b). La classe des insectes présente, en plus d'un grand nombre d'espèces, des taux d'endémicité élevés comme par exemple un taux de 38 % pour les mouches des fruits, 86% pour les nonos (petit moucheron piqueur) ou de 100% pour les cigales (Chazeau, 1993).

Tableau 2 : Diversité et endémisme des principaux groupes de la faune terrestre des territoires insulaires français du Pacifique et de la France métropolitaine (d'après UICN 2003)

		France Métropolitaine	Nouvelle-Calédonie	Polynésie-Française	Wallis et Futuna
Arthropodes	(Insectes)	32000	4000	<700	<400
Mollusques continentaux	diversité	660	214	> 320	29
	endémisme	180	201	320	11
Poissons d'eau douce	diversité	83	64	37	5
	endémisme	4	11	14	0
Amphibiens	diversité	34	0	0	0
	endémisme	4	0	0	0
Reptiles terrestres	diversité	33	76	10	11
	endémisme	0	66	0	0
Oiseaux nicheurs	diversité	276	112	31	25
	endémisme	1	23	22	0
Mammifères terrestres	diversité	97	9	0	1
	endémisme	0	6	0	0

Richesses insoupçonnées

Cependant, ces chiffres restent encore incertains car nombre d'espèces sont en cours de description ou en cours de révision. En effet, ils ne reflètent que la partie visible de l'iceberg. Les plantes, par exemple, ont largement été étudiées depuis de nombreuses années, cependant, encore aujourd'hui, dans des zones encore peu ou pas explorées, de nouvelles espèces, voire de nouveaux genres, sont trouvés et décrits. En Nouvelle-Calédonie, ces deux dernières années par exemple, une espèce appartenant à un genre encore inconnu ainsi que deux espèces se rattachant à des genres déjà connus de la famille des Cunoniaceae ont été découverts (McPherson & Lowry, 2004). En Polynésie Française, des plantes vasculaires ont récemment été découvertes dans les îles éloignées de l'archipel des Australes. Ce phénomène est encore plus flagrant dans le monde animal qui, comme le monde végétal, connaît un manque notoire de spécialistes. Le cas de la classe des insectes est révélateur de ce manque ; pour un nombre connu de 4000 espèces en Nouvelle-Calédonie, c'est plus de 8000 à 20000 qui sont estimées. Les Ephéméroptères ont fait l'objet d'une mission en 2001 d'un entomologiste suédois qui a pu collecter 250 espèces nouvelles, toutes endémiques, et il en estime le nombre total entre 600 et 700 (Johanson, *comm. pers.*). En Polynésie aussi, de nouveaux insectes endémiques ont récemment été également découverts. De nombreux autres exemples pourraient être développés : ainsi les reptiles font l'objet d'une attention particulière d'experts étrangers de différentes nationalités ou encore les mollusques terrestres pour lesquels le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris a lancé une étude approfondie en Polynésie Française. D'autres groupes d'organismes très peu étudiés permettront sans aucun doute de découvrir des richesses encore insoupçonnées.

Apports de la biologie moléculaire

Le cas de la microflore des sols miniers de Nouvelle-Calédonie

Des études sont actuellement menées sur la microflore des sols miniers de Nouvelle-Calédonie. Ces sols qui recouvrent aujourd'hui près d'un tiers de la surface du territoire néo-calédonien résultent de l'altération de roches ultramafiques provenant du manteau supérieur, dont un feuillet a recouvert le socle calédonien, il y a plus 35 à 40 millions d'années. De par leurs caractéristiques, ils sont généralement défavorables à la croissance des végétaux, mais au cours des millénaires, les plantes de Nouvelle-Calédonie ont évolué pour s'adapter à de telles conditions, conduisant à l'un des taux d'endémicité végétale les plus élevés au monde (Jaffré, 1980). On pouvait penser qu'il en avait été de même pour la microflore de ces sols et, ainsi, que de nombreuses espèces nouvelles pouvaient être découvertes. Une étude a été engagée par l'Université de la Nouvelle-Calédonie (U.N.C.) sur les Actinomycètes, groupe bactérien particulier pouvant se développer en terrain peu fertile. Elle a montré que ce groupe représentait jusqu'à 92 % de la microflore de ce milieu et l'étude d'un échantillon de 20 isolats d'actinomycètes a abouti à la découverte de 13 espèces nouvelles dont 4 ont déjà fait l'objet de publications en collaboration avec l'Université de NewCastle-upon-Tyne (Saintpierre *et al.*, 2003, Saintpierre-Bonnacio *et al.*, 2004). L'identification de ces nouvelles espèces a fait appel aux méthodes classiques phénotypiques et d'observation en microscopie électronique auxquelles se sont ajoutés les outils de la biologie moléculaire par séquençage de l'ADNribosomial 16S. Ces études visaient, en parallèle, à rechercher des biomolécules à potentialités antibiotiques chez ces espèces, en collaboration avec le centre de Nouméa de l'Institut pour la

Recherche et le Développement centre de Nouméa (I.R.D.) et l'Université de la Polynésie Française (U.P.F.).

D'autres travaux sur les mycorhizes, étudiés par ailleurs pour leur intérêt dans le cadre de la restauration écologique des sites dégradés, laissent entrevoir des résultats similaires tant pour les endo- que pour les ectomycorhizes. Les analyses de ces études menées par l'U.N.C., l'I.R.D. en collaboration avec le L.S.T.M. (Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes) de Montpellier sont en cours.

D'une manière générale, les techniques modernes de caractérisation de la biodiversité spécifique ont permis dans de nombreux cas de confirmer des identifications basées sur la morphologie, dans certains cas de les infirmer. Il n'en reste pas moins qu'à l'heure actuelle, il n'est plus envisageable de ne pas associer les deux méthodes qui se doivent d'être complémentaires. De plus, au-delà de la seule notion d'espèce, c'est tout le milieu dans lequel elle se développe qui est aujourd'hui pris en compte. L'approche moléculaire apporte là aussi des réponses à de nombreuses questions posées.

Cas du Santal en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie Française

Une étude génomique des espèces de Santal de Nouvelle-Calédonie et de Polynésie Française a été engagée.

En Polynésie Française, l'objectif recherché par l'U.P.F. et le Ministère de la Promotion des Ressources Naturelles est double. Le premier est d'avoir une idée de la dispersion initiale de *Santalum insulare*, c'est à dire de sa colonisation dans les différentes îles ; de faire également la part des choses entre les différences dues au milieu (écotypes) et à l'origine génétique (sous-espèces) car les différences morphologiques sont relativement faibles et peuvent être attribuées à un effet lié aux stations étudiées. Le second est l'investigation des déterminants de la composition en huiles essentielles et consiste à savoir si cette composition est influencée par le milieu ou si elle dépend étroitement du génome de la plante. Ainsi, une comparaison a été d'ores et déjà effectuée entre des populations se développant sur sols calcaires ou sur sols volcaniques, ainsi qu'une comparaison entre les différentes îles des Marquises (Bianchini *et al.*, 2003).

En Nouvelle-Calédonie, l'analyse de la diversité génétique réalisée par l'Institut Agronomique Néo-calédonien (I.A.C.) en relation avec le C.I.R.A.D., en utilisant des marqueurs moléculaires de *Santalum austrocaledonicum*, a montré une forte différenciation entre les populations des îles Loyauté et de la Grande Terre. Les résultats ne confirment pas par ailleurs la distinction de trois variétés établie par les taxinomistes sur des critères morphologiques (Bottin *et al.*, 2004).

Dans ces deux cas, les études sont reliées à des analyses chimiques des huiles essentielles de cette ressource d'intérêt économique et permettent d'envisager une conservation et une valorisation du santal dans le cadre d'une gestion durable. La biodiversité terrestre est en effet une source importante de substances naturelles exploitables (Fogliani *et al.*, 2002a,b ; Fogliani *et al.*, 2004a ; Laure *et al.*, 2004).

Cas des monarques des Iles Marquises

Une étude menée sur les monarques des Iles Marquises (genre : *Pomarea*) par l'American Museum of Natural History et les Muséums d'Histoire Naturelle de Genève et de Paris montre également la nécessaire association de la taxonomie morphologique et de la génétique. Elle a, entre autre, permis de revoir de manière plus précise la classification de ce genre dont les espèces, endémiques de la Polynésie orientale, habitent des îles hautes des archipels des Cook, de la Société et des Marquises. Ainsi, une analyse du gène du cytochrome b a permis d'établir la présence de 6 espèces au lieu de 3 précédemment décrites aux Marquises, mais également de suggérer que ces espèces sont issues d'une forme originaire des îles de la Société ou des îles Cook. D'autre part, l'étude révèle que les événements de divergence pour ces mêmes espèces auraient toujours été plus récents que l'âge estimé des îles de l'archipel (Murphy & Mathews, 1928 ; Thibault *et al.*, 2002 ; Cibois *et al.*, 2004).

Ces différents exemples montrent, s'il en était encore besoin, qu'au-delà de l'espèce seule, c'est tout l'écosystème dans lequel elle se développe qui se doit d'être pris en compte. C'est pourquoi des études pluridisciplinaires de biologie et d'écologie sont de plus en plus nécessaires, que ce soit sur les groupements végétaux ou animaux. Elles sont essentielles à la compréhension des phénomènes mis en jeu (cycles biologiques, facteurs écologiques, etc..) en vue de développer des stratégies de gestion pour leur préservation.

Nécessaire développement d'études pluridisciplinaires

Cas de la forêt sclérophylle en Nouvelle-Calédonie

Des études sont menées en Nouvelle-Calédonie sous la forme d'actions conjointes et complémentaires de différents organismes de recherche. Ainsi, l'étude et la protection de la forêt sèche, un milieu particulièrement menacé, fait appel au partenariat de l'I.R.D., l'U.N.C. et l'I.A.C. Elle est soutenue par différentes collectivités locales ou nationales (Province Sud et Nord et Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, Etat Français) et par des organisations non gouvernementales (W.W.F., C.I., Centre d'Initiation à l'Environnement). Les chercheurs engagés sur ce programme associent leurs compétences en matière végétale et animale pour connaître, conserver, restaurer et valoriser cette forêt sèche (tableau 3).

Cas des maquis miniers de Nouvelle-Calédonie

La forêt sèche n'est pas la seule formation végétale à focaliser l'attention puisque les maquis miniers font aussi l'objet d'études depuis de nombreuses années dans le cadre de la restauration écologique après exploitation minière. Cette recherche associe là encore plusieurs organismes du territoire qui comme dans le cas de la forêt sèche ont des partenariats divers en métropole et à l'étranger. De nombreux domaines sont là aussi concernés, allant de la caractérisation (Jaffré *et al.*, 1987), l'écologie (Morat *et al.*, 1986), la physiologie des semences (Fogliani *et al.*, 2004b), des plantules ou des pieds adultes de plantes nickélifères (Léon *et al.*, 2004 ; Perrier *et al.*, 2004), au fonctionnement de l'interface sol-plantes-microorganismes (Amir & Pineau, 1998a,b) dont les résultats sont essentiels à une compréhension des mécanismes mis en jeu par chaque organisme pour croître dans des conditions difficiles. Ces études pluridisciplinaires sont indispensables dans le cadre d'une restauration écologique. Des résultats déjà obtenus ont permis de réaliser des essais de restauration et des méthodes aujourd'hui validées sont utilisées par des entreprises privées pour revégétaliser les maquis dégradés (Jaffré *et al.*, 1994). Il s'agit là d'un bon exemple de transfert de technologies.

Tableau 3 : Exemple de travaux pluridisciplinaires en cours : le cas de la forêt sèche de Nouvelle-Calédonie

Actions abordées		
Connaissance	Faune	Ecologie de l'avifaune Ecologie des ongulés Entomologie Herpétologie Etude des bulimes
	Flore	Inventaires floristique / phytoécologie Ecophysiologie Connaissance sols-symbiotes Ecologie des adventices
	Milieu humain	Pharmacologie
Restauration	*Ex situ*	Multiplication des espèces Culture *in vitro* Pépinières
	In situ	Suivi dynamique Plantations Sylviculture Gestion des espèces introduites
Conservation	Conservation d'espèce rares	
Valorisation	Substances naturelles, Horticulture, Agronomie	

D'autres exemples peuvent être cités sur des études pluridisciplinaires en Nouvelle-Calédonie comme en Polynésie Française tant dans le monde végétal qu'animal, études indispensables à la compréhension du fonctionnement de nombreux écosystèmes encore peu connus : études des insectes, des mollusques terrestres, des oiseaux, des gobies, ...

Conclusion

Il apparaît nécessaire que les recherches engagées au niveau des écosystèmes terrestres insulaires du Pacifique soient amplifiées et élargies afin de tenter de compenser le retard encore trop important en matière d'inventaires de nombreux groupes animaux ou végétaux. En effet, des groupes comme les insectes, les lichens, les mousses, par exemple, restent encore peu ou pas connus. Elles devront être complétées par des études de biologie moléculaire indispensables pour comprendre les stratégies évolutives de ces groupes au plan de leurs adaptations aussi bien morphologiques, physiologiques que comportementales. Des formations végétales comme les forêts humides qui recouvrent différents types de substrat et qui apportent la plus grande contribution à la richesse et à l'originalité de la flore et de la faune néo-calédoniennes devront faire l'objet d'une attention toute particulière. Ainsi, l'ensemble des données, qui devront être acquises dans les prochaines années, sera essentiel à la compréhension, à la préservation et à la gestion de la biodiversité des régions françaises d'outre-mer.

Références bibliographiques

Amir., H., Pineau, R., (1998a). Influence of plants and cropping on microbiological characteristics of some New Caledonian ultramafic soil. *Australian Journal of Soil Research*, 36 : 457 - 471.

Amir., H., Pineau, R., (1998b). Effects of metals on the germination and growth of fungal isolates from New Caledonian ultramafics soils. Soil Biology and Biochemistry, 30: 2043 - 2054.

Bauer, A.M., Sadlier, R.A.,(2000). The herpetofauna of New Caledonia. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, St Louis, et Institut de Recherche pour le Développement, Nouméa. xii + 310 pp.

Bianchini, J.P., Bouver, J.M., Butaud, J.F., Raharivelomanana, P., Verhaegen, D., Baron, V., (2003). Caractérisation du santal des Iles Marquises. Projet de recherche du ministère de l'outre-mer. Juillet 2003. Tahiti.

Bottin, L., Verhaegen, D., Tassin, J., Olivieri, I., Vaillant, A. , Bouvet, J-M., (2004). Genetic diversity and population structure of an insular tree, Santalum austrocaledonicum in New Caledonian archipelago. *Molecular Ecology* (Soumis).

Chazeau, J., (1993). Research on New Caledonian terrestrial fauna : achievements and prospects. *Biodiversity Letters*, 1 : 123-129.

Cibois, A., Thibault, J.C., Pasquet, E., (2004). Biogeography of eastern Polynesian monarchs (*Pomarea*) : an endemic genus close to extinction. *Condor*, 106 : 837-851.

Fogliani, B., Bouraïma-Madjebi, S., Cabalion, P., Pineau, R., (2002a). Screening of 50 Cunoniaceae species from New Caledonia for antimicrobial properties. *New Zealand Journal of Botany*, 40 : 511-520.

Fogliani, B., Bouraïma-Madjebi, S., Medevielle, V., Pineau, R., (2002b). Screening of Fifty Cunoniaceae Species from New Caledonia for Inhibitors of Xanthine Oxidase and Scavengers of Superoxide Anions. *Pharmaceutical Biology*, 40 (7) : 526-533.

Fogliani, B., Bianchini, P., Bianchini, J.P., Bouraïma-Madjèbi, S., Cabalion, P., (2004). Bioactive ellagitannins isolated from *Cunonia macrophylla*, an endemic Cunoniaceae species from New Caledonia. *Phytochemistry*. (Accepté)

Fogliani, B., Bouraïma-Madjebi, S., Medevielle, V., Pineau, R., (2004b). Methods to promote germination of two Cunoniaceae species, *Cunonia macrophylla* and *Geissois pruinosa*, from New Caledonia. *Seed Science and Technology*, 32 : 703-715

Florence, J., (2003). La Polynésie française : environnement phytogéographique, l'homme et ses plantes. Archéologie en Oceanie Insulaire. Peuplement, Société et Paysages (ed. C. Orliac), pp 130-149. Editions Artcom, Paris.

Henkel, F.W., Böhme, W., (200). A new Carphodactyline gecko of the New Caledonian genus Eurydactylodes (Sauria: Gekkonidae). *Salamandra*, 37 : 149–156.

Jaffré, T., (1980). Etude écologique du peuplement végétal des sols dérivés de roches ultrabasiques en Nouvelle-Calédonie. ORSTOM, Paris (Travaux et Documents de l'ORSTOM n°124). 273 p. + annexes.

Jaffré, T., Morat, Ph., Veillon, J.M., MacKee, H.S., (1987). Changements dans la végétation de la Nouvelle-Calédonie au cours du Tertiaire : la végétation et la flore des roches ultrabasiques. Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle, Paris. Section B, *Adansonia*, 9 (4) : 365-391.

Jaffré, T., Rigault, F., Sarrailh, J.M., (1994). Végétalisation des anciens sites miniers. Dossier Nouvelle-Calédonie. *Bois et Forêts des Tropiques*, 242 : 31-43.

Jaffré, T., Morat, Ph., Veillon, J.M., Rigault, F., Dagostini, G., (200). Composition et caractérisation de la flore indigène de Nouvelle-Calédonie. *Documents Scientifiques et Techniques*, Volume spécial II4, Juillet 2001, I.R.D., Centre de Nouméa, 121 pp.

Keith, P., Allardi, J. (coord.), (2001). Atlas des poissons d'eau douce de France. *Patrimoines naturels*, MNHN, 47 :1-387.

Keith, P., Vigneux, E., Marquet, G., (2002). Atlas des poissons et crustacés d'eau douce de la Polynésie française. *Patrimoines naturels*, MNHN, 55 : 1-175.

Laure, F., Herbette, G., Faure, R., Bianchini, J.P., Raharivelomanana, P., Fogliani, B., (2004). Structures of new secofriedelane and friedelane acids from *Calophyllum inophyllum* of French Polynesia. *Magnetic Resonance in Chemistry* (Accepté)

Léon, V., Fogliani, B., Bouraïma-Madjèbi, S., Pineau, R., (2004). Effects of Ni on growth and nutrient concentration in *Cunonia macrophylla*, an endemic New Caledonian Cunoniaceae. *Journal of Plant Nutrition* (Soumis).

Marquet, G., Keith, P., Vigneux, E., (2003). Atlas des poissons et crustacés d'eau douce de la Nouvelle-Calédonie. *Patrimoines naturels*, MNHN, 58 : 1-282.

McPherson, G., Lowry P., (2004). *Hooglandia*, a newly discovered genus of Cunoniaceae from New Caledonia. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. A paraître.

Morat, P., Jaffré, T., Veillon, J.M., MacKee, H.S., (1986). Affinités floristiques et considérations sur l'origine des maquis miniers de la Nouvelle-Calédonie. Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle, Paris. Section B, *Adansonia*, 2 : 133-182.

Murphy, R.C., Mathews, G.M., (1928). Birds collected during the Withney South Sea Expedition. V. *American Museum Novitates*, 337 : 1-18.

Myers, N., Mittermayer, R.A., Mittermeyer, C.G., Fonsecca da, G.A.B., Kent J., (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 : 853-858.

Perrier, N., Colin, F., Jaffré, T., Ambrosi, J-P., Rose, J., Bottero, J-Y., (2004). Nickel speciation in *Sebertia acuminata*, a plant growing on a lateritic soil of New Caledonia. *Comptes Rendus Geosciences*, 336(6): 567-577.

Sadlier, R.A, Bauer, A.M., Whitaker, A.H., Smith, S.A., (2004a). Two new species of scincid lizards (Squamata) from the Massif de Kopéto, New Caledonia. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 55(11) : 208–221.

Sadlier, R.A., Smith, S.A., Bauer, A.M., Whitaker, A.H., (2004b). A new genus and species of live-bearing scincid lizard (Reptilia: Scincidae) from New Caledonia. *Journal of herpetology*, 58(3) : 117–127.

Saintpierre, D., Amir, H., Pineau, R., Sembering, L., Goodfellow, M., (2003). *Streptomyces yatensis* sp. nov., a novel bioactive streptomyce isolated from a New-Caledonian ultramafic soil. *Antonie van Leeuwenhoek*, 83 : 21-26.

Saintpierre-Bonaccio, D., Maldonado, L.A., Amir, H., Pineau, R., Goodfellow, M., (2004). *Nocardia neocaledoniensis* sp. Nov., a novel actinomycete isolated from a New-Caledonian brown hypermagnesian ultramafic soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbioly*, 54 : 599-603.

Thibault, J.C., Martin, J.L., Penloup, A., Meyer, J.Y., (2002). Understanding the decline and extinction of monarchs (Aves) in Polynesian Islands. *Biological Conservation*, 108 : 161-174.

UICN, (2003). Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer. Planète Nature, Collection du Comité français pour l'UICN, Paris, France, 246 p.

Altération de la biodiversité terrestre des îles françaises du Pacifique: effets de l'anthropisation et des invasions biologiques

M. de GARINE-WICHATITSKY [1], N. BARRE [1], V. BLANFORT [1], F. BRESCIA [2], J. CHAZEAU [3], B. FOGLIANI [4], T. JAFFRE [3], H. JOURDAN [3], J-Y MEYER [5], C. PAPINEAU [6], J. TASSIN [1]

[1] IAC/CIRAD, BP 73, 98890 Païta, m.degarine@iac.nc, [2] IAC, BP 73, 98890 Païta, [3] IRD, BP A5, 98848 Nouméa, [4] UNC, BP 4477, 98847 Nouméa, [5] Délégation à la Recherche, BP 20981, Papeete, [6] Programme de Conservation des Forêts Sèches, IAC, BP 6, 98825 Pouembout

Introduction

Les îles françaises du Pacifique (IFP)[2], dont les terres émergées représentent moins de 5% de la surface de la France métropolitaine, recèlent une part considérable de la biodiversité terrestre présente sur le territoire français. La diversité, et surtout l'originalité, de la flore et de la faune terrestres y sont remarquables (Annexe 1) : plus de 3000 espèces endémiques de plantes vasculaires, 61 espèces de reptiles endémiques (aucune espèce endémique en France métropolitaine), 45 espèces d'oiseaux endémiques (1 seule en France métropolitaine)... Par rapport à la diversité mondiale, les espèces endémiques des IFP représenteraient par exemple près de 0,5 % des espèces d'oiseaux, 1,2 % des plantes vasculaires et plus de 2,8 % des mollusques terrestres (d'après Gargominy 2003). Mais la biodiversité exceptionnelle des IFP est également menacée (e.g. Bouchet, Jaffré & Veillon 1995; Meyer 2004; Mittermeier, Werner & Lees 1996). A ce titre, la Nouvelle-Calédonie et la Polynésie Française sont considérées comme des zones prioritaires pour la préservation de la biodiversité planétaire (Mittermeier *et al.* 1998; Myers *et al.* 2000; Stattersfield *et al.* 1998). Cette synthèse, qui associe une revue bibliographique et des communications personnelles de chercheurs travaillant sur une ou plusieurs des IPF, dresse un bilan des principales menaces qui pèsent sur la biodiversité terrestre de ces collectivités, et identifie les priorités en terme de recherche pour mieux comprendre les principaux facteurs de menace, afin de mieux les gérer.

Principales causes d'altération de la biodiversité

Selon la base de données de l'Union mondiale pour la nature (IUCN 2003 Red List of Threatened Species. <www.redlist.org>), 89 espèces végétales et animales des IFP sont déclarées officiellement éteintes à l'état sauvage, et 337 espèces sont considérées comme menacées (Tableau 1). En fonction des collectivités et des groupes taxonomiques considérés, ces estimations sont plus ou moins sous-évaluées selon le degré d'avancement des travaux sur la taxonomie et la distribution des organismes considérés (Cf Fogliani et al., présent volume). Ces données sont notamment insuffisantes

[2] Dans la présente synthèse : i) on entend par IFP les principales terres émergées de Nouvelle-Calédonie (Grande-Terre, île des Pins, îles Loyauté), la Polynésie Française (archipels Société, Tuamotu, Gambier, Australes et Marquises) et Wallis et Futuna (îles Wallis, Futuna et Alofi) ; ii) la biodiversité est essentiellement envisagée au niveau de l'espèce, bien que certains constats s'appliquent également à des niveaux supérieurs (diversité écosystémique) ou inférieurs (diversité génétique, sous-espèces ou variétés).

pour les arthropodes (e.g. actuellement seule une espèce primitive de Formicidae pourrait être considérée comme éteinte selon les critères de l'IUCN ; Jourdan & Chazeau, données non publiées), les bryophytes et les champignons, mais également pour certains groupes de plantes vasculaires. En Nouvelle-Calédonie par exemple, seulement 63% des espèces décrites ont fait l'objet d'une révision récente, postérieure à 1967 (Jaffré *et al.* 2001) et 5 à 10% des espèces sont encore à découvrir selon (Morat 1993).

Tableau 1. Espèces terrestres végétales et animales des Iles Françaises du Pacifique considérées comme officiellement disparues (catégories EX et EW) ou menacées (catégories CR, EN et VU) (source IUCN 2003. IUCN Red List of Threatened Species. <www.redlist.org>. 13 août 2004).

Statut IUCN	Total IFP	IFP	Plantes	Mollusques	Reptiles	Oiseaux	Mammifères
Espèces disparues (EX, EW)	89	NC	3	2	0	1	0
		PF	6	68	0	7	0
		WF	0	0	0	0	0
Espèces menacées (CR, EN, VU)	337	NC	215	6	3	10	4
		PF	47	29	2	24	0
		WF	1	0	0	1	0

IFP abbrev. : NC = Nouvelle-Calédonie, PF = Polynésie Française, WF = Wallis et Futuna

Les menaces avérées ou suspectées pour la survie de ces espèces, font partie de trois grands groupes, plus ou moins directement liés aux activités humaines : la destruction et la fragmentation des habitats, les invasions biologiques et la surexploitation des espèces. Pour l'ensemble des espèces des IPF considérées comme éteintes ou menacées (liste rouge de l'UICN, toutes catégories sauf LC), les facteurs de menaces identifiés sont d'origine anthropique dans plus de 87 % des cas (Tableau 2) : 53% sont attribuées à la destruction des habitats indigènes, 24% aux effets des espèces envahissantes et 11% à la surexploitation des espèces. L'importance relative des menaces représentées par les espèces envahissantes est variable en fonction des taxons considérés, mais elle représente une menace majeure dans de nombreux cas. Si l'on considère par exemple les 50 espèces d'oiseaux des IFP menacées ou éteintes au cours des 3 derniers siècles, 46 espèces ont subi les effets directs (prédation, compétition) ou indirects (destruction d'habitat, transmission de pathogènes) d'au moins une espèce introduite envahissante (d'après Barré & Dutson 2000; Birdlife International 2003; Thibault 1988).

Tableau 2: Principales menaces identifiées ou suspectées pour les espèces terrestres végétales et animales des Iles Françaises du Pacifique (*n* indique le nombre total d'espèces figurant sur la liste rouge, toutes catégories IUCN sauf LC ; IUCN 2003. IUCN Red List of Threatened Species. <www.redlist.org>. 13 août 2004) : nombre d'espèces concernées par chaque type de menace.

	Nouvelle-Calédonie (*n*=295)	Polynésie Française (*n*=239)	Wallis et Futuna (*n*=3)
Menaces d'origine anthropique			
Destruction d'habitat	65	12	1
Espèces envahissantes	9	25	1
Surexploitation	7	8	1
Menaces d'origine naturelle			
Catastrophes naturelles	2	5	0
Modification de la dynamique des espèces indigènes	1	4	0
Autres facteurs intrinsèques	6	1	0

Destruction et fragmentation des habitats naturels

Les feux de brousse ont joué un rôle majeur dans la destruction et la transformation des habitats naturels des IFP. Ils ont été à l'œuvre depuis fort longtemps (Hope & Pask 1998), mais leur fréquence a augmenté avec l'arrivée des premiers habitants en Nouvelle-Calédonie, entraînant une diminution drastique des forêts sèches (dont la surface actuelle occupe moins de 4428 ha, soit moins de 1% de la surface initiale estimée) et de certaines forêts sur roches ultramafiques (e.g. forêts dominées par *Arillastrum gummiferum*), ainsi que le recul des forêts denses humides sur l'ensemble de l'archipel (Stevenson, Dodson & al. 2001). Les feux ont également contribué à l'extension des maquis ligno-herbacés qui abritent de nombreuses espèces pyrophytes (Jaffré, Rigault & Dagostini 1998; MacCoy *et al.* 1999), tout en contribuant à la banalisation de ces formations et leur appauvrissement lorsque les incendies sont trop fréquents (Jaffré, Rigault & Dagostini 1998; Rigg, Enright & Jaffré 1998). Les feux de brousse continuent à l'heure actuelle d'affecter des surfaces importantes en NC (e.g. approximativement 48 000 ha en 2003, soit 2,9% de la surface de la Grande Terre ; Sécurité Civile comm. pers.). Cependant, bien qu'on ne dispose pas de données précises sur la nature des surfaces brûlées, il est vraisemblable qu'elles soient représentées en majorité par des savanes et des fourrés, dont la flore est principalement composée d'espèces introduites et d'espèces indigènes banales (Jaffré et al. 2001). Les feux représentent toutefois une menace actuelle pour certaines zones de maquis arbustifs et des reliques de forêts sèches et de forêts humides de basse altitude qui restent vulnérables à leurs effets.

Le défrichement de la végétation pour l'urbanisation et l'industrialisation a abouti à la destruction de mangroves (WF, côte ouest de NC) et de certaines formations indigènes des zones sèches (forêts sèches et maquis en Nouvelle-Calédonie). Les activités agricoles, notamment l'implantation de pâturages pour les élevages bovins (dont la surface couvre actuellement 14.6% de la surface de la Grande Terre ; Blanfort & Ollivier sous presse) se sont également traduites par la destruction de certaines formations indigènes (e.g. forêts sèches). Les pâturages sont essentiellement composés d'espèces introduites (CIRAD-EMVT/DAF 1994; Jaffré, Morat & Veillon 1994), qui constituent une source potentielle d'espèces envahissantes pour les formations indigènes avoisinantes (e.g. pour les forêts sèches de NC ; Blanfort sous presse; de Garine-Wichatitsky & Spaggiari sous presse; de Garine-Wichatitsky, Spaggiari & Ménard 2004).

En Nouvelle-Calédonie, malgré de notables améliorations consenties à partir des années 1970, l'exploitation minière conserve un impact négatif sur les formations sur roches ultramafiques (forêts et maquis miniers), qui occupent 5500 km^2 de la Grande Terre. Outre le décapage des surfaces exploitées pour l'extraction du minerai, ces activités font peser une menace majeure sur les forêts denses humides des massifs miniers. Ces forêts, qui totalisent 1121 espèces endémiques, soit plus de 40% de la flore endémique du territoire (Jaffré, Veillon & Pintaud 1997), sont cantonnées dans les talwegs de certains massifs miniers de la côte ouest, qui sont souvent utilisés pour le stockage des verses stériles. Par ailleurs, la proportion des surfaces réhabilitées après l'exploitation minière demeure faible. Les espèces pionnières de maquis, susceptibles d'amorcer la succession, devraient prochainement supplanter les espèces allochtones (*Pinus caribaea*, *Acacia spp*, graminées) et les espèces autochtones envahissantes (*Acacia spirorbis*, *Casuarina collina*) qui étaient, jusqu'aux années 1990, utilisées pour la réhabilitation de ces sites (Jaffré, Rigault & Sarrailh 1994 ; Tassin et al. sous presse).

Impacts des invasions biologiques

Un nombre important d'espèces animales et végétales allochtones, introduites de manière accidentelle ou volontaire (voir Gargominy *et al.* 1996 pour la Nouvelle-Calédonie), sont naturalisées et se reproduisent de manière spontanée (Annexe 1). Pour les plantes vasculaires, on dénombre à l'heure actuelle plus de 770 espèces allochtones naturalisées en Nouvelle-Calédonie (pour plus de 1600 espèces introduites ; MacKee 1994) et 520 espèces en Polynésie Française (pour plus 1700 espèces introduites ; Florence 2003). On évalue également le nombre d'espèces de vertébrés en liberté ou semi-liberté à plus de 34 en Nouvelle-Calédonie, 28 en Polynésie Française et 6 à Wallis et Futuna (Sherley 2000).

Malgré l'ampleur du phénomène à travers tout le Pacifique, ce n'est que de manière relativement récente que des études ont été menées sur les effets des espèces envahissantes sur la biodiversité des IFP. L'impact de certaines envahissantes, parmi les plus nuisibles ou les plus remarquables, sur les espèces et les habitats indigènes, a fait l'objet d'études spécifiques : *Miconia calvescens* en PF (e.g. Meyer 1996; Meyer, Florence & Tchung 2003), *Wasmannia auropunctata* en NC (Chazeau, Jourdan & Le Breton 2002; Jourdan, Sadlier & Bauer 2001) et *Cervus timorensis* sur la forêt sèche de NC (de Garine-Wichatitsky *et al.* 2003; de Garine-Wichatitsky, Spaggiari & Ménard 2004). Mais les conséquences de plusieurs espèces envahissantes, considérées comme des menaces majeures pour la biodiversité dans d'autres pays du Pacifique, et qui sont largement répandues dans une ou plusieurs des îles Françaises du Pacifique, demeurent méconnues et sans doute largement sous-évaluées. C'est le cas notamment de plantes envahissantes majeures (*Lantana camara, Leucaena leucocephala, Mimosa spp, Passiflora spp* et *Psidium spp)*, de mollusques terrestres (*Achatina fulica* et *Euglandina rosea),* de fourmis (*Anoplolepis gracilipes* et *Pheidole megacephala*), de poissons d'eau douce (*Oreochromis mossambicus* et *Micropterus salmoides)*, d'oiseaux (*Acridotheres tristis, Pycnonotus cafer*), de rongeurs (*Rattus exulans* et *Rattus rattus),* ainsi que des ongulés (cochons, bovins, petits ruminants, chevaux) et des carnivores domestiques (chiens et chats). Toutes ces espèces ont envahi a des degrés divers les îles de NC, PF et WF et leurs effets catastrophiques sur la biodiversité insulaire ont été démontrés dans d'autres pays du Pacifique (revue par Sherley 2000). Les milieux agricoles représentent souvent une source d'espèces envahissantes pour les milieux indigènes, mais ils subissent également les conséquences de ces invasions avec des répercussions économiques considérables (Blanfort, Balent & Julien 2003)

Surexploitation des espèces

Les prélèvements excessifs effectués dans le cadre d'activités commerciales, traditionnelles ou alimentaires mettent en danger d'extinction les populations de certaines espèces animales et végétales indigènes des IFP. La cueillette des fleurs de *Apetahia raiateensis* a entraîné la raréfaction de cet arbuste endémique de Polynésie Française, qui ne subsiste plus que sur certaines falaises de l'île de Raiatea (Meyer 1995). L'exploitation du santal (*Santalum spp*) en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie a conduit une diminution drastique de certaines populations et menace la pérennité de certaines variétés (e.g. variétés de *Santalum insulare* en Polynésie française ; Butaud & Tetuanui sous presse). Des populations entières de certaines essences exploitées pour la production de bois (*Agathis spp, Araucaria spp*, *Arillastrum gummiferum* ...) ont disparu de certaines localités (Nasi et Ehrhart, 1996), sans toutefois que la survie globale de ces espèces ne soit compromise à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie.

La chasse excessive met également en péril les populations de certaines espèces animales endémiques. C'est par exemple le cas des carpophages en PF et NC (*Ducula galeata* aux Marquises, en danger critique d'extinction selon l'UICN ; *Ducula goliath* dont certaines populations sont menacées sur la Grande-Terre de NC)(De Visscher 2001; Ekstrom et al. 2002), des 'roussettes' en NC (*Pteropus ornatus* et *Pteropus vetulus,* considérées comme vulnérables ; Kirsch *et al.* 2002) et des bulimes de l'île des Pins en NC (escargots géants *Placostylus fibratus*, considérés comme vulnérables selon l'UICN). Notons que si la chasse a un impact négatif sur certaines espèces de gibiers endémiques, elle joue également un rôle déterminant dans le contrôle des populations de certaines espèces introduites envahissantes (cochons, ruminants ensauvagés). Ce rôle ambigu du point de vue de la conservation, auquel s'ajoute une importance sociale, culturelle et parfois alimentaire, plaide pour une gestion globale de la chasse en concertation avec les acteurs locaux.

Certaines espèces endémiques rares (palmiers, reptiles, perruches) font par ailleurs l'objet de prélèvements illégaux en NC pour être revendus localement ou à l'étranger à des collectionneurs (Whittaker et Sellar, com. pers.; Hannecart 1988), mais l'importance de ce trafic et de son impact sur la survie des espèces restent à évaluer.

Conclusions – Priorités de recherche

Des mesures urgentes sont nécessaires pour assurer la préservation de la biodiversité des IFP, et la recherche doit contribuer à la définition de solutions adaptées, en concertation avec les

organismes gestionnaires et les populations locales (voir Meyer et al., présent volume). Les causes de l'érosion de la biodiversité terrestre sont essentiellement liées aux activités humaines, et les études pluridisciplinaires, associant les sciences humaines et biologiques, sur les savoirs traditionnels et les usages de la biodiversité par les populations locales (notamment les activités de chasse et de cueillette et la pharmacopée locale) doivent être encouragées. Les activités humaines se traduisent de manière directe par l'altération des habitats indigènes ou la surexploitation des espèces et de manière indirecte par l'impact des espèces envahissantes. La définition et la mise en place de modes de gestion efficaces peuvent s'appuyer sur les résultats de recherches menées sur les IFP, qui ont permis des avancées notables sur la caractérisation de certains habitats et groupes taxonomiques indigènes. Mais ces connaissances sont insuffisantes sur certains taxons et habitats indigènes méconnus, sur l'impact de la plupart des espèces introduites, sur le fonctionnement des écosystèmes indigènes et leur sensibilité aux perturbations (invasibilité, résilience des écosystèmes indigènes, impact des feux) et sur leurs interactions avec les agro-systèmes (coexistence entre les activités agricoles et la préservation de la biodiversité).

Ces priorités de recherche nécessitent des moyens supplémentaires par : i) un renforcement des programmes et des équipes intervenant sur les IFP (notamment par des compétences en taxonomie, écologie et dynamique des populations) ; ii) une augmentation des moyens de la recherche par le financement de projets sur des thématiques transversales et fédératrices (e.g. « Invasibilité des écosystèmes indigènes et gestion des espèces introduites en milieu insulaire »; « Environnement et société : perception et usages de la biodiversité des IFP ») qui permettront également d'améliorer la communication et les échanges entre les équipes des IFP, de France métropolitaine et de la région ; iii) la mise en place de dispositifs pérennes (réseaux d'observatoires représentatifs des milieux indigènes) permettant le suivi à long terme par des équipes pluridisciplinaires de l'évolution des écosystèmes sous l'action des perturbations (anthropiques, changements globaux, invasions biologiques).

Références bibliographiques

Barré, N. & Dutson, G. (2000). Oiseaux de Nouvelle-Calédonie. Liste commentée des espèces. *Alauda*, Supplément au n° 68, 48 pp.

BirdLife International (2003). *BirdLife's online World Bird Database: the site for bird conservation*, Version 2.0., Cambridge, UK.

Blanfort, V. (sous presse). *Ecologie des plantes envahissantes en relation avec les milieux pastoraux, cas des forêts sèches mises en défens de Tiéa à Pouembout et Mépouiri Sud à Poya.* Rapport Programme de Conservation des Forêts Sèches. IAC/EFS. Païta, Nouvelle-Calédonie.

Blanfort, V., Balent, G., & Julien, M. (2003). Invasibility of pastoral vegetation in dry areas of New Caledonia by native and exotic plant species. In International Rangeland Congress 2003, ICC, Durban, 28 July 2003 - 01 August 2003. *African Journal of Range & Forage Science*, 20(2).

Blanfort, V. & Ollivier, G. (sous presse). Invasive plants and pasture management in New Caledonia. In Atelier de travail régional sur les plantes envahissantes des espaces pastoraux. IAC/MAE, Ambassade de France en Australie., Koné, Nouvelle Calédonie.

Bouchet, P., Jaffré, T., & Veillon, J.-M. (1995). Plant extinction in New Caledonia : protection of sclerophyll forests urgently needed. *Biodiversity and Conservation*, 4, 415-428.

Butaud, J.-F. & Tetuanui, W. (sous presse) Le santal en Polynésie française. In Regional Workshop on Sandalwood Research, Developement and Extension in the Pacific Islands and Asia. Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

Chazeau, J., Jourdan, H., & Le Breton, J. (2002). *Etude de l'invasion de la Nouvelle-Calédonie par la fourmi pionnière Wasmannia auropunctata (Roger) : modalités, impact sur la diversité, moyens d'une maîtrise de la nuisance*, Rapport final, Programme Inwascal/Ecofor. Conventions Sciences de la Vie, Zoologie. n° 13. IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

CIRAD-EMVT/DAF (1994). *Caractéristiques et valeurs alimentaires des fourrages de Nouvelle-Calédoni.* CIRAD Dept Elevage, Dir de l'agriculture et de la forêt. CIRAD-EMVT, Nouméa.

De Garine-Wichatitsky, M., Duncan, P., Labbé, A., Suprin, B., Chardonnet, P., & Maillard, D. (2003). A review of the diet of rusa deer *Cervus timorensis russa* in New Caledonia : Are the endemic plants defenceless against this introduced, eruptive ruminant? *Pacific Conservation Biology*, 9, 136-143.

De Garine-Wichatitsky, M. & Spaggiari, J. (sous presse). Alien plants in native sclerophyll forests of New Caledonia : the role of ungulates? In Atelier de travail régional sur les plantes envahissantes des espaces pastoraux. IAC/MAE, Ambassade de France en Australie. Koné, Nouvelle Calédonie.

De Garine-Wichatitsky, M., Spaggiari, J., & Ménard, C. (2004). *Ecologie et impacts des ongulés introduits sur la forêt sèche de Nouvelle-Calédonie*, Rapport Programme de Conservation des Forêts Sèches n° 10-2004. IAC/CIRAD. Programme Elevage et Faune, Païta, Nouvelle Calédonie.

De Visscher, M.N. (2001). Conserver et gérer un patrimoine biologique: le cas des pigeons forestiers à faible répartition dans le Pacifique. *Bois et Forêts des Tropiques*, 268, 81-91.

Ekstrom, J., Jones, J., Willis, J., Tobias, J., Dutson, G., & Barré, N. (2002). New information on the distribution, status and conservation of terrestrial bird species in Grande Terre, New Caledonia. *Emu*, 102, 197-207.

Florence, J. (2003). La Polynésie française: environnement phytogéographique, l'homme et ses plantes. Archéologie en Océanie Insulaire (ed C. Orliac), pp. 130-149. Artcom, Paris, France.

Gargominy, O., ed. (2003). *Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer*, pp X et 246. Comité Français pour l'UICN, Paris, France.

Gargominy, O., Bouchet, P., Pascal, M., Jaffré, T., & Tourneur, J. (1996). Conséquences des introductions d'espèces animales et végétales sur la biodiversité en Nouvelle-Calédonie. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 51, 375-402.

Hannecart, F. (1988). *Les oiseaux menacés de la Nouvelle-Calédonie et des Iles proches.* Livre Rouge des Oiseaux menacés des régions françaises d'Outre-mer (eds J.C. Thibault & I. Guyot), Vol. Monographies 5, pp. 143-165. CIPO, Cambridge, UK.

Hope, G. & Pask, J. (1998). Tropical vegetational change in the late Pleistocene of New Caledonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 142, 1-21.

Jaffré, T., Morat, P., & Veillon, J.M. (1994). Dossier Nouvelle-Calédonie : La flore, caractéristiques et composition floristique des principales formation végétales. *Bois et Forêts des Tropiques*, 242, 7-29.

Jaffré, T., Morat, P., Veillon, J.M., Rigault, F., & Dagostini, G. (2001). *Composition et caractérisation de la flore indigène de Nouvelle-Calédonie.* IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Jaffré, T., Rigault, F., & Dagostini, G. (1998). Impact des feux de brousse sur les maquis ligno-herbacés des roches ultramafiques de Nouvelle-Calédonie. *Adansonia, sér. 3*, 20, 173-189.

Jaffré, T., Rigault, F., & Sarrailh, J.M. (1994). Dossier Nouvelle-Calédonie : la revégétalisation des anciens sites miniers. *Bois et Forêts des Tropiques*, 242, 45-57.

Jaffré, T., Veillon, J.M., & Pintaud, J.C. (1997). Comparaison de la diversité floristique des forêts denses humides sur roches ultramafiques et sur substrats différents en Nouvelle-Calédonie. Ecologie des milieux sur roches ultramafiques et des sols métallifères (eds T. Jaffré, R.D. Reeves & T. Becquer), pp. 163 -170. ORSTOM, Doc.Sci.,Tech. III 2, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

Jourdan, H., Sadlier, R., & Bauer, A. (2001). Little fire ant invasion *(Wasmannia auropunctata)* as a threat to New Caledonian Lizard: Evidences from a sclerophyll forest (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 38, 283-301.

Kirsch, R.A., Tupinier, Y., Beuneux, G., & Rainho, A. (2002). *Contributions à l'inventaire chiroptérologique de la Nouvelle-Calédonie : Chiroptera Pacifica, Missions 2000 et 2001. Rapport final et recommandations.* SFPM, Groupe Chiroptères Outre-Mer, France.

MacCoy, S., Jaffré, T., Rigault, F., & Ash, J.E. (1999). Fire and succession in the ultramafic maquis of New Caledonia. *J. of Biogeography*, 26, 579-594.

MacKee, H.S. (1994) *Catalogues des plantes introduites et cultivées en Nouvelle-Calédonie*, 2nd édition. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

Meyer, J.Y. (1995). *Étude du Tiare Apetahi sur le Temehani Ute Ute (Raiatea).* Rapport Délégation à l'Environnement, Papeete, Polynésie française.

Meyer, J.Y. (1996). Status of *Miconia calvescens* (Melastomataceae), a dominant invasive tree in the Society Islands (French Polynesia). *Pacific Science*, 50, 66-76.

Meyer, J.Y. (2004). Threat tof invasive alien plants to native flora and forest vegetation of eastern Polynesia. *Pacific Science*, 58, 357-375.

Meyer, J.Y., Florence, J., & Tchung, V. (2003). Les *Psychotria* (Rubiacées) endémiques de Tahiti (Polynésie Française) menacés par l'invasion de *Miconia calvescens* (Mélastomatacées): statut, répartition, écologie, phénologie et protection. *Rev. Ecol.*, 58, 161-185.

Mittermeier, R.A., Myers, N., Thomsen, J.B., Da, F.G.A.B., & Olivieri, S. (1998). Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas : Approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology*, 12, 516-520.

Mittermeier, R.A., Werner, T.B., & Lees, A. (1996). New Caledonia - a conservation imperative for an ancient land. *Oryx*, 30, 104-112.

Morat, P. (1993). Our knowledge of the flora of New Caledonia: endemism and diversity in relation to vegetation types and substrates. *Biodiversity letters*, 1, 72-81.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.

Nasi, N. &, Ehrhart, Y. (1996). Le Santal, un parfum de prospérité. 1ère partie : une longue histoire. *Bois et Forêts des Tropiques,* 247, 5-15.

Rigg, L.S., Enright, N.J., & Jaffré, T. (1998). Stand structure of the emergent conifer *Araucaria laubenfelsii*, in maquis and rainforest, Mont do, New Caledonia. *Australian Journal of Ecology*, 23, 528-538.

Sherley, G., ed. (2000). *Invasive species in the Pacific : a technical review and draft regional strategy*. Apia, Samoa. pp 190.

Stattersfield, A.J., Crosby, M.J., Long, A.J., & Wege, D.C., eds. (1998). *Endemic bird areas of the world - Priorities for biodiversity conservation*, pp 846.

Stevenson, J., Dodson, J.R., & al., e. (2001). A late quaternary record of environmental change and human impact from New Caledonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 168, 97-123.

Tassin, J., Jaffré, T. & Sarrailh, J-M. (sous presse). Thirty years of minerehabilitation trials in New Caledonia. Proceedings of the International Meeting: Preservation and ecological restoration in tropical mining environments. 15-20 juillet 2003, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

Thibault, J.C. (1988). Menaces et conservation des oiseaux de Polynésie française. Livre rouge des oiseaux menacés des régions françaises d'Outre mer (eds J.C. Thibault & I. Guyot), Vol. Monographie n°5. Conseil International pour la Protection des oiseaux.

Abbréviations utilisées

IFP : Iles Françaises du Pacifique
NC : Nouvelle-Calédonie
PF : Polynésie française
WF : Wallis et Futuna

Catégories de la liste rouge de l'UICN

EX : Eteint
EW : Eteint à l'état sauvage
CR : En danger critique d'extinction
EN : En danger
VU : Vulnérable
LC : Préoccupation mineure

Annexe 1. Diversité, endémisme et espèces allochtones des principaux groupes de la flore et de la faune terrestre des Iles Françaises du Pacifique : nombre d'espèces décrites considérées comme indigènes, endémiques ou naturalisées

		Nouvelle-Calédonie	Polynésie Française	Wallis et Futuna
Surface (Km^2)		18 576	3 521	142
Espèces indigènes	Plantes vasculaires	3 261 [1]	898 [3]	350 [1]
	Mollusques continentaux	214 [1]	>320 [1]	29 [1]
	Poissons d'eau douce	64 [4]	37 [6]	5 [6]
	Amphibiens	0 [1]	0 [1]	0 [1]
	Reptiles terrestres	76 [5]	10 [1]	11 [1]
	Oiseaux nicheurs	112 [1]	31 [1]	25 [1]
	Mammifères terrestres	9 [1]	0 [1]	1 [1]
Espèces endémiques	Plantes vasculaires	2 423 [1]	570 [3]	7 [1]
	Mollusques continentaux	201 [1]	320 [1]	11 [1]
	Poissons d'eau douce	11 [4]	14 [6]	0 [6]
	Amphibiens	0 [1]	0 [1]	0 [1]
	Reptiles terrestres	66 [5]	0 [1]	0 [1]
	Oiseaux nicheurs	23 [1]	22 [1]	0 [1]
	Mammifères terrestres	6 [1]	0 [1]	0 [1]
Espèces allochtones naturalisées	Plantes vasculaires	772 [1]	536 [3]	125 [1]
	Mollusques continentaux	24 [1]	?	9 [1]
	Poissons d'eau douce	6 [1]	3 [1]	3 [2]
	Amphibiens	1 [1]	0 [1]	0 [1]
	Reptiles terrestres	2 [5]	2 [1]	1 [1]
	Oiseaux nicheurs	13 [1]	13 [1]	1 [2]
	Mammifères terrestres	12 [1]	10 [2]	5 [2]

Sources : [1] Références citées par Gargominy (2003); [2] Sherley (2000) ; [3] Florence (2003); [4] Marquet (2003) ; [5] Whitaker (comm. pers. 2004) ; [6] références citées par Fogliani (présent volume)

Gestion de la biodiversité terrestre dans les îles françaises du Pacifique

Jean-Yves MEYER
Chargé de Recherche, Délégation à la Recherche, B.P. 20981 Papeete, Polynésie française, jean-yves.meyer@recherche.gov.pf

La biodiversité terrestre des îles françaises du Pacifique (NC, PF, WF) est confrontée aux mêmes menaces (disparition, fragmentation et modification des habitats, invasions par des espèces introduites, surexploitation des ressources, accroissement de la pression et des activités humaines) et à l'urgence à agir pour sauvegarder des habitats uniques et des espèces endémiques menacés de disparition à court-terme. Les mesures réglementaires (espèces et aires protégées) mises en place depuis les années 1950-70 sont insuffisantes (les parcs et réserves naturelles ne représentent que 2 à 3% de la surface terrestre de PF et de NC, il en existe aucun à WF). Depuis une dizaine d'années, plusieurs programmes contribuant à gérer et conserver la biodiversité terrestre ont été menés dans les îles françaises du Pacifique dans les trois directions suivantes :

- conservation *in situ* avec la réhabilitation des anciens sites miniers et la restauration d'habitats en NC en utilisant des plantes indigènes et endémiques, la sauvegarde de vestiges de forêts sèches en NC (mise en clôture), la translocation d'oiseaux endémiques menacés (*Vini ultramarina*, *Ducula galeata*) en PF pour constituer des populations de sauvegarde ;
- conservation *ex situ* avec la multiplication et la plantation des santals endémiques en PF et NC, l'élevage en captivité d'espèces animales endémiques (escargots *Partula* en PF ou *Placostylus* en NC) ;
- contrôle des espèces introduites envahissantes avec la lutte manuelle et biologique contre l'arbre *Miconia calvescens* en PF, la lutte chimique et hormonale contre les mouches des fruits *Bactrocera spp.* en PF et NC, les essais de lutte chimique (barrières et appâts toxiques) contre la fourmi *Wasmannia auropunctata,* la gestion des populations de cerf *Cervus timorensis russa* et celle des mauvaises herbes des pâturages en NC.

Si ces programmes ont donné des résultats satisfaisants face aux menaces existantes, des mesures pro-actives sont également nécessaires, notamment en matière de prévention contre l'introduction de nouvelles espèces envahissantes dans les agro-systèmes et les écosystèmes naturels (systèmes d'alerte précoce, protocole d'évaluation des risques, renforcement ou création de quarantaines, durcissement de la législation). Une collaboration accrue entre îles françaises du Pacifique et avec les pays voisins de la zone s'impose en matière de gestion et de conservation de la biodiversité (échange des informations, partage des connaissances, développement de réseaux d'experts, transfert de technologies, formation des personnels) afin de faire face à des problèmes aux dimensions régionales plutôt que nationales ou locales.

Valorisation de la biodiversité terrestre des iles françaises du pacifique : ressources et potentialités

P. RAHARIVELOMANANA [1], T. TEAI [1], A. GICQUEL [1], P. CABALION [2], J.M. BOUVET [3]

[1] Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles, UPF, BP 6570, 98702 Faaa, Polynésie Française, raharive@yahoo.com, [2] IRD, US Biodival, BP A5, 98848 Nouméa, Nouvelle-Calédonie, [3] CIRAD-Forêt, Campus de Baillarguet, 34398 Montpellier, France

Introduction

La biodiversité est un concept complexe, plutôt vague, qui s'étend des gènes aux écosystèmes et biomes, ainsi qu'aux interactions et processus. Sa valorisation peut avoir un sens économique, écologique ou socioculturel.

Renommées pour l'environnement océanique et marin, les terres émergées des contrées insulaires du Pacifique Sud incarnent l'image d'un univers paradisiaque associé au « jardin d'Eden ». Les îles françaises du Pacifique Sud (Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Wallis & Futuna) font partie intégrante de ces lieux mythiques des Mers du Sud dont la richesse et l'originalité de la biodiversité terrestre (flore, faune, écosystèmes, paysages...) présentent de réelles potentialités à valoriser.

Ces milieux insulaires du Pacifique Sud constituent une niche écologique caractérisée à la fois par un fort taux d'endémisme (espèces végétales, animales et microbiennes) et par une fragilité des écosystèmes causée par divers facteurs (activités anthropiques, changements climatiques, menaces dues aux espèces envahissantes...). Par exemple, les sols ultramafiques de Nouvelle-Calédonie (sols miniers), représentent un milieu extrême, avec un des taux d'endémisme végétal les plus élevés du monde (Jaffré et *al.*, 1987). La Polynésie française présente une forte densité d'espèces endémiques (63%) parmi les plus élevées de la région du Pacifique (Meyer., 2004). Les écosystèmes, constitués de systèmes dynamiques entre plusieurs espèces différentes, sont souvent complexes et laborieux à bien connaître dans leur ensemble. La détermination des « espèces clés » et la compréhension de leur rôle ne sont pas toujours évidentes. Par conséquent, la valorisation écologique à court, moyen et long terme, reste difficile à estimer.

La dimension culturelle de la biodiversité joue un rôle fondamental dans les sociétés océaniennes qui ont toujours accordé une place primordiale à la nature surtout dans leurs traditions. Par exemple, certains plantes (tiaré, uru...) et animaux (tortue) sont porteurs de symboles forts dans la mythologie, les rituels et différentes manifestations culturelles. La valorisation culturelle de la biodiversité serait à prendre en compte par une approche anthropologique.

Nous allons nous focaliser sur la valorisation de la biodiversité du point de vue économique en considérant deux catégories :

- valorisation directe : production de biens
- valorisation indirecte : fourniture de services

Valorisation directe

Le milieu terrestre fournit un nombre infini de biens essentiels à la vie humaine dont la liste exhaustive serait difficile à établir. A titre d'exemple, on peut citer la nourriture, les matériaux de construction (bois d'œuvre), les sources d'énergie, les habits (fibres végétales), les médicaments, ainsi que différents produits de consommation d'origine artisanale ou industrielle.
Les aspects financiers de cette valorisation peuvent être facilement évalués.

Valorisation indirecte

Les écosystèmes, ainsi que les espèces animales et végétales qui les constituent, fournissent toutes sortes de services à l'ensemble des êtres vivants (Daily, 1997). On peut en citer quelques exemples: les processus de régulation (telle que la régulation des gaz atmosphériques affectant le climat), la conservation des sols et des eaux, le recyclage des substances nutritives, le maintien de la reproduction végétale (par le biais de la pollinisation des fleurs et dissémination des graines), la lutte contre les insectes nuisibles et les maladies dans l'agriculture, l'opportunité pour le tourisme et les loisirs (Costanza et al, 1997).

Bien que son impact économique soit évident, l'évaluation des aspects financiers de cette seconde catégorie de valorisation n'est pas toujours aisée (Attfield, 1998).

La démarche classique de valorisation rationnelle des ressources naturelles de la biodiversité terrestre comporte plusieurs étapes d'acquisition de connaissances dans divers domaines consistant entre autres à :

- inventorier les ressources
- caractériser les ressources
- recenser les différentes utilisations et intérêts de ces ressources
- étudier les tendances et marchés des produits

Inventaire des ressources

Les travaux d'inventaire (flore, faune, produits agricoles, sites naturels et paysages d'intérêt) apportent des nouveaux éléments de réflexion et de sources d'inspiration quant aux ressources naturelles à exploiter. Les apports des techniques récentes de la biologie moléculaire ont révolutionné les différentes classifications taxonomiques.

Inventaire botanique

Considérées comme « l'or vert », les plantes constituent les principales sources de matières premières pour obtenir différentes sortes de produits d'intérêt économique tels que les bois précieux, les plantes médicinales, les plantes aromatiques, les produits cosmétiques, les fibres végétales, etc. Les découvertes de nouvelles espèces sur le terrain sont toujours d'actualité et viennent enrichir les flores respectives de la Polynésie française et de la Nouvelle-Calédonie.

Inventaire de la flore microbienne

Les microorganismes du sol et essentiellement les actinomycètes sont connus pour être d'excellents producteurs de composés bioactifs, tels que des antibiotiques, des antiviraux, des enzymes à activités diverses (Sanglier et *al,* 1996). La richesse des sols ultramafiques de Nouvelle-Calédonie en actinomycètes originaux et bioactifs a été démontrée avec la découverte de plusieurs nouvelles espèces telle que le *Streptomyces yatensis* (Saintpierre et *al*, 2003).

Inventaire des produits de l'agriculture et de l'élevage

La biodiversité a joué un rôle essentiel dans le développement de l'agriculture en fournissant les cultures de base et les animaux à domestiquer dont la liste continue à s'allonger.

En effet, les plantes sauvages les moins familières peuvent devenir des sources importantes d'alimentation dans l'avenir. Les produits agricoles, sources de matières premières renouvelables, ont

toujours constitué une filière de valorisation artisanale ou industrielle dont l'impact économique est non négligeable (la consommation locale et l'exportation).

En faveur des pays tropicaux, la consommation mondiale de produits exotiques est toujours en expansion et leur valorisation pourrait faire émerger « des produits innovants » (par exemple produits régionaux ou labélisés AOC).

Inventaire faunistique

La présence de faunes particulières caractérisées par leur beauté, rareté ou complexité dans certains sites, peut susciter un attrait touristique et favoriser leur valorisation par l'écotourisme. On peut citer par exemple les oiseaux de Tetiaroa ou le cagou en Nouvelle-Calédonie.

Certaines espèces animales contiennent des molécules d'intérêt pour la pharmacologie (exemple dans les venins des animaux à sang froid) ou la parfumerie (musc).

Inventaires de sites classés

La nature exerce une fascination pour l'homme par sa valeur esthétique.

Les endroits renfermant des espèces originales en flore et/ou faune, ou comportant des écosystèmes particuliers peuvent être délimités en « aires protégées » dont l'accessibilité serait régulée et valorisée par l'écotourisme. Il en est de même de ces sites magnifiques dont le paysage s'avère original (plage, forêt, plateaux, montagnes...etc.) qui font partie de la biodiversité terrestre à valoriser par le tourisme.

Caractérisation des ressources

L'optimisation de la valorisation d'une ressource naturelle (végétale ou animale) nécessite une bonne connaissance de ses caractéristiques physico-chimiques, chimiques, génétiques ainsi que ses potentiels d'intérêt comme ses activités biologiques,... etc.

Caractérisation chimique

L'étude chimique permettant d'identifier et de quantifier les métabolites d'intérêt contenues dans une substance naturelle (animale ou végétale) est indispensable en vue de l'optimisation de sa valorisation. En effet, lors des formulations de produits sophistiqués (pharmacologie, cosmétologie, parfumerie...), il est indispensable de préciser les teneurs en constituants actifs ou molécules indésirables des différents ingrédients. Par exemple, la richesse en α et β-santalols est un indice de qualité pour l'huile essentielle de santal en parfumerie. La détermination du chimiotype de la substance à valoriser est aussi importante dans certains cas, par exemple pour certaines huiles essentielles utilisées en aromathérapie comme le niaouli (Trilles, 1999) ou le santal (Butaud et al., 2003).

Caractérisation génétique

La connaissance des caractéristiques génétiques d'une espèce (animale ou végétale) est intéressante à plusieurs titres. En effet, la biodiversité constitue une banque génétique qui peut être utilisée pour la sauvegarde d'espèces, leur amélioration (pour leur performance agricole par exemple), leur adaptation à certaines conditions environnementales, la création de nouvelles races plus résistantes aux maladies, etc.

Caractérisation de la bioactivité

De tout temps, la nature a constitué un réservoir inépuisable de substances bioactives pour les pharmacopées traditionnelles et modernes (Grifo et al., 1997).

L'évaluation de l'activité biologique des métabolites secondaires contenue dans les substances naturelles permet d'établir des applications bien ciblées de ces molécules dans divers domaines (cosmétologie, pharmacologie, etc.). Pour ce faire, une panoplie de tests (screening biologique) sont disponibles: antimicrobien, antibiotique, anticancéreux, antifongique, antivirale, antioxydant....etc. Par exemple : le *Calophyllum caledonicum* contient de nouvelles molécules de xanthones à activité

xanthones à activité antifongique (Morel et al., 2002), le *Cunonia macrophylla* contient des éllagitannins antimicrobiens (antibactériens et antifongiques) présentant des capacités d'inhibition de la xanthine oxydase (Fogliani et al., 2004).

Recensement des utilisations

La connaissance des diverses possibilités d'utilisations traditionnelles (pharmacopée, alimentaire, artisanat) et modernes (pharmacologie, cosmétique, parfumerie, alimentaire) d'une substance contenant des métabolites bien identifiés pourrait être une source d'inspiration pour valoriser d'autres substances contenant ces mêmes métabolites (ou affiliées à la même famille). Les usages traditionnels sur la biodiversité sont particulièrement utiles à connaître car avec la transmission orale des savoirs, le risque de déperdition des informations s'accélère au fil du temps.

Etude des tendances et marchés

Les « effets de mode », existent aussi sur le marché des substances naturelles qui connaît actuellement un engouement avec les compléments alimentaires (alicaments) par exemple. Dans cette catégorie de produits, on peut citer par exemple une demande importante en produits à activité antioxydante, en produits contenant des phytohormones. La hausse de la consommation en produits issus de l'agriculture biologique reflète le même phénomène.

La baisse de la production d'essence de santal en Inde a fortement augmenté le prix de cette essence (> 200 $ US/ kg) au niveau du cours mondial.
La prospection de tels marchés potentiellement porteurs est un atout pour la valorisation des produits naturels.

Conclusion

En résumé, il est nécessaire de connaître la biodiversité dans son ensemble pour bien la gérer et la valoriser au mieux. Une fois que l'on a identifié les ressources et estimé leurs potentialités, les réflexions visant les perspectives de valorisation à mettre en œuvre seront guidées par les tendances des marchés. De nouvelles voies sont à explorer dans le but de développer une économie durable basée sur des filières de produits naturels (ressources renouvelables ou non) et respectueuse de la biodiversité terrestre.

La compilation des données scientifiques fondamentales et appliquées acquises à l'heure actuelle montre d'importantes lacunes dans différents domaines pour une meilleure connaissance de tous les éléments constitutifs de cette biodiversité et de leurs interactions. Des recherches à caractère pluridisciplinaire devraient être menées pour optimiser la valorisation directe et indirecte de cette biodiversité.

Références bibliographiques

Jaffré T., Morat Ph., Veillon J.M et MacKee H. S., (1987). Changements dans la végétation au cours du tertiaire : la végétation et la flore des roches ultrabasiques. *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat.*, Paris, 4e sér., 9, section B, *Adansonia,* 4, 365-391.

Meyer J.Y., (2004). Communication personnelle.

Daily G.C., (1997). Natures'services: societal dependence on natural ecosystems. Island Press, Washington D.C.

Costanza R., D'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. and Van den Belt M., (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature,* 387, 253-260.

Attfield R., (1998). Existence value and intrinsic value. *Ecological economics*, 24, 163-168.

Sanglier J.J., Haag H., Huck T.A. and Fehr T., (1996). Review of actinomycetes 1990-95. *Exp. Opin. Invest. Drugs*, 5 (2), 207-233.

Saintpierre D., Amir H., Pineau R., Sembering L., Goodfellow M., (2003). *Streptomyces yatensis* sp. *Nov.*, a novel bioactive steptomycete isolated from a New-Caledonian ultramafic soil. *Antonie van Leeuwenhoek*, 83, 21-26.

Trilles B., (1999). Thèse. Connaissance et valorisation d'une espèce à huiles essentielles de Nouvelle-Calédonie : *Melaleuca quinquenervia* [Le Niaouli].

Butaud J.F., Raharivelomanana P., Bianchini J.P. and. Baron V. "A new chemotype of sandalwood (*Santalum insulare* Bertero ex A. DC.) from Marquesas Islands", (2003). J. of Ess. Oil Res., 15, 323-326.

Grifo F., Newman D., Fairfield A.S., Bhattacharya B. and Grupenhoff J.T. (1997). Biodiversity and human health. Island Press, Washington.

Morel C., Hay A.E., Litaudon M., Sevenet T., Séraphin D., Bruneton J. and Richomme P., (2002). Thirteen new xanthone derivatives from *Calophyllum caledonicum* (Clusiceae). *Molecules,* 7 (1), 38-50.

Les latérites en environnement tropical, source de métaux d'intérêt économique

Fabrice COLIN [1], Anicet BEAUVAIS [1], Jean-Paul AMBROSI [1] et Daniel NAHON [2]
[1] IRD, BP A5, 98848 Nouméa cedex, Nouvelle-Calédonie, colin@ird.noumea.nc, [2] CEREGE, Aix en Provence, France

Introduction

Le mot Latérite vient du latin *later*, qui signifie « brique ». Buchanan (1807) observe des sols rouges d'Inde, sols qui durcissent à l'air et que les Indiens utilisent alors pour faire des briques et construire leurs habitations.

Aujourd'hui, on nomme latérites les manteaux d'altération, épais de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres, issus de l'altération météorique de la lithosphère sous des climats tropicaux.

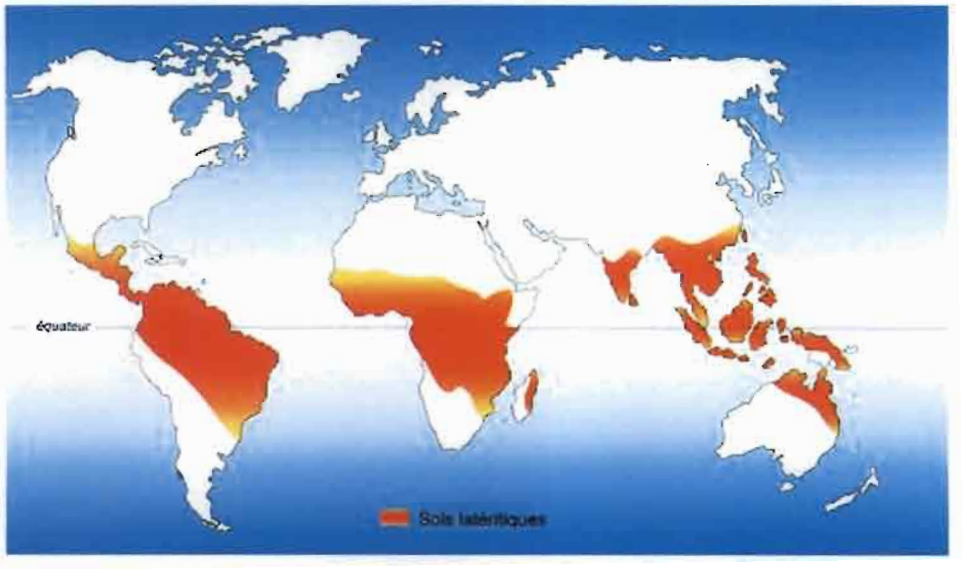


Figure 1 : Domaine intertropical de formation et préservation des latérites (D'après Pedro, 1968)

À l'échelle du Globe terrestre, les latérites couvrent un tiers des surfaces émergées, la majorité se trouvant dans le domaine intertropical qui couvre pour sa part près de 40 % des terres émergées comme le montre la figure 1. Ce sont des formations anciennes de plusieurs millions d'années.

Les latérites sont les produits résiduels de la dénudation chimique et physique sélective des roches, recyclant les éléments les moins mobiles sous des formes minéralogiques en équilibre avec les conditions d'altération de la surface de la Terre, comme les oxyhydroxydes métalliques et les argiles. Elles peuvent constituer alors des métallotèques recélant des concentrations métallifères (Al, Fe, Mn,

Ni, Cu, Co, Cr, Ti, Au, Ag, Pt), dont certaines sont d'intérêt économique pour les pays de la zone intertropicale (Nahon et al., 1992).

Bien que dépourvues d'éléments nutritifs, les latérites sont le substrat indispensable des écosystèmes intertropicaux (savanes, forêts) comme ceux d'Afrique, d'Amérique du Sud ou d'Indonésie. On mentionnera aussi ceux de Nouvelle-Calédonie qui se développent et évoluent sur des sols riches en nickel et autres métaux (Cr, Mn, Co), et qui nourrissent néanmoins de nombreuses espèces végétales endémiques.

Les manteaux d'altération latéritiques constituent également des aquifères, importantes ressources en eau pour l'aménagement agricole et le développement du monde rural intertropical, mais qui peuvent s'avérer fortement perturbées lors des excavations minières.

Les latérites sont donc des objets de recherches scientifiques multi-approches et multi-échelles qui nécessitent des études multidisciplinaires intégrées.

Historique de l'étude des latérites

Dès le début du XXe siècle, les géographes s'intéressent aux paysages latéritiques du Brésil, et de l'Afrique de l'Ouest. Ils tentent d'établir des correspondances entre les surfaces latéritiques à l'échelle régionale et de lier ces surfaces et les formations associées à des processus d'altération et d'érosion mécanique successifs. Ils sont les premiers à décrire les latérites comme des sols très anciens.

L'utilisation des microscopes photoniques permet d'étudier la minéralogie des latérites, avec en particulier, l'école de Georges Millot à partir des années 60, les études ayant surtout porté sur les argiles (Millot, 1964). Puis l'école de pétrologie des altérations (Delvigne, 1965 ; Nahon, 1991 ; Tardy, 1993) précise les relations à l'échelle micrométrique entre les minéraux primaires et les minéraux secondaires qui se succèdent à partir des fronts d'altération jusqu'en surface. Ces auteurs mettent ainsi en évidence les processus chimiques et minéralogiques qui caractérisent les paragenèses latéritiques (Ambrosi et Nahon, 1986). Parallèlement, les études géochimiques de thermodynamique et cinétique de l'école américaine (Garrels et Christ, 1965 ; Berner, 1971 ; Helgeson, 1971) précisent les conditions physico-chimiques qui contrôlent les réactions de dissolution des minéraux primaires et de précipitation des phases secondaires.

Depuis les années 80, les latérites sont étudiées à l'échelle des bassins versants, dans leurs liens avec les différentes sphères (biosphère, hydrosphère, atmosphère) et les bilans de masses transférées sont calculés d'une sphère à l'autre. Parallèlement, les études de géomorphologie quantitative, de datation absolue, de traçage de condition de formation par géochimie isotopique permettent non seulement de qualifier et de quantifier les processus d'altération latéritique mais aussi de lier les formations latéritiques aux climats qui prévalaient lors de leur mise en place et de leurs évolutions successives. Les latérites sont le résultat de cycles alternants d'altération et d'érosion au gré des changements climatiques (Beauvais, 1999), et sont pour cela, considérées comme des archives paléoclimatiques (Tardy et Roquin, 1998).

Processus d'altération, formation des latérites

La formation des latérites est initiée dès la dissolution chimique des minéraux primaires des roches des substrats géologiques des cratons de la ceinture intertropicale sous l'influence des eaux météoriques et de la température. Ce premier processus induit l'évacuation différentielle des produits de dissolution des roches (altération chimique) par les eaux. Les éléments les plus mobiles comme le silicium, le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium sont les premiers à passer en solution pour être évacués par les eaux de nappes et de rivières. En revanche, les métaux comme l'aluminium, le fer, le manganèse, le nickel et le cuivre, mais aussi des métaux précieux comme l'or et le platine, restent piégés au sein des profils d'altération associés aux phases minérales oxy-hydroxylées et oxydées secondaires.

Processus d'érosion, destruction des latérites, accumulations sédimentaires

Un second processus concerne l'évacuation des matériaux d'altération secondaires par les rivières et les fleuves (érosion mécanique). Les produits solides ainsi évacués sont accumulés soit dans des dépressions topographiques (bassins sédimentaires intracontinentaux) soit transportés jusqu'aux mers et océans. Un tel processus peut-être poussé jusqu'à la dénudation complète des manteaux d'altération, laissant apparaître à nouveau les roches des substrats géologiques. À titre d'exemple les dômes granitiques (« Inselbergs ») d'Australie, d'Inde, de l'Afrique sub-sahélienne et du Brésil constituent les anciennes reliques géomorphologiques d'un tel processus.

Dans leur ensemble, les paysages latéritiques des zones intertropicales résultent d'une longue évolution où altération et érosion ont alterné sur plusieurs dizaines de millions d'années. De tels paysages montrent à la fois les témoins géomorphologiques de grandes périodes d'altération (plateaux latéritiques à profils épais) mais aussi d'érosion (dépressions et alvéoles aux pieds et entre les plateaux reliques).

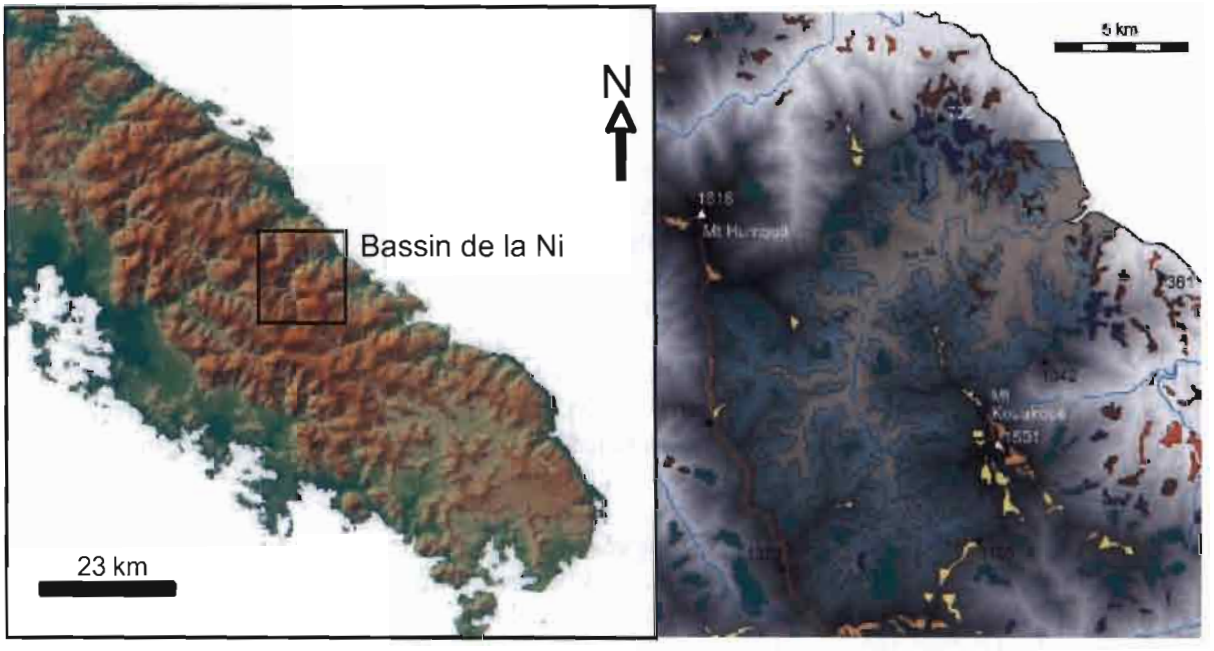


Figure 2 : Distribution des surfaces d'aplanissement (couleurs vives) et des alvéoles d'érosion (bleu clair et beige) dans le bassin de la Ni en Nouvelle-Calédonie, localisé sur le modèle numérique de terrain (Chevillotte, 2005).

À titre d'exemple, la cartographie géomorphologique numérique des surfaces latéritiques et des surfaces d'érosion de Nouvelle-Calédonie (Fig. 2) a permis de reconstituer l'histoire des paysages de cette île depuis la mise en place des péridotites, il y a 34 Ma. Les influences des variations climatiques et des mouvements tectoniques sur le façonnement d'un tel paysage ont été définies (Chevillotte, 2005).

Processus d'altération supergène, genèse des gisements métallifères

Lorsque les processus d'altération chimique l'emportent sur les processus d'érosion mécanique, sur de grandes périodes de temps, de véritables gisements métallifères latéritiques d'intérêt économique peuvent se former par le jeu de la mobilité différentielle des éléments au cours de la dissolution des roches des cratons de la zone intertropicale (Fig. 3).
À titre d'exemples, des études ont été menées sur les processus et modes d'enrichissement de l'or en milieu latéritique (placers, accumulations dans les profils d'altération), et sur les processus d'altération ayant conduit à la formation et l'évolution des gisements manganésifères du Brésil et d'Afrique.

Figure 3 : Répartition des grandes provinces aurifères en jaune et manganésifères (points noirs) sur les boucliers de la zone intertropicale (rose) ; a : gisement manganésifère de Tambao et b : travail de l'orpaillage au Burkina Faso, c : garniérite nickélifère de Nouvelle-Calédonie.

Les avancées sur les méthodes isotopiques de datation absolue des latérites manganésifères d'Afrique et du Brésil (Vasconcelos, 1994 ; Ruffet et al., 1996 ; Hénocque et al., 1998) ont par ailleurs permis d'appréhender l'histoire ancienne de ces latérites en relation avec les changements climatiques et géomorphologiques, faisant intervenir en alternance les processus d'altération et d'érosion. De même la vitesse des processus d'érosion est quantifiable grâce aux mesures de production in situ de ^{10}Be dans les grains de quartz (Braucher et al., 1998).

Des études actuelles portent sur les processus supergènes de formation des gisements nickélifères et de concentration du platine dans les manteaux d'altération latéritique de Nouvelle-Calédonie (Traore, 2005). Sur ce territoire, les études visent aussi à définir l'impact environnemental de l'exploitation et l'industrie du nickel et les relations entre les sols riches en métaux et les plantes endémiques (Perrier et al., 2004).

Industrie minière, développement économique et environnement

La conciliation entre développement économique par valorisation des ressources minières et préservation de l'environnement à travers ses ressources biologiques et hydrologiques est une préoccupation de premier ordre pour les pays de la zone intertropicale.

Comment la recherche peut accompagner un tel développement économique tout en respectant l'environnement, ses ressources en eau et sa biodiversité ?

Des recherches pluridisciplinaires et multi-échelles contribuent à une meilleure caractérisation des écosystèmes naturels englobant la lithosphère, la biosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère pour mieux évaluer les risques induits par l'industrie minière, notamment en milieu insulaire. En effet, l'impact des activités anthropiques sur l'environnement pris dans sa globalité est d'autant mieux évalué que les recherches fondamentales menées en amont de ces activités en fixent les conditions limites.

Des collaborations régionales et internationales, dans le cadre de projets fédérateurs à vocation scientifique et technique, fondamentale et appliquée, doivent donner des éléments de réponse aux questions posées par le développement économique.

Références bibliographiques

Ambrosi J-P., Nahon D. (1986). Petrological and geochemical differentiation of lateritic iron crust profiles. *Chem. Geol.*, 57, 371-393.

Beauvais A. (1999). Geochemical balance of lateritization processes and climatic signatures in weathering profiles overlain by ferricretes in central Africa. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **63**, 23/24, 3939-3957.

Berner R.A. (1971). Principles of chemical sedimentology. Mc Graw Hill, New York, 240 p.

Braucher R., Colin F., Brown E.T., Bourlès D.L., Bamba O., Raisbeck G.M., Yiou F., Koud J.M. (1998). African laterite dynamics using in situ-produced ^{10}be. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 62, 1501-1507.

Buchanan F. (1807). A journey from Madras through the Countries of Mysore, Kanara and Malabar. East India Company, London, 2, 440-441.

Chevillotte V. (2005). Morphogenèse tropicale en contexte epirogenique modéré ; exemple de la Nouvelle-Calédonie (Pacifique Sud-Ouest). Thèse Doctorat Univ. De Nouvelle-Calédonie, Nouméa, 166 p.

Delvigne J. (1965). Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique. Mém. ORSTOM, Paris, 13, 177 p.

Garrels R. M., Christ C. L. (1965). Solutions, minerals and equilibria. Harper and Row, New York, 450 p.

Helgeson H.C. (1971). Kinetics of mass transfer among silicates and aqueous solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 33, 455-481.

Hénocque O., Ruffet G., Colin C., Féraud G. (1998). ^{40}Ar/^{39}Ar dating of West African lateritic cryptomelanes. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **62**, 2739-2756.

Millot G. (1964). Géologie des argiles. Masson, Paris, 499 p.

Nahon D. (1991). Introduction to the petrology and chemical weathering. John Wiley & Sons, London 313 p.

Nahon D., Boulangé B., Colin F. (1992). Metallogeny of weathering : an introduction. In Weathering, soils & Paleosols, Martini I. P. & Chesworth W. (Eds), Developments in Earth Surface Processes 2, 17, 445-467.

Pedro G. (1968). Distribution des principaux types d'altération chimique à la surface du globe. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, **10**, 5, 457-470.

Perrier N., Colin F., Jaffré T., Ambrosi JP., Rose J., Bottero J-Y. (2004). Nickel speciation in *Sebertia acuminata*, a plant growing on a lateritic soil of New Caledonia. *C. R. Geoscience*, 336, 567-577.

Ruffet G., Innocent C., Michard A., Féraud G., Beauvais A., Nahon D., Hamelin B. (1996). A geochronological ^{40}Ar/^{39}Ar and ^{87}Rb/^{87}Sr study of K-Mn oxides from the weathering sequence of Azul (Brazil). *Geochim. Cosmochim. Acta*, **60**, 2219-2232.

Tardy Y. (1993). Pétrologie des latérites et des sols tropicaux. Masson, Paris, 535 p.

Tardy Y., Roquin C. (1998). Dérive des continents, paléoclimats et altérations tropicales. Editions BRGM, Orléans, 473 p.

Traore D. (2005). Serpentinisation hydrothermale et altération latéritique des roches ultrabasiques en milieu tropical : Evolution géochimique et minéralogique de la minéralisation en platine de la rivière des Pirogues, (Nouvelle-Calédonie). Thèse Doctorat Univ. de Nouvelle-Calédonie, Nouméa, 193 p.

Vasconcelos P. M., Renne P. R., Brimhall G.H., Becker T.A. (1994). Direct dating of weathering phenomena by ^{40}Ar/^{39}Ar and K-Ar analysis of supergene K-Mn oxides. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **58**, 1635-1665.

Gestion intégrée des ressources en eau douce des îles hautes carbonatées du sud-ouest Pacifique - Le cas des îles Loyauté, Nouvelle-Calédonie

Didier LILLE (1), Michel ALLENBACH (2), TOURAÏVANE (1), Gilles TALADOIRE (2,1), Jean-Marie FOTSING (3,1), Mathias CHAUCHAT (2), Daniel HOUMBOUY (4)

(1) Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Unité ESPACE
(2) Université de la Nouvelle-Calédonie (UNC), LGPMC, ERIM, jeune équipe de droit
(3) Université d'Orléans
(4) Province des îles Loyauté, Service environnement

Résumé

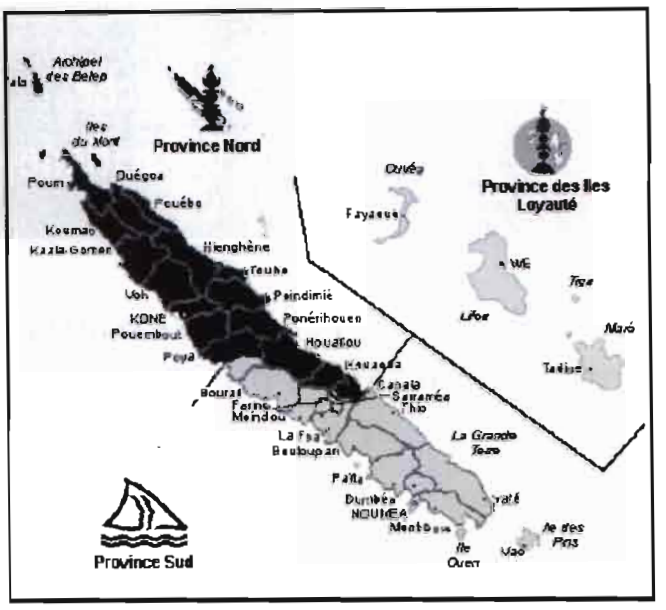
L'archipel des Loyauté s'étend sur plus de 500 km de long, entre 19°45' et 22°30' de latitude sud et 165°30' et 168°50' de longitude est. Son orientation NO-SE est sensiblement parallèle à l'allongement de la « Grande-Terre » néo-calédonienne. Il est séparé de celle-ci par le bassin des Loyauté d'une centaine de km de largeur et dont la profondeur dépasse les 2000 m. Sa superficie totale est de 2000 km2 environ. Les quatre îles principales sont du sud vers le nord : Maré (650 km2), Tiga (13 km2), Lifou (1150 km2) et Ouvéa (160 km2). Il s'agit d'îles hautes carbonatées, constituant les sommets émergés d'une chaîne sous-marine d'origine volcanique encore mal connue. En l'absence de réseau hydrologique de surface, les ressources en eau des îles Loyauté sont contenues dans la partie noyée de ce karst, sous forme de lentilles d'eau douce, alimentées par les eaux pluviales.

Les lentilles d'eau douce constituent la seule ressource en eau des Loyauté. Le milieu est vulnérable, complexe et mal appréhendé. Le développement économique est une nécessité pour les Loyauté, or aucune activité n'est indépendante de l'eau. Du fait de la situation, les risques de pollution de la lentille prennent une importance considérable. Le programme ***SAGE*** (Système d'Aide à la Gestion de l'Eau) a été mis en œuvre par la Province des îles Loyauté afin de répondre à la question suivante : Comment rendre les filières de développement économique, agriculture, tourisme, élevage ou projets d'aménagement compatibles avec la gestion durable de la ressource en eau ?

Les enjeux sont ainsi de trois ordres : 1) Préserver la santé des populations consommatrices, 2) conjuguer le développement économique et la préservation de la ressource en eau et 3) protéger et gérer un patrimoine environnemental de niveau mondial par sa biodiversité et son caractère endémique.

Afin de répondre au besoin exprimé, un groupement scientifique de compétences pluridisciplinaires dans les domaines des sciences de l'eau, des sciences technologiques, juridiques et de communication a été mis en œuvre. L'environnement est un tout, intégrant aussi bien la composante culturelle que la composante écologique.

En particulier les grands axes ayant trait aux géosciences (compréhension du fonctionnement de la nappe et vulnérabilité de la ressource), à l'environnement de surface (pollutions, risques et menaces), à la formation (information des acteurs et sensibilisation des enfants), à la télédétection (suivi et actualisation des données cartographiques et des indicateurs de surface) et aux systèmes d'information (spécification, capitalisation de connaissances, télécommunication) ont été étudiés.



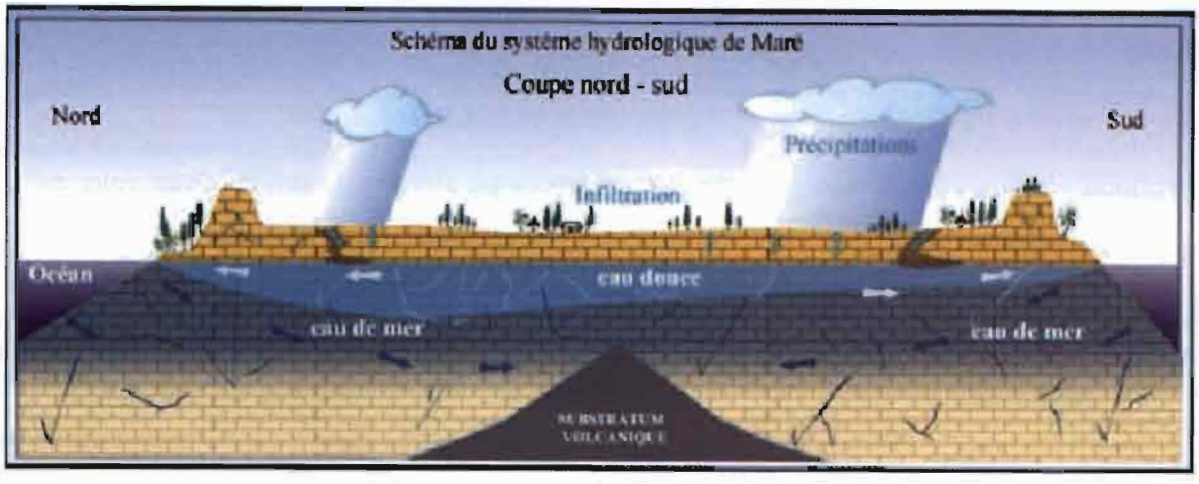
Le produit central est un système intégré de connaissances et de données, baptisé ***EAUNET*** à l'attention des acteurs du développement des îles Loyauté. Il permet en particulier de disposer à tout instant et en tout lieu via Internet d'une information sélectionnée, actualisée et scientifiquement validée, à des fins d'aide à la décision.

Cette présentation propose de décrire cette expérience récente et plus particulièrement deux aspects : D'une part la démarche participative de mise en œuvre du programme (collectivités publiques, autorités coutumières, population, scientifiques) et d'autre part la méthode générique de conception d'un système dynamique intégré et distribué de connaissances géoréférencées sur le sujet.

Contexte

Comme beaucoup d'îles coralliennes du pacifique, l'archipel des îles Loyauté est dépourvu de réseau hydrographique de surface. Les nappes phréatiques représentent la seule ressource en eau douce pour ces îles.

L'évolution démographique, les nombreux projets de développement (touristique, industriel, agricole) et les préoccupations environnementales des responsables politiques et coutumiers ont conduit la Province des Iles Loyauté (PIL) à mettre en place une politique ambitieuse de gestion concertée de cette ressource. Dans ce contexte, un certain nombre d'opérations ont été engagées par la PIL depuis 1990. Dans ce contexte, le programme SAGE (Système d'Aide à la Gestion durable de l'Eau) a pour objectif de mettre à disposition des services techniques et des décideurs les résultats scientifiques et techniques disponibles sur la ressource en eau et de les intégrer dans un système d'information pérenne, évolutif et accessible par les différents acteurs du développement. Une meilleure compréhension et donc une meilleure gestion de l'environnement et des ressources naturelles pour un développement raisonné impliquent une pluridisciplinarité complexe. Dans le cadre de ce programme, l'IRD, l'Université de la Nouvelle-Calédonie et l'Université d'Orléans ont travaillé en étroite collaboration avec les services techniques afin de rendre accessible leur expertise pluridisciplinaire en environnement (géologie, géomatique, sciences sociales, juridique, système d'information, télédétection, communication et formation).



Juridique

La Nouvelle-Calédonie et plus particulièrement la Province des Îles Loyauté est confrontée à des problématiques spécifiques en matière juridique. Les acteurs locaux recherchent des moyens juridiques adaptés pour protéger, gérer, et le cas échéant restaurer, un environnement dont les richesses, longtemps préservées, sont soumises à des pressions croissantes. Le droit en la matière est encore au stade de sa formation : les textes nationaux n'ayant pas été étendus au territoire calédonien, les autorités locales, et plus précisément les provinces, élaborent les règles.

Géologie

L'eau consommée par la population locale provient essentiellement d'une lentille d'eau douce naturelle présente dans la roche calcaire composant ces îles. Les eaux alimentant ces aquifères pénètrent directement dans le sol, puis cheminent jusqu'à la nappe. Pour comprendre tous les processus de transfert de la surface à la nappe et de cette dernière à l'exutoire (la côte), des études structurales et hydrogéologiques sont menées pour l'évaluation de la vulnérabilité de la lentille d'eau douce face aux pollutions. Ces travaux ont permis de réaliser de nombreuses cartes, structurales, piézométriques, de chimie des eaux, qui permettent de mieux comprendre l'organisation autour de l'aquifère.

Géomatique

L'évolution de l'occupation du sol durant ces dix dernières années a été étudiée par télédétection ***SPOT***.

Cette étude a permis de cartographier les zones d'évolution et les types de formations végétales concernées par ces modifications et ainsi de localiser des zones ou l'action de l'homme est importante. L'analyse de l'évolution de l'occupation du sol participe donc à l'identification des risques de pollution de la nappe à partir des données de télédétection. La recherche affinée des directions de fracturation a également fait appel aux technologies spatiales par l'interprétation de données ***RADARSAT***. L'ensemble des résultats a été organisé au sein d'un 1 Contrat de développement Etat / Province des Îles 2002-2004 système d'information géographique. La partie « Géographie humaine » de ce volet a eu pour objectif d'étudier les relations Homme/Eau/Environnement en caractérisant cette relation en termes de perception, de besoin/consommation/rejets, de sensibilité aux risques, de contraintes de gestion afin de produire une cartographie des risques et menaces.

Communication, pédagogie et formation

La communication et la formation ont fait l'objet d'une attention particulière dans ce programme. Outre ses aspects scientifiques et techniques, le programme ***SAGE*** a été un lieu où s'élabore une vision commune sur les aspects relatifs à la préservation et la protection de la ressource en eau des Îles Loyauté. Le volet pédagogique a eu pour vocation de mettre en valeur le regard des enfants des Îles et l'expression de leur propre perception sur la problématique de la protection de l'eau. Des produits spécifiques de communication ont été réalisés et servent de supports pour un dialogue avec l'ensemble de la population concernée. Tous les circuits de communications existants, formels et informels, ont été utilisés (écoles, associations, hommes d'église, circuits coutumiers) pour diffuser l'information et demander une participation active à la réflexion globale sur la préservation de

la ressource. La formation des acteurs techniques aux nouvelles technologies n'a pas non plus été oubliée.

Système d'information

Le volet « système d'information » de ce programme s'est intéressé aux moyens de mise à disposition des données spatialisées et des connaissances via Internet. La vision de ce volet est la pleine intégration et la mutualisation des données géographiques et des ressources systèmes pour leur exploitation, dans le courant des technologies de l'information, avec une utilisation large du concept d'interopérabilité. L'architecture obtenue a permis de créer, un véritable réseau d'échanges et d'utilisations des données relatives à l'eau. De par sa configuration géographique et de par la disparité des outils utilisés par les divers acteurs de la gestion de la ressource en eau, cette problématique environnementale est un cas exemplaire où les systèmes d'information hétérogènes, répartis et interopérables trouvent une raison d'être pertinente et opérationnelle.

La problématique géosciences

Les objectifs assignés à l'équipe ***SAGEOL*** (SAGE-Géologie) au sein du programme découlent des conclusions du programme européen ***ADAGE*** label euréka 1299 (Aide à la Décision en Aménagement et
Gestion de l'Environnement). Ce dernier avait fait ressortir deux éléments majeurs concernant la connaissance hydrogéologique de Lifou :

- Les ressources sont quantitativement importantes et suffisantes à court et moyen terme, pour autant que l'on respecte le schéma d'exploitation défini (la population consomme moins de 1% de la recharge annuelle) ;
- Il existe un réel déficit de connaissance scientifique sur les risques de pollution de la lentille et leurs conséquences sur la gestion de l'eau.

Ces conclusions, directement applicables à Lifou et Maré ont permis d'orienter les études à mener par les géologues vers des objectifs ciblés. Les recherches ont été axées sur la compréhension du rôle de la karstification dans le fonctionnement de l'aquifère et l'élaboration d'un modèle en phase avec la finalité du programme. Ce modèle a pour but d'être un outil de gestion pour l'aménagement et le développement de l'espace insulaire.

Fig. 1 Traçage fluorimétrique

Pour accéder à ces objectifs, les campagnes de terrain ont été réalisées selon deux approches complémentaires :

- l'hydrogéologie karstique : reconnaissances in situ du réseau karstique, identification des zones d'exhaure, traçages fluorimètriques et piézomètrie fine ;
- l'étude multi-échelle de la fracturation : analyse des scènes satellitales et des photographies aériennes, levés structuraux et vérité terrain.

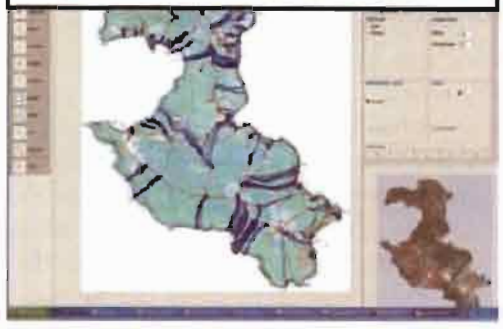
En terme de résultats scientifiques fondamentaux, le programme ***SAGE*** se traduit par un gain significatif de connaissance sur le fonctionnement d'un système hydrogéologique karstique sur île haute carbonatée de l'espace tropical du Pacifique sud-ouest. Les prospections des sections de littoral accessibles effectuées à Lifou et Maré ont permis de caractériser l'exhaure de l'aquifère et d'imposer une vision dynamique nouvelle basée sur l'individualisation de réseaux d'écoulement souterrains indépendants. Une ré-interprétation des documents piézométriques disponibles a montré la cohérence existant entre la répartition des exutoires et le partitionnement de l'aquifère en systèmes hydrologiques individualisés. La technique du traçage quantitatif a été d'un apport décisif pour la représentation conceptuelle du drainage souterrain et pour sa modélisation : Les cénotes ouverts sur les flancs du bourrelet périphérique jalonnent une zone fortement karstifiée, en forme de guirlande, au sein de laquelle la vitesse de circulation est importante. L'intersection de cette guirlande et du trait de côte actuel détermine la situation des exutoires qui assurent l'exhaure de l'aquifère.

Au plan des résultats appliqués qui sous-tendent le programme, un effort particulier concernant la mise à disposition des connaissances géologiques mérite d'être signalé. L'intégration au Système d'Information en
Environnement ***EAUNET*** (décrit ci-dessous) des bases de données géologiques antérieures au programme, des résultats bibliographiques et des données spécifiquement recueillies par ***SAGEOL***, ainsi que du modèle de circulation des eaux souterraines, producteur des cartes de vulnérabilité à la pollution des aquifères loyaltiens à permis de concevoir des moyens d'aide à la décision en matière d'aménagement du territoire.

La modélisation réalisée sous ***ASMWIN*** (Aquifer Simulation Model for Windows) a été menée à deux échelles différentes :

- dans une première phase, à l'échelle locale d'un soussystème hydrogéologique : la zone de la baie de Chateaubriand sur laquelle ont été déployés l'essentiel des moyens et capteurs de terrain disponibles dans le cadre du programme. La finalité de la démarche a été de concentrer l'effort de recherche sur cette zone-test afin d'obtenir un niveau de connaissance affiné sur ce système localisé que les reconnaissances préliminaires de terrain menées à l'échelle globale des îles montraient comme significatif des mécanismes de circulation pressentis ;

Fig. 2 Modélisation spatio-temporelle



- dans une seconde phase, à l'échelle globale de chacune des deux grandes îles dotées de lentilles d'eaux douces : Maré et Lifou. La résolution de la modélisation réalisée à cette échelle est, certes, inférieure à celle conçue sur la zone-test, mais sa pertinence est vérifiée par les vérifications de terrain relatives aux secteurs d'exhaure littorale qui concordent avec celles du modèle prédictif.

Le croisement des données, via le système ***EAUNET***, du modèle de circulation et des sources de pollution recensés (décharges, élevages, eaux usées des tribus, impact des établissements de tourisme) sur les îles de Lifou et Maré a permis d'esquisser les scénarii de vulnérabilité de la nappe. Cette phase débouche ainsi sur un véritable outil d'aide à la décision qui permet, par exemple, d'appréhender les risques que pourrait faire courir à la nappe l'implantation en un lieu donné d'un aménagement ou d'une activité agricole, mais encore et toujours à titre d'exemple, de remonter à la source à partir du repérage d'un pic de pollution enregistré sur un site.

EAUNET : Le système interopérable d'informations distribuées

Architecture du système d'information

L'architecture s'articule autour des standards de l'***OGC*** (Open Geospatial **Consortium**) et ***ISO*** (International for Standardization Organisation) : des services ***WMS*** (Web Map Service) et ***WFS*** (Web Feature Service) de l'***OGC***, des métadonnées conformes à la norme ***ISO 19115***. L'information géographique numérique est caractérisée par l'hétérogénéité des systèmes informatiques qui la supportent.

Fig. 3 Interface Internet

Avec l'intrusion d'Internet qui suscite une forte demande en informations géographiques, le besoin d'interopérabilité des données et services se fait pressante. Des initiatives de normalisation ont vu le jour pour promouvoir l'utilisation
d'applications ouvertes pour le traitement de l'information géographique. Depuis peu, basés sur ces efforts de normalisation, des projets de mise en place d'infrastructures de systèmes d'information à composantes spatiales interopérables sont en cours. A travers les services Web (« Web Services »), les

technologies de l'information transfigurent le monde du logiciel, particulièrement en terme d'échange des données et d'interopérabilité des composants. En facilitant le développement de composants pour de nouvelles applications métiers à travers l'Internet, les services Web offrent de nouvelles perspectives pour l'information géographique.
Les directions actuelles de ce courant des STIC (Sciences et Technologie de l'Information et de la communication) ont permis dans le cas de figure qui nous intéresse de faire inter-opérer des systèmes de gestion de bases de données, des systèmes d'information géographiques et un modèle de circulation répartis. Cela
Fig. 2 Modélisation spatio-temporelle
Fig. 3 Interface Internet répond en particulier aux besoins de mise à jour des données, en laissant in-situ les informations et en assurant leur traçabilité.

Dialogue inter services

La mise en place du système d'informations a donné lieu à des développements inattendus. En effet, le programme ***SAGE*** a été initié par le service de l'environnement de la PIL pour une meilleure compréhension et gestion de la ressource en eau. Les perspectives ouvertes par le système proposé et les efforts de communication et de formation réalisés par le service de l'environnement et les intervenants du programme ont permis à d'autres services de la Province de s'approprier ce programme et proposer des nouvelles applications basées sur ce système.

Fig. 4 Réunion technique

Par exemple, le service du développement rural instruit régulièrement des demandes de subvention à la création d'une nouvelle activité agricole. Vu le lien étroit entre l'activité agricole et la gestion de la ressource en eau, la PIL ne subventionne que les projets économiquement viables et ayant un faible impact environnemental.
Les données nécessaires à cette prise de décision se trouvent éparpillées dans divers services techniques et sur les différentes îles. Cette double dispersion rendait le processus décisionnel long et complexe.

Dans une première approche, ce service a trouvé son intérêt dans la possibilité d'avoir accès aux données actualisées provenant de différents services et des différentes îles (cartes d'occupation des sols, localisation des forages agricoles, localisation réseau électrique, cadastre, etc.). Ce partage de données réduit la durée d'instruction des dossiers et améliore le service rendu aux agriculteurs.

Dans un second temps, les utilisateurs ont exprimé le souhait de disposer d'un service sur le Web donnant les indicateurs pour la prise de décision. Ce service est vu à la fois comme un outil de gestion et de prise de décision et également comme un outil de communication avec l'agriculteur pour lui expliquer la décision et étudier avec lui les aménagements possibles.

En rendant effectif le partage des données géographiques, les demandes des utilisateurs ont évoluées progressivement vers la mise à disposition de services adaptés à leurs usages plutôt que le simple accès aux données. L'information géographique jusque là réservée à des services spécialisés trouve ainsi ses véritables utilisateurs.

Conclusion

La conjugaison des initiatives de standardisation dans le domaine de l'information géographique (***ISO*** et ***OGC***) et des services Web (***W3C :*** World Wide Web Consortium) laisse augurer d'un avenir où l'interopérabilité des données et services sera une réalité. Les grands éditeurs de logiciels dans le domaine de l'information géographique et dans celui de l'informatique participent activement à ces efforts de standardisation. L'industrie trouve enfin son intérêt dans la coopération sur des protocoles communs et les technologies sont matures ou en voie de l'être pour la mise en place

d'infrastructures globales permettant d'intégrer de manière aisée les données et services hétérogènes distants à des fins applicatives.
Si, comme on peut le souhaiter, l'information géographique suit le même processus de globalisation que l'hypertexte sur le Web, leur utilisation mettra en lumière de nouveaux défis : changement d'échelle, nécessité d'un niveau élevé d'interopérabilité, adaptation à la diversité des usages, etc. Comme dans le cas des bases de données hétérogènes et réparties, une telle infrastructure pose les problèmes :

- des services de gestion de données (réplication, transaction, persistance, tolérance aux fautes, interrogation) dans un contexte dynamique,
- de la médiation des données distribuées, hétérogènes et autonomes dans un contexte où la cohérence globale ne peut être assurée (Collet 2002, Rousset et al. 2002, Vargas Xolar et al. 2002),
- de la représentation de la sémantique s'appuyant sur des ontologies reconnues,
- des outils intelligents de traitement de connaissances s'appuyant sur cette architecture de données et connaissances distribuées et interopérables.

Conclusion

La spécialisation des équipes de recherche en Nouvelle-Calédonie dans l'environnement tropical, et la diversité de ses travaux de recherche leur confèrent un positionnement original au sein du dispositif de recherche national et international. Parallèlement, l'apparition d'enjeux scientifiques, technologiques et l'émergence d'une demande sociale forte pour des approches globales de l'environnement nécessitent des démarches pluridisciplinaires intégrant données et connaissances pour une aide à la compréhension et au suivi de l'environnement.

Dans ce contexte, l'équipe scientifique pluridisciplinaire (géologie, hydrologie, botanique, géographie, anthropologie, géomatique, informatique, juridique, mathématiques) constituée dans le cadre du programme ***SAGE*** a eu pour ambition de conduire des recherches méthodologiques dans l'optique de capitaliser les résultats des travaux des diverses thématiques dans une plateforme technologique adaptée aux besoins de la société civile.
Véritable expérimentation de la recherche pluridisciplinaire pour le développement, le programme ***SAGE*** se veut être une contribution à la méthode de conduite de projets concernant les enjeux environnementaux de notre époque. Des solutions concrètes par la mise en œuvre d'approches novatrices de spatialisation des données et représentation de connaissances utiles aux processus de décision et de gestion de l'environnement ont été mis en place et ce, en concertation étroite avec les différents acteurs de la Province des Îles.

Les besoins exprimés, au niveau régional et international, en terme de suivi et surveillance de l'environnement soulignent un réel besoin de mise à disposition des données et connaissances sur l'environnement. Les données d'observations spatiales, associées aux mesures fournies par les réseaux au sol, fournissent dans bien des domaines des informations précieuses à la gestion de l'environnement. A l'issue d'une « table ronde » menée en fin de programme, les scientifiques et les décideurs ont affiché une volonté de mobiliser les ressources et acteurs afin de mettre en place des services dans des domaines considérés comme prioritaires en matière de gestion durable.

Références bibliographiques

Atica, Volet géomatique du cadre commun d'interopérabilité des systèmes d'information publics, CNIG/ATICA, Février 2003

Allenbach M., Taladoire G., Lille D., "The ADAGE concept. Freshwater resources in Loyalty islands (New-Caledonia)". In Abst 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brésil, Août 2000.

Berners-Lee, T., Hendler, J. et Lasilla, O., The Semantic Web, Scientific American, May 2001.

De la Beujardière, J-F., La cartographie sur Internet, RIG, Volume 12, n° 1, p. 49-58, 2002

Buehler, B., OpenGIS Reference Model, OpenGIS Consortium, avril 2003.

Collet, C., Architecture ouvertes pour systèmes d'informations répartis : vers des services bases de données, GDR-I3, 2002

Cruz, I., Decker, S., Euzenat, J., McGuiness, D., The emerging Semantic Web, Selected papers from the first Semantic web working symposium, IOS press, Amsterdam (NL), 2002.

Horrocks, I. et Hendler, J., The Semantic web ISWC 2002, Proceedings of the First International Semantic Web Conference, Sardinia, June 2002, LNCS 2342, Springer 2002.

Kolbowicz, C., Touraivane, Lille, D., Taladoire, G., Web-based Information System using GML, GML DEV DAYS, Vancoover, Canada, July 2002.

Mostaccio, C., Gordillo, S., Laurini, R., Spécifications pour un SGBD dédié aux phénomènes spatiotemporels continus. Actes des 6èmes Journées CASSINI Brest, France, 19-20 septembre 2002, pp. 337-356.

Parent, C., Spaccapietra, S., Zimanyi, E., Donini, P., Plazanet, C., Vangenot, C., Rognon, N., Crausaz P.-A., MADS, modèle conceptuel spatio-temporel Revue internationale de géomatique, pp. 317-352 ; déc-97 (1998)

Rousset, M-C., Bidault, A., Froidevaux, C., Gagliardi, H., Goasdoue, F., Reynaud, C., Safar, B. Construction de médiateurs pour intégrer des sources d'intégration multiples et hétérogènes : le projet PICSEL, revue I3, vol.2, n°1, p.5-59, 2002.

Touraivane, Kolbowicz, C., Lille, D. « Infrastructure standardisée et informations spatialisées ». Revue Internationale de géomatique, Numéro spécial : « Les systèmes d'information géographiques accessibles par Internet » - Hermès 2004.

Lille, D., Allenbach, M., Touraïvane. « Distributed Environmental Information System for fresh water resource management » - Colloque "Preservation and ecological restoration in tropical mining environments » - Nouméa, Nouvelle-Calédonie , Juillet 2003.

Touraïvane, Kolbowicz C., Lille D., Taladoire G., « Web-based Geographic Information System using OGC specification », APSITT 2003 (the 5th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies), IEEE co-sponsored, 25-26 Novembre 2003, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Novembre 2003.

David, G., Fotsing, J-M., Huaman, D., Lille, D., « Le cycle de l'eau dans la société kanak des îles Loyauté : perception sociale et analyse des risques de pollution » , Xèmes journées de géographie tropicale, 11 p., 24-26 septembre 2003.

Taladoire G., Lille D., Jost C., Allenbach M., « Utilisation des TIC pour une sensibilisation de la population à la gestion de la ressource en eau - Application à Lifou – Iles Loyauté – Nouvelle-Calédonie », Journées CASSINI 2001, Géomatique et Espace Rural, Montpellier, 26-28 septembre 2001.

Lille D., Jost C., 2000, "A decision support system for water resource management in Lifou Island, New-Caledonia", In Processing of the 10th Australian Remote Sensing and Photogrammetry Conference, Adelaïde, 21-25 august 2000, Abstracts and CD Rom, Vol 1, p.61, paper number 27, august 2000.

Agriculture océanienne et environnement

J. TASSIN [1,2], V. KAGY [1], Z. LEMERRE [1], C. MILLE [1], L. DESVALS [1], S. SIMON [2], O. RATIARSON [1], N. BARRE [1,2], Th. MENNESSON [1]

[1] Institut Agronomique néo-Calédonien (IAC), BP 73, 98890 Païta, Nouvelle-Calédonie, tassin@iac.nc
[2] Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)

Introduction

L'objet de cette communication est de traiter des rapports qu'entretient l'agriculture avec l'environnement au sein des îles et territoires du Pacifique, ceci afin de dégager des perspectives de recherche permettant d'accompagner l'essor d'activités agricoles plus durables et, en particulier plus respectueuses de l'environnement. La première difficulté consiste à décrire les traits principaux d'une agriculture, telle qu'elle se présente au sein d'un espace géographique immense de 30 millions de km^2, fait de 98 % d'eau et 2% seulement de terres immergées.

Il s'agit donc dans un premier temps de préciser le contexte dans lequel s'inscrit cette agriculture, d'en dégager les singularités comme les spécificités, de préciser les types d'agricultures que l'on rencontre, d'identifier les grands enjeux d'une agriculture durable et de la recherche qui s'y rattache. Ensuite, après avoir détaillé l'exemple particulier de la protection intégrée reflétant bien les besoins liés au contexte insulaire, en écho notamment à l'incontournable litanie des invasions biologiques, nous proposerons quelques pistes de recherche, moins en termes de contenu thématique que d'approches méthodologiques, et nous verrons alors dans quelle mesure la recherche agronomique en milieu insulaire doit nécessairement s'associer à d'autres champs disciplinaires relevant des sciences humaines, mais également de l'écologie systémique.

Le contexte de l'agriculture en Océanie

Des singularités liées au milieu insulaire...

L'espace géographique insulaire auquel nous nous intéressons est caractérisé par de fortes spécificités liées à l'insularité. On est en effet en situation de territoires finis, circonscrits par le milieu marin et donc fortement marqués par cet environnement océanien, présentant une biodiversité à la fois originale et fragile et, dans le cas particulier du Pacifique, des ressources génétiques agricoles d'intérêt exceptionnel. La diversité de plantes agricoles à multiplication végétative (taros et ignames) y demeure par exemple sans équivalent dans le monde (Walter et Lebot, 2003).

Au plan humain, les populations sont fortement différenciées et présentent de grandes originalités culturelles, mais aussi culturales (s'agissant notamment de pratiques de cultures, comme par exemple les techniques traditionnelles d'irrigation). On observe un processus de densification des relations sociales et, dans le cas des sociétés traditionnelles, une volonté d'égalitarisme. Enfin, les flux migratoires, dans cet espace portant la marque de grandes navigations, ont depuis longtemps agi en faveur d'une mise en connexion de ces espaces isolés (Orliac, 1997).

Enfin, contrairement à certaines idées reçues, les milieux insulaires de cette partie du monde sont particulièrement réactifs et les transformations opèrent de manière plus rapide que sur les continents, pour le meilleur comme pour le pire (Bonniol, 1997).

... mais également une forte diversité de situations

L'Océanie regroupe, rappelons-le, un ensemble de 22 Etats ou Territoires, ce qui représente une constellation de 7500 îles dont 500 seulement sont occupées par l'homme. Face à cette diversité, les contrastes apparaissent immanquablement élevés, comme l'illustrent par exemple la forte différence de taille entre l'imposante Papouasie Nouvelle-Guinée (460 000 km^2) et Tuvalu (26 km^2), la particularité de la Micronésie qui regroupe plus d'une centaine d'îles alors que d'autres états (Niue par exemple) n'en ont qu'une seule, ou les contrastes liés à la géographie physique, distinguant des îles coralliennes au faible relief de territoires très montagneux. Les contrastes de ressources et de conditions environnementales varient dans la même mesure avec, sur le plan de la biodiversité, une position prééminente de la Papouasie Nouvelle-Guinée qui abrite près de 25.000 plantes, du fait d'une diversité de biotopes exceptionnelle (Whittaker, 1998). Cette diversité dominante se retrouve également dans le domaine linguistique, puisqu'environ un tiers des langues du monde sont parlées en Océanie (dont 600 en Papouasie Nouvelle-Guinée et plus d'une centaine au Vanuatu).

La diversité des situations agricoles s'exprime également au regard de cette diversité mais des regroupements peuvent être retenus.

Quatre grandes situations agricoles

Les grandes sociétés agraires mélanésiennes

Un premier ensemble regroupe les territoires à caractère rural profond : ce sont les grandes sociétés agraires de la Mélanésie (PNG, Fidji, Iles Salomon, Nouvelle Calédonie, Vanuatu). L'agriculture, au sein des populations mélanésiennes, y représente la première ressource. Au Vanuatu et dans les Iles Salomon, 80 % de la population vit en milieu rural. A Fidji, l'économie y est plus diversifiée et l'urbanisme plus développé. La canne à sucre y représente la première source d'emploi de la main d'œuvre.

Les territoires moyens de Polynésie à forte diversification agricole

Le second groupe est constitué de Tonga et Samoa, pays à haut développement économique, dont les ressources naturelles sont modestes mais pour lesquels une forte diversification agricole s'est mise en place. Tonga assure une partie de ses revenus par l'exportation de produits agricoles (vanille, squash, kava). Il en était de même de Samoa qui, jusqu'en 1993, date d'introduction d'une rouille, exportait du taro.

Les petits états aux ressources très réduites

Un troisième groupe recouvre des territoires qui figurent parmi les plus petites nations du monde, dont les ressources restent très limitées. Ce sont les Iles Cook, Kiribati, Tuvalu, la Micronésie, les Iles Marshall, Wallis et Futuna, la Polynésie Française, Niue, Palau et Tokelau. L'activité agricole repose en partie sur les faibles revenus qu'assure la production du coprah ou l'exportation de papayes (Iles Cook), de taro (Niue) ou d'algues (Kiribati). Pour le reste, il s'agit d'une agriculture de subsistance. Les problèmes d'environnement, du fait de la petite taille de ces états, y sont particulièrement exacerbés.

Les états de secteur agricole très réduit

Le dernier groupe est représenté par les quelques territoires pour lesquels l'agriculture joue un rôle mineur dans l'économie. Ce sont Nauru, les Samoa américaines, et les Iles Mariannes.

Les enjeux communs de l'agriculture

Partant de ce contexte diversifié maintenant décrit, quels sont les enjeux communs de l'agriculture en Océanie ? De manière sans doute excessivement simplifiée, on peut tout au moins lister les enjeux comme suit.

Assurer la sécurité alimentaire

Il s'agit là de l'objectif majeur, même si l'on remarque que peu de famines ont sévi en Océanie par le passé. De fait, les systèmes agricoles traditionnels apparaissent particulièrement résilients. Un bon exemple est donné par Samoa qui, au début des années 1990, a essuyé deux

cyclones de très forte intensité. Aucune famine ne s'ensuivit et, quelques années plus tard, Samoa retrouvait la meilleure performance économique dans le Pacifique, avec un taux de croissance annuel de plus de 6 % (ESCAP, 1995).

Garantir la performance économique des systèmes d'exploitation

Ce second objectif recouvre deux composantes : l'ouverture aux nouveaux marchés, mais également le maintien de la place de l'agriculture dans les sociétés agricoles traditionnelles. Dans ce dernier cas, l'agriculture de subsistance accroît le pouvoir d'achat, les dépenses liées à l'approvisionnement du « panier de la ménagère » se trouvant d'autant allégées par les ressources alimentaires auto-consommées. De manière générale, en l'absence d'indicateurs économiques adaptés, la part de l'activité agricole traditionnelle dans le revenu familial reste mal mesurée et demeure très certainement sous-évaluée.

Préserver les ressources naturelles dans un environnement vulnérable

Les ressources naturelles des milieux insulaires sont connues pour être particulièrement vulnérables (Blondel, 1995 ; Barnaud & Chapuis, 1997). En particulier, il s'agit donc pour l'activité agricole de :

- maintenir les ressources (sols, eau, variétés de plantes cultivées),
- se préserver des invasions biologiques,
- réduire l'émission de substances toxiques (biocides, hormones, produits vétérinaires...),
- garantir à chacun l'accès à des pratiques appropriées et en privilégier l'usage.

Les apports de la recherche au développement d'une agriculture durable : l'exemple de la protection intégrée

La protection intégrée a fait l'objet d'efforts de recherche conduits dans plusieurs états d'Océanie. Nous allons en détailler quelques exemples illustrant comment se déclinent les apports de la recherche sur ce point.

Vers une protection intégrée de la production agricole

Définissons tout d'abord le terme de protection intégrée, qui constitue une démarche de protection des cultures et des animaux d'élevage à l'encontre de bio-agresseurs en intégrant des niveaux d'organisation agro-écologique élevés. Elle découle d'un constat de sur-utilisation de biocides dont on connaît les effets néfastes sur l'environnement et la santé, et se distingue du concept conventionnel de traitement direct des agresseurs pour se repositionner sur des niveaux d'organisation larges resituant le problème à des échelles spatiales et de temps plus vastes, en tenant compte de processus agro-écologiques étendus. Les stades intermédiaires entre la lutte chimique conventionnelle et la protection intégrée sont la lutte raisonnée, puis la lutte intégrée.

Cas du zonage des plantes agricoles

Une première composante de la protection intégrée consiste à établir une spéculation agricole dans un environnement bio-climatique qui lui convienne. Le zonage du manguier en Nouvelle Calédonie a, selon cette démarche, permis de réduire les attaques parasitaires et, partant, l'usage de traitements phytosanitaires (Kagy et al., 2003). L'impact de cette mesure est d'autant plus grand qu'il est assorti de mesures complémentaires permettant de diminuer encore le recours aux traitements chimiques, en remplaçant par exemple l'usage des herbicides par l'utilisation du paillage.

Choix de races animales et variétés végétales tolérantes aux bio-agresseurs

Une illustration est fournie par les races bovines à l'égard du problème des tiques, contrainte principale pour l'élevage bovin calédonien. Les races taurines apparaissent en effet très sensibles à la tique *Boophilus microplus*, ce qui n'est pas le cas des zébus, dont le Brahman. Des expérimentations ont montré que des Brahman étaient 100 fois moins infestés que des charolais entretenus sur les mêmes parcelles. Le recours à cette race et à ses croisés permettrait de restreindre l'usage des acaricides qui, appliqués actuellement sur le bétail une dizaine de fois par an, génèrent des problèmes de résidus, de pollution, mais également de résistance induite des tiques.

Lutte intégrée en maraîchage

Le maraîchage fournit également un bon exemple de protection intégrée, s'agissant par exemple de la protection des choux de Nouvelle-Calédonie contre une chenille défoliatrice (*Crocidolomia binofalis*). Des itinéraires d'emploi d'insecticides ont été mis au point afin d'accroître leur effet et de prévenir les résistances. Des alternatives aux traitements chimiques ont également été testées, notamment des phéromones ou des plantes pièges (Daly et al, 2000).

Effet des pratiques culturales sur le développement des mauvaises herbes

En Nouvelle-Calédonie comme en Polynésie Française, le rôle des pratiques culturales sur les infestations de *Cyperus rotundus*, l'une des pires mauvaises herbes au monde, a été évalué selon un mode expérimental. Il apparaît notamment que l'usage du rotavator, qui cisaille les tubercules, ne fait que favoriser la multiplication de cette mauvaise herbe. Au contraire, la herse rotative remonte les tubercules en surface, dont les chances de reprise sont alors considérablement réduites. De manière complémentaire, le recours à des assolements avec des cultures couvrantes apparaît particulièrement recommandé. Dans ce dernier cas, un herbicide de pré-levée (ex : halosulfuron méthyl) peut alors être utilisé entre la préparation du terrain et l'installation d'une culture couvrante (Ratiarson, 2004).

Conclusion

De cette analyse rapide de la situation de l'agriculture en milieu océanienne et des possibilités d'apport de la recherche, nous pouvons établir quelques constats puis formuler des propositions.

L'agriculture traditionnelle apparaît fortement adaptée aux conditions environnementales locales

Cette agriculture traditionnelle, peu consommatrice d'intrants, et sur ce plan peu préjudiciable à l'environnement, apparaît comme particulièrement résiliente et adaptée aux conditions locales de l'environnement. Rappelons qu'elle s'enracine sur des bases très anciennes puisque la végéculture (culture de plantes à multiplication végétative) était déjà pratiquée il y a 20.000 ans sur le Plateau du Sahul. Cette agriculture probablement très riche d'enseignements constitue néanmoins une base de savoirs mal valorisée par l'agriculture conventionnelle.

L'agriculture océanienne est non figée et demeure perméable aux innovations

Du fait de son contexte insulaire reposant sur des échanges et migrations déjà anciennes, l'agriculture océanienne est par nature très ouverte aux changements et aux innovations (Bonniol, 1997). Les changements peuvent être rapides, ce qui peut générer des problèmes environnementaux soudains et de grande envergure compte tenu de la vulnérabilité des espaces insulaires. En particulier, les modifications récentes des systèmes de production et des spéculations agricoles génèrent des problèmes de santé essentiellement liés au changement des habitudes alimentaires. Sur un autre plan, les risques de mauvaise utilisation de produits ou d'agents biologiques relevant du contrôle des ravageurs (biocides, mais également parasitoïdes hâtivement introduits) se révèlent particulièrement élevés et leurs conséquences peuvent être dramatiques pour la biodiversité (ex : escargot prédateur dont l'impact non prévu sur les mollusques endémiques a été bien supérieur à celui escompté sur les achatines cibles).

Une nécessaire capacité de réaction très intégrée à l'égard des invasions biologiques

Pour les raisons précédentes, mais également du fait de l'extrême sensibilité aux invasions des milieux insulaires, il est nécessaire d'adopter une démarche très intégrée pour traiter ce grave problème, à la fois pour prévenir de nouvelles introductions et contrôler les espèces naturalisées les plus néfastes. La menace des invasions biologiques sur l'agriculture mais également sur l'ensemble de l'environnement terrestre et marin est d'autant plus actuelle que les échanges entre continents et espaces insulaires se sont considérablement accrus ces dernières années.

La question des systèmes de production traditionnels

Les systèmes de production traditionnels se révèlent particulièrement complexes et donc peu aisés à décrypter. Le fonctionnement agro-écologique des systèmes de cultures qui s'y rattachent, la valorisation mais aussi l'importance économique véritable de ces systèmes de production dans le cadre

d'une agriculture multifonctionnelle souvent inscrite dans des unités familiales pluriactives restent des domaines peu explorés, alors qu'ils occupent une place majeure dans l'agriculture de certains territoires, notamment dans ce que nous avons appelé plus haut « les grandes sociétés agraires mélanésiennes ».

Quelles priorités de recherche dégager ?

Les priorités de recherche qui se dessinent au terme de cette analyse sont les suivantes :

- renforcer la conservation des sols, des eaux et des ressources biologiques ;
- valoriser la fertilité biologique des sols (matière organique, microbiologie, cycles biogéochimiques) ;
- substituer la protection intégrée au contrôle chimique des ravageurs, maladies et mauvaises herbes ;
- accompagner la diversification de la production agricole en faveur de systèmes plus résilients ;
- concilier les objectifs de la production marchande et la persistance d'une agriculture domestique multifonctionnelle dans une même perspective de développement durable.

Quelles démarches adopter ?

Pour bâtir des programmes de recherche soucieux de renforcer l'émergence d'une agriculture plus durable au sein des territoires océaniens, il s'agit enfin de :

- repenser la recherche agronomique océanienne en l'élargissant aux dimensions sociales et écologiques du milieu ;
- reconsidérer les indicateurs économiques conventionnels de manière à mieux intégrer l'agriculture domestique et celle d'autosubsistance ;
- bâtir des programmes de recherche agronomique ou zootechnique d'envergure régionale, s'agissant notamment de la gestion des ressources génétiques et de la surveillance des bio-agresseurs ;
- disposer de critères-indicateurs d'agriculture durable ajustés au contexte océanien, au plan agronomique comme au plan socio-économique ;
- intégrer les référentiels disponibles par l'analyse du fonctionnement des agrosystèmes traditionnels et des écosystèmes naturels (ex : fonctionnement et valorisation de la fertilité biologique).

Références bibliographiques

Barnaud G. & J-L. Chapuis, 1997. Conserver, protéger, restaurer. In : *Iles, vivre entre ciel et mer*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Nathan, 105-120.

Blondel J. (1995). *Biogéographie : approche écologique et évolutive*. Masson, Collection Ecologie, 297 p.

Bonniol J-L. (1997). Les sociétés humaines insulaires. In : *Iles, vivre entre ciel et mer*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Nathan, 73-87.

Daly P., Desvals, L., de Maleprade M. & Deschamps M. (2000). Ravageurs des choux en Nouvelle Calédonie : stratégie de maîtrise des chenilles de quelques lépidoptères. *Phytoma La Défense des Végétaux*, 532 : 64-67.

ESCAP (1995). *Pacific island countries : economic performances and selected issues in policy management and adjustments*. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, New York, United Nations.

Kagy V., Lemerre Desprez Z., Mademba-sy F. & C. Mille (2004). Rapport annuel 2003. Thème 4 : élaboration et validation des itinéraires techniques. Station de recherches Fruitières de Pocquereux, IAC, 34 p.

Orliac M. (2003). L'homme marin. In : *Iles, vivre entre ciel et mer*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Nathan, 39-53.

Ratiarson O. (2004). Stratégie de lutte intégrée contre *Cyperus rotundus* L. en Nouvelle-Calédonie : effets des reprises de labour, des successions de cultures et de l'herbicide halosulfuron-méthyl. Thèse de doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques (Gembloux, Belgique), 224 p.

Walter A. & V. Lebot (2003). *Jardins d'Océanie*. IRD Editions, 328 p.

Whittaker R.J.W. (1997). *Island biogeography. Ecology, evolution and conservation*. Oxford University Press, 285 p.

THEME 3

ALEAS NATURELS ET VARIABILITE CLIMATIQUE : IMPACTS REGIONAUX ET PREVENTION

Géodynamique, risque sismique et volcanique, océan et climat dans le Pacifique tropical : une vue d'ensemble

Anny CAZENAVE
Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS), Toulouse, anny.cazenave@cnes.fr

Résumé

Le Pacifique tropical (central-sud et sud-ouest) est une région d'intérêt majeur pour les recherches en sciences de la planète. Certaines zones de cette région (Pacifique sud-ouest) englobent plusieurs frontières actives de plaques, avec une sismicité très intense et une structure géodynamique très complexe. La région est aussi caractérisée par du volcanisme intraplaque (Polynésie) et de type explosif (arcs insulaires du Vanuatu). La croûte terrestre y subit d'importants mouvements verticaux agissant sur des échelles de temps variées. En ce qui concerne l'océan, le Pacifique tropical de l'ouest est le siège du déclenchement récurrent des épisodes ENSO dont les conséquences hydrologiques et climatiques se manifestent à l'échelle planétaire. Comme d'autres régions océaniques, la distribution de la biomasse marine y joue un rôle significatif pour le cycle du carbone océanique. C'est aussi dans cette région que la hausse du niveau de la mer a été la plus élevée pendant la dernière décennie. Enfin la présence de nombreux récifs coralliens offre des possibilités importantes pour l'étude des paléoclimats, en particulier des épisodes de changement climatique rapide qui ont suivi la fin de la dernière glaciation. En raison du rôle majeur joué par plusieurs phénomènes géophysiques, océanographiques et climatiques, le Pacifique tropical ouest et central est une région du monde particulièrement vulnérable aux risques sismiques, volcaniques et climatiques. Une gestion adéquate de ces risques implique d'abord une bonne compréhension des phénomènes en jeu ainsi que leur suivi par des systèmes d'observations in situ et spatiaux. Les travaux scientifiques des équipes françaises menés soit dans un cadre national, soit en coopération internationale, ont conduit à des avancées majeures dans les domaines énumérés ci-dessus. Les Assises de la Recherche Française dans le Pacifique constituent une étape importante lors de laquelle ce sera l'occasion d'évaluer les résultats acquis et surtout d'élaborer une prospective qui fixera un cadre pour poursuivre les recherches sur ces thèmes, identifier les partenaires et les moyens à mettre en œuvre, analyser les risques, voire prévenir les impacts.

Géodynamique du Pacifique Sud-Ouest

Au plan géodynamique, le Pacifique sud-ouest est caractérisé par un assemblage exceptionnel de frontières actives et fossiles de plaques tectoniques et une intense activité sismique et volcanique (Figure 1). Les déplacements horizontaux de la croûte terrestre comptent parmi les plus rapides de la planète : au nord de la fosse des Tonga, le long de laquelle la plaque Pacifique plonge sous la plaque Australienne, la vitesse de convergence horizontale atteint 24 cm/an. Le long de l'arc du Vanuatu où la subduction est inversée (la plaque australienne plonge sous la plaque Pacifique), la vitesse de déplacement horizontal est supérieure à 10 cm/an. L'ensemble de la région est caractérisée par des déformations crustales horizontales et verticales très importantes et est donc particulièrement vulnérables aux risques sismiques et aux glissements de terrain. La mise en place de réseaux sismiques et géodésiques (GPS, DORIS) à permis ces dernières années aux équipes françaises étudiant la région de cartographier avec précision les déformations de la croûte terrestre dans cette région et donc

d'améliorer la détection et la localisation des séismes et plus généralement de mieux comprendre le cycle sismique.

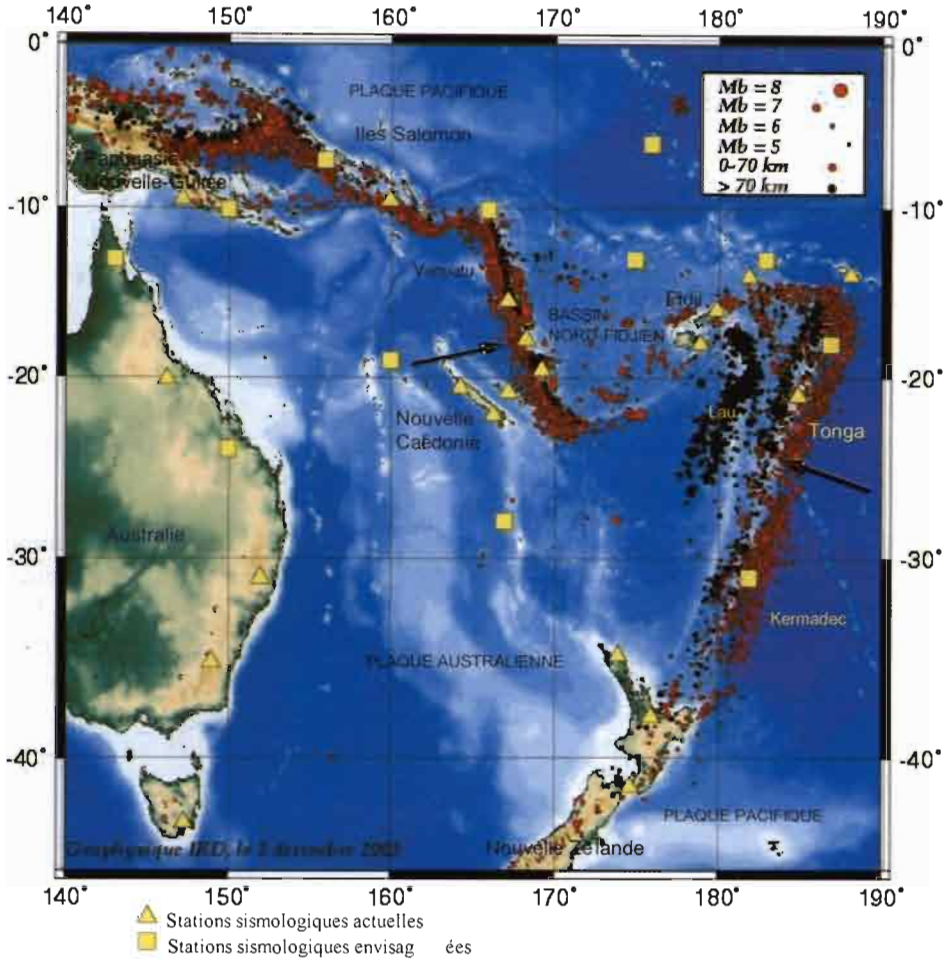


Figure 1 : Carte de la sismicité du Pacifique sud-ouest (période 1976-2003). Les flèches représentent les mouvements relatifs de convergence aux fosses.

Volcanisme du Pacifique central et ouest

Les volcans du Pacifique central et ouest sont soit des chaînes linéaires créées par le mouvement d'une plaque au dessus d'un point chaud (Polynésie), soit des arcs insulaires résultant de la subduction d'une plaque sous une autre (volcans du Vanuatu). Des travaux de cartographie systématique des volcans polynésiens ont été réalisés récemment pas les équipes françaises. En parallèle, des études sont menées sur les volcans actifs du Vanuatu. Ce volcanisme actif 'arrière arc' de type explosif induit des risques sérieux pour les populations de cette région.

Tsunamis

En raison de l'intense activité sismique de tout le pourtour de l'océan Pacifique, de nombreuses îles océaniques présentent une grande vulnérabilité aux tsunamis. Les tsunamis sont des ondes océaniques se déplaçant à très grande vitesse (jusqu'à 700 km par heure). Ces ondes sont induites par une rupture soudaine de la croûte terrestre causée soit par des séismes soit par des effondrements sous marins. En raison de leur grande longueur d'onde (100 à 200 km) comparée à la profondeur de l'océan, les tsunamis perdent peu d'énergie et se déplacent ainsi sur de grandes distances. Les études françaises montrent qu'en Polynésie, ce sont les îles Marquises qui sont les plus vulnérables. Un système d'alerte et d'évaluation du risque a été mis en place pour cette région.

Glissements de terrain

A cause des reliefs escarpés des îles volcaniques et autres terres émergées du Pacifique sud, il est fréquent que des événements sismiques, volcaniques et météorologiques soient à l'origine de glissements de terrain occasionnant des pertes humaines et matérielles considérables. Un effort important d'inventaire des mouvements de terrain en Polynésie et Nouvelle Calédonie et de cartographie des risques associés a été réalisé par les équipes françaises.

Elévation du niveau de la mer

La hausse du niveau de la mer est une des conséquences majeures du réchauffement climatique. Depuis une douzaine d'années on dispose, grâce au satellite d'altimétrie spatiale Topex/Poseidon, de mesures précises et globales des variations du niveau de la mer. Un résultat nouveau dans ce domaine est la cartographie de la distribution régionale des vitesses de variations du niveau de la mer (Fig. 2). La figure 2 indique que dans le Pacifique ouest, le niveau de la mer a monté depuis 1993 à une vitesse 10 fois supérieure à la moyenne globale (environ 3 mm par an). Or cette région est caractérisée par de nombreuses îles, dont certaines de basse altitude sont potentiellement vulnérables à la montée des eaux. Cependant des études récentes indiquent que la répartition des vitesses de variations du niveau de la mer du Pacifique tropical, cartographiée par Topex/Poseidon, est le reflet d'une fluctuation interannuelle/décennale associée aux événements El Nino, et non le témoin d'une tendance à long terme. L'enregistrement marégraphique des trois dernières décennies à la station de Funafuti dans l'archipel de Tuvalu (Pacifique ouest) montre clairement qu'il n'y a pas eu de hausse exceptionnelle du niveau de la mer depuis le milieu des années 1970 (Fig. 3). La vitesse d'élévation à cette station est de 2.2 +/- 0.9 mm par an, soit une valeur comparable à la hausse du niveau moyen global de la mer. En revanche on peut noter la signature très marquée des événements El Nino, en particulier en 1982-1983 et 1997-1998.

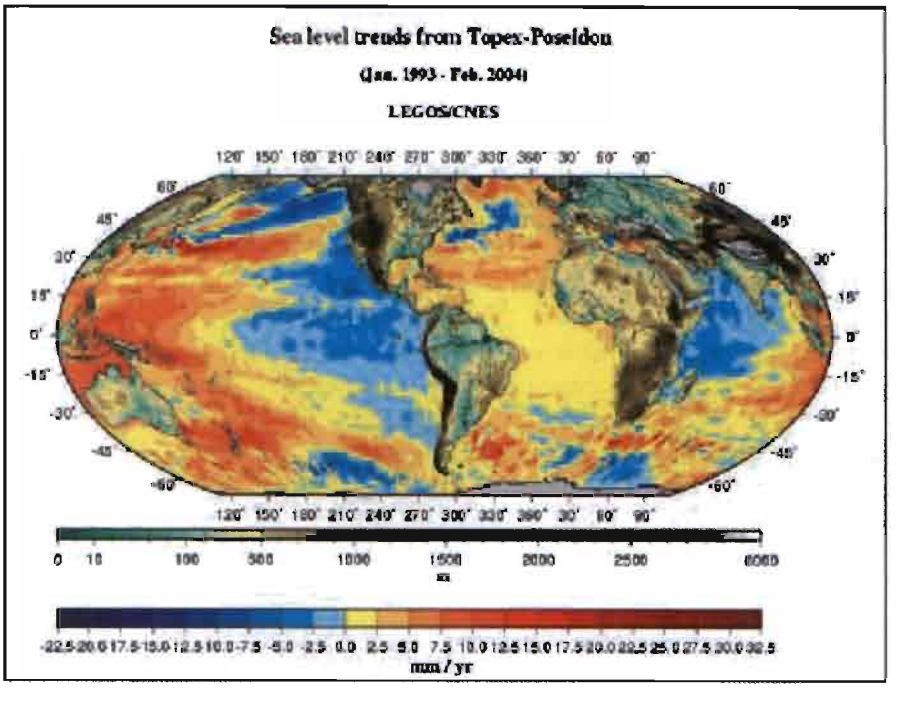


Figure 2 : Carte des variations régionales des vitesses de variation du niveau de la mer entre 1993 et 2004 d'après Topex/Poseidon

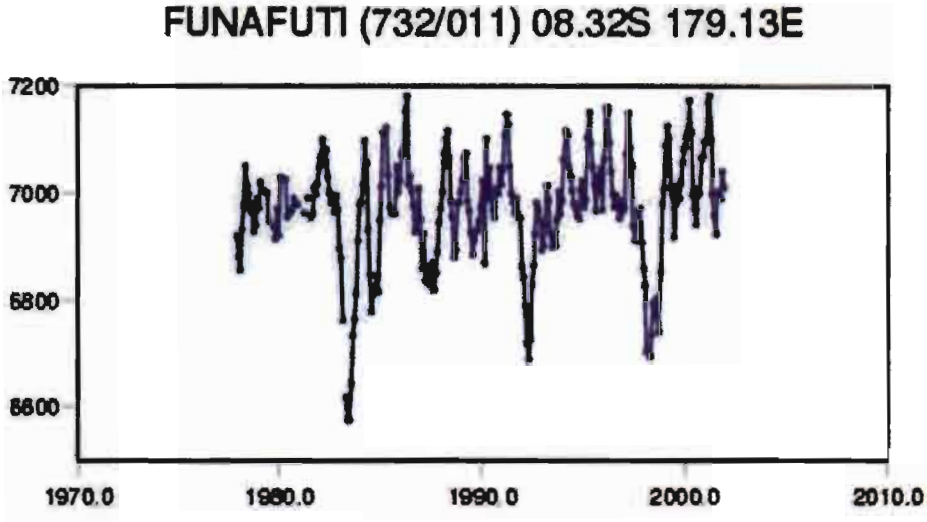


Figure 3 : Courbe de variation du niveau de la mer (en mm) au marégraphe de Funafuti (Tuvalu)

El Nino

El Nino est une perturbation climatique majeure du système couplé océan atmosphère survenant tous les 4-5 ans et prenant naissance dans le Pacifique tropical ouest. En régime normal, les vents alizés poussent les eaux de surface du Pacifique tropical vers l'Australie et la Nouvelle Guinée, créant une poche d'eaux chaudes à l'ouest du bassin. Les systèmes de convection atmosphérique donnent lieu à une évaporation et des précipitations importantes. A l'est du bassin les eaux de surfaces sont alimentées par des remontées d'eaux profondes, froides, riches en nutriments. Chaque année, en décembre-janvier, les alizés faiblissent, causant un étalement de la poche d'eaux chaudes vers le centre du bassin. Certaines années, l'affaiblissement plus marqué des alizés repousse en l'espace de quelques semaines les eaux chaudes de surface jusqu'au niveau de l'Amérique centrale et sud. C'est le début d'un nouveau El Nino. Cette accumulation d'eaux chaudes à l'est du bassin produit un bombement très marqué de la surface de la mer, et induit des précipitations anormales en Amérique du sud et une sécheresse intense en Australie et en Indonésie. Le satellite Topex/Poseidon a pour la première fois permis de décrire de façon précise et complète le cycle El Nino (phase chaude) et La Nina (phase froide) de l'événement de 1997-1998 (Fig. 4). Ces observations ont grandement contribué à mieux comprendre cette perturbation climatique dont les répercussions sont planétaires. Les équipes françaises ont acquis une réputation de premier ordre au plan international sur la compréhension et la modélisation du phénomène el Nino, grâce à l'utilisation combinée des données spatiales de Topex/Poseidon et des données hydrographiques in situ.

L'objectif à présent est de prédire quelques mois à l'avance, grâce à des modélisations couplées de l'océan et de l'atmosphère, le déclenchement d'un nouvel événement El Nino.

Cette prévision reste néanmoins délicate en raison des de la sensibilité du phénomène aux irrégularités océaniques à petite échelle que les modèles ont encore du mal à décrire.

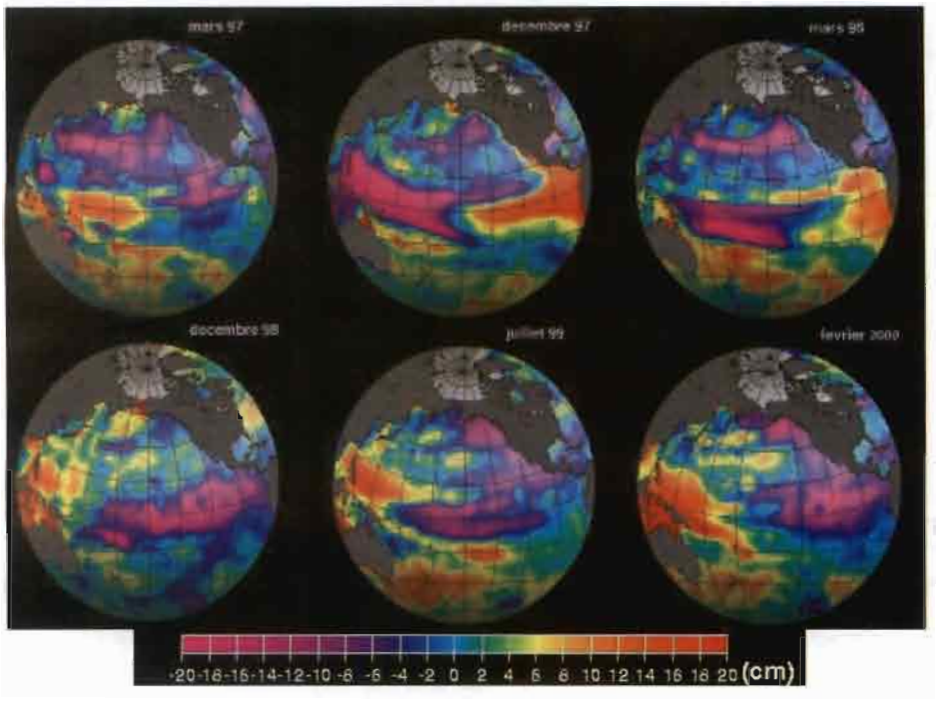


Figure 4 : Cartes des hauteurs de mer dans la Pacifique mesurées par Topex/Poseidon entre mars 1997 et février 2000 montrant les effets de l'événement El Nino de 1997-1998. On voit clairement le glissement d'ouest en est du bombement (en rouge) associé à la poche d'eaux chaudes entre mars 1997 et décembre 1997.

Cyclones

Des travaux d'équipes françaises en coopération avec des équipes australiennes se sont attachés à prédire l'activité cyclonique en Nouvelle Calédonie. La nature chaotique du système climatique rend normalement impossible la prévision à long terme. Cependant, l'existence d'oscillations atmosphériques et océaniques à basse fréquence permet d'établir des probabilités d'occurrence de l'activité cyclonique. Celle-ci est en effet influencée par les événements El Nino, par l'oscillation stratosphérique quasi-biannuelle ainsi que par l'oscillation atmosphérique de Madden-Jullian.

Cycle du Carbone

Il est maintenant bien établi que l'accumulation dans l'atmosphère du dioxyde de carbone produit par les activités humaines est largement responsable du réchauffement climatique observé depuis quelques décennies. Chaque année, environ 6 gigatonnes (Gt) de carbone sont injectées dans l'atmosphère. Environ 2 Gt sont utilisées pour la croissance de la végétation continentale et environ 2 Gt sont piégées par l'océan. Le recyclage du carbone par les réservoirs continentaux et océaniques est principalement opéré par le processus de photosynthèse-respiration de la biosphère terrestre et marine. Mais l'océan n'est pas seulement un puits de carbone. Il existe des régions océaniques où le carbone est exporté de l'océan vers l'atmosphère. C'est le cas en particulier des zones d'upwellings équatoriales du Pacifique tropical. Des travaux français sur cette question ont montré que le flux de carbone exporté dépend de la superficie des régions de remontée des eaux profondes, plus ou moins étendues selon qu'on en en période El Nino ou non. Ainsi, en période El Nino, l'océan Pacifique tropical est un puits de carbone alors qu'en régime normal, il exporte du carbone vers l'atmosphère. De telles observations sont importantes car elles montrent les liens existant entre basses et hautes latitudes et fournissent des contraintes importantes sur les modèles du cycle du carbone et de prédiction climatique.

Le Pacifique Sud-Ouest: un cadre géodynamique exceptionnel pour l'étude de processus fondamentaux en Sciences de la Terre

Yves LAGABRIELLE [1] et Bernard PELLETIER [2]

[1] CNRS, UMR Laboratoire Dynamique de la Lithosphère, ISTEEM, Université de Montpellier 2, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France, Yves.Lagabrielle@dstu.univ-montp2.fr

[2] IRD, UMR Géosciences Azur, Centre IRD, BP A5, 98848 Nouméa cedex - Nouvelle-Calédonie

La région Pacifique Sud-Ouest, marquée par la convergence actuelle entre les plaques Australienne et Pacifique sur le bord oriental de la marge australienne antérieurement dilacérée, constitue une région privilégiée pour l'étude de processus fondamentaux en Sciences de la Terre: fragmentation continentale, ouverture initiale d'un océan, ouverture arrière-arc actuelle et phénomènes associés (magmatisme, hydrothermalisme, colonisation animale), convergence (subduction naissante, actuelle et fossile, inversion de subduction, obduction, collision) et phénomènes associés (sismicité, volcanisme). En effet, cette région, de dimension relativement réduite, présente de nombreuses particularités :

- la marge est-australienne avec sa succession de lanières continentales séparées par des bassins de nature océanique correspond à un dispositif structural unique ;
- l'affrontement actuel entre les plaques Australie et Pacifique correspond à une zone tampon dont la géodynamique tout à fait particulière est caractérisée par plusieurs zones de subduction, à vergence parfois opposée (Nouvelles-Hébrides, Tonga-Kermadec), derrière et entre lesquelles s'ouvrent des bassins marginaux ayant des stades de maturité différents (Havre, Lau, Manus, Nord-Fidjien);
- les mouvements relatifs actuels de convergence et d'ouverture y sont extrêmement rapides, ce qui accélère et intensifie les phénomènes associés (déformations, mouvements verticaux, sismicité, volcanisme, hydrothermalisme);
- située dans la ceinture tropicale, la région est caractérisée par le développement de formations coralliennes, excellents marqueurs des phénomènes tectoniques et paléo-océanographiques;
- une marge d'obduction y est présente depuis la Nouvelle-Zélande jusqu'en Papouasie-Nouvelle-Guinée, via la Nouvelle-Calédonie avec sa nappe de péridotite exploitée pour ses ressources minérales.

Le Pacifique Sud-Ouest présente donc du point de vue géodynamique un regroupement exceptionnel de frontières de plaques majeures et mineures, actives ou fossiles. Il a de ce fait attiré, depuis les années 1970, de nombreuses équipes françaises et étrangères, et reste encore un chantier prioritaire pour de grands programmes de recherche fondamentale ou appliquée, en collaboration bi ou multilatérale. Dans ces programmes, les équipes françaises, favorisées notamment par l'existence des Territoires français de Nouvelle-Calédonie et de Wallis et Futuna et de la République de Vanuatu (anciennement Nouvelles-Hébrides, Condominium franco-britannique) et du Centre ORSTOM/IRD de Nouméa, ont, à terre comme en mer, toujours été présentes.

Les nombreuses campagnes à la mer, notamment celles de cartographie par sondeur multifaisceaux réalisées depuis 1985, ont permis d'avoir une vision assez complète des structures

superficielles (Auzende et al. 1988, 1995 ; Pelletier et al. 1989, 1997, 1998, 2001 ; Lagabrielle et al., 1996 ; Taylor et al., 1996; Ruellan, 2004). Cependant certaines parties sont encore mal connues. La géodésie par satellite, utilisée depuis les années 1990-1995, a permis de mesurer les vitesses horizontales entre les différentes plaques (Bevis et al., 1995 ; Calmant et al., 1995 ; Taylor et al., 1995 ; Pelletier et al., 1998 ; Calmant et al., 2003). Ces vitesses sont les plus rapides du monde, jusqu'à 24 cm/an pour la convergence au niveau de la fosse Nord Tonga et 16 cm/an pour l'ouverture dans la partie nord du bassin de Lau (Figure 1).

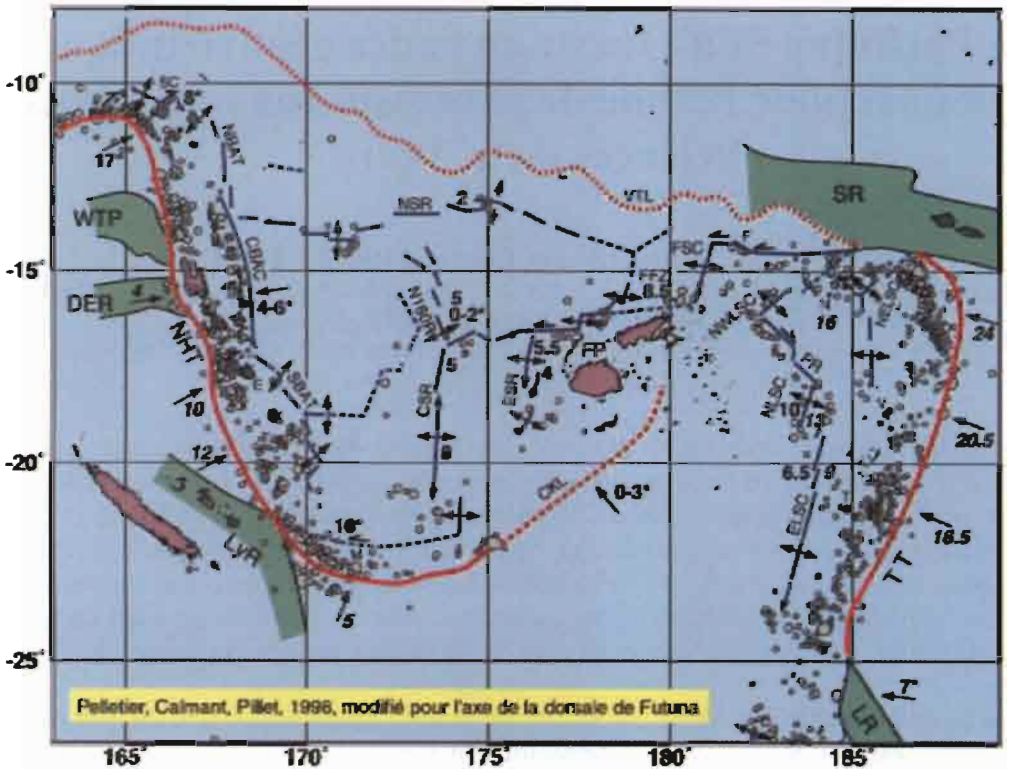


Figure 1 : Schéma tectonique du Pacifique Sud-Ouest avec limites des plaques et microplaques et vitesses horizontales relatives en cm/an. Modifié d'après Pelletier et al. 1998.

Une meilleure connaissance des structures profondes, notamment du manteau et l'étude des mouvements verticaux apparaissent comme les objectifs prioritaires des programmes futurs. Quelques exemples dans lesquels les équipes françaises sont bien positionnées sont choisis pour illustration.

Subductions et dorsales, un regroupement exceptionnel de structures hyperactives entre deux fosses majeures. Un manteau particulièrement convectif dans les bassins Nord-Fidjien et de Lau.

De très nombreux axes d'accrétion et leurs jonctions triples et propagateurs sont présents dans les bassins arrière-arc Nord-Fidjien et de Lau. On compte en effet plus de 4000 Km de frontières divergentes actives dans un triangle de seulement 1500 Km de côté (Figure 1). Ce nombre anormalement élevé d'axes d'accrétion indique une dynamique exceptionnelle du manteau. De plus, la très grande variabilité de la morphologie axiale des centres d'accrétion suggère des instabilités dans le manteau supérieur (Garel et al., sous presse). L'échantillonnage de long des axes indique un manteau très hétérogène lié à une convection très rapide et une origine de plus en plus profonde et primitive du sud au nord du bassin Nord-Fidjien. Les données géochimiques révèlent un manteau enrichi au Nord du bassin et un manteau de type normal au Sud. Par ailleurs un processus d'échange par flux de manteau le long du bord de la plaque Pacifique qui se déchire sous l'ancienne frontière du Vitiaz doit être considéré. Il s'agit d'un cas nouveau de fenêtre asthénosphérique. Le déclenchement du bouleversement cinématique de 10-12 Ma et le début de l'ouverture du bassin Nord-Fidjien et de cette convection très rapide sont-ils liés à une cause externe (collision de plateau) ou bien interne (avalanche matellique)? (Pysklywec et al., 2003).

L'approche pétro-géochimique est fondamentale pour l'étude du transfert et des mélanges de divers manteaux par canalisation le long des plans de subduction et/ou par déchirure de la plaque Pacifique (Figure 2). Des études en tomographie et sur la convection (modélisation, contraintes géochimiques) sont nécessaires pour mieux comprendre ces processus, probablement importants dans d'autres situations avec subduction oblique.

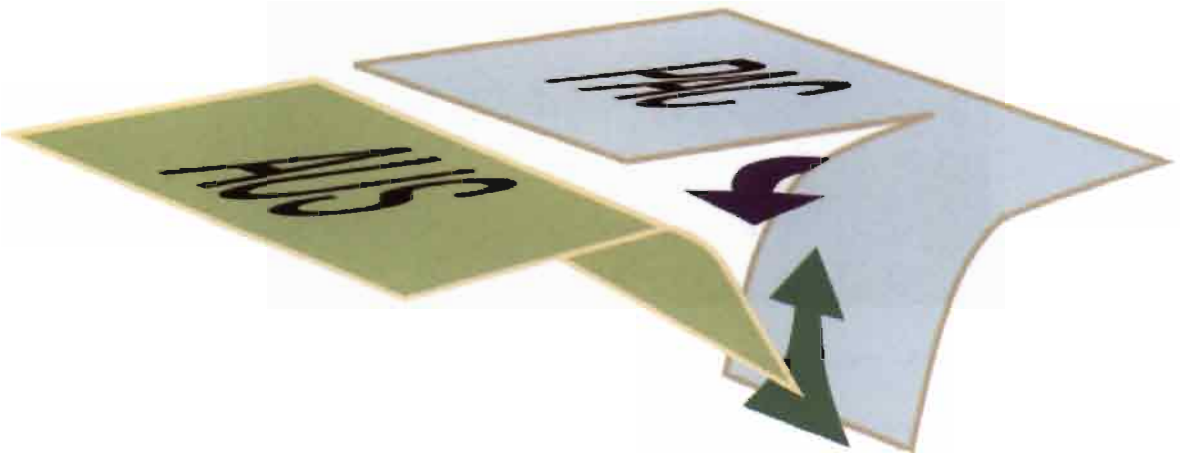


Figure 2 : Transfert et mélange des manteaux par canalisation le long des plans de subduction et déchirure de la plaque Pacifique

Tectonique régionale et risque sismique, déchiffrer les structures pour mieux cerner l'aléa. Exemple de Futuna.

L'île de Futuna se situe sur un des segments majeurs de la faille transformante entre les plaques Pacifique et Australie, qui relie le nord de la fosse des Tonga au centre d'accrétion du bassin Nord-Fidjien. Une étude conjointe terre-mer (campagne à la mer, étude des surrections littorales, réseau sismologique local) a permis de détailler le cadre structural de l'île et de caractériser les différents éléments tectoniques actifs ainsi que les vitesses des mouvements (Pelletier et al., 2000, 2003°. L'aléa sismique peut ainsi être mieux contraint.

Subduction et collision : la très haute résolution dans la quantification des mouvements verticaux et horizontaux. Exemple du Vanuatu.

L'arc du Vanuatu est une zone de convergence sous régime climatique tropical. Les coraux permettent d'accéder à la très haute résolution en matière de mouvements verticaux récents et actuels, afin d'apporter des contraintes sur la connaissance du cycle sismique en domaine de subduction (Lagabrielle et al., 2003 ; Taylor et al., 1987, 1990, 2004). Le lien est fort et indispensable avec la paléoclimatologie pour le décryptage du signal des coraux. La mesure des mouvements verticaux et horizontaux par géodésie fond de mer est aussi déterminante et en cours de développement (IRD-IPGP) sur un site exceptionnel où l'on suit également les variations absolues du niveau marin par comparaison de données marégraphiques et satellitaires. L'approche pluridisciplinaire est indispensable (sismologie, géodésie, tectonique, paléoclimatologie) pour aider à l'étude de l'aléa sismique.

Figure 3 : Platier récifal soulevé lors du séisme d'Ambrym de 1999 (Lagabrielle et al., 2004)

Par ailleurs, cet arc, tectoniquement jeune (moins de 12 Ma), résulte de plusieurs blocages et de renversements de subduction et a connu des rotations rapides et importantes de micro-blocs. Il est intéressant pour étudier les effets des collisions sur le développement et l'inversion des zones de subduction. Aujourd'hui, la subduction se bloque à nouveau localement en raison de l'impact d'une ride, la ride d'Entrecasteaux elle-même ancienne zone de subduction, et la vergence des accidents s'inverse avec création d'une zone de compression arrière-arc (Louat et Pelletier, 1989 ; Taylor et al., 1995; Lagabrielle et al., 2003 ; Régnier et al., 2003). A terre, on peut étudier un système actif (chaîne orientale pour les parties superficielles) et un système ancien (chaîne occidentale Mallicolo/Santo) dont l'intérêt est l'accès aux parties profondes. Ce dernier est à relier avec le renversement de subduction Vitiaz/Vanuatu, l'âge et les surrections anciennes restant encore à dater et quantifier précisément (par exemple par trace de fission sur les plutons de Santo).

Ophiolites, exhumation des unités enfouies, extension et morphotectonique. Exemple de la Nouvelle-Calédonie.

L'archipel néo-calédonien résulte de processus de collision d'arcs et d'obduction de bassins arrière-arc (Cluzel et al., 2000). Le modèle néo-calédonien classiquement admis fait appel à de la compression permanente, mais les travaux récents montrent l'importance de l'extension dans l'évolution tertiaire de l'orogène (Lagabrielle et al, sous presse). Cet objet est unique pour regarder si l'extension est syn-orogénique, c'est à dire si elle a lieu durant la convergence (modèle d'exhumation active) ou post-orogénique, liée à un réajustement isostatique par remontée passive de la racine. Il s'agira à terme d'évaluer le rôle de l'extension et de l'exhumation post-nappe dans la genèse des paysages et le contrôle de l'altération des péridotites. Dans un tel contexte insulaire, les études terre-mer sont nécessaires. Les failles actives peuvent laisser des traces dans les sédiments actuels du littoral et peuvent servir de guide à la recherche des accidents à terre. Ces études tectoniques permettent de mieux comprendre l'organisation des bassins latéritiques, gisements potentiels de nickel. Par ailleurs l'approche tectonique y est indispensable pour définir le risque sismique et gravitaire. La sismologie locale est également à renforcer.

Conclusion

La région Pacifique Sud-Ouest présente un assemblage exceptionnel de frontières de plaque et permet d'aborder de nombreux grands thèmes des Sciences de la Terre: subduction, volcanisme d 'arc, obduction, accrétion, point chaud, dorsale lente, dorsale rapide, surrection, subsidence, failles actives, morphologie/tectonique, altération et concentration minérale, etc... Le contexte tropical permet l'enregistrement par les coraux, ce qui apporte des contraintes fiables sur les vitesses des mouvements verticaux.

Les actions à poursuivre avec applications à d'autres régions du globe sont :
- l'étude de l'inversion des subductions (collision, point chaud ou avalanche du manteau) ;
- l'analyse de détail de la tectonique, indispensable pour l'aléa sismique ;
- l'approche à très haute résolution sur les mouvements récents pour contraindre la récurrence sismique ;
- l'étude de l'évolution morphologique et pédogénétique de la Nouvelle-Calédonie dans son cadre géodynamique.

Références bibliographiques

Auzende J.M., Eissen J.P., Lafoy Y., Gente P., and Charlou J.L., (1988). Seafloor spreading in the North Fiji Basin (Southwest Pacific). Tectonophysics, 146, 317-351.

Auzende J. M., B. Pelletier and J. P. Eissen, (1995). The North Fiji basin: Geology, structure and geodynamic evolution,. in B. Taylor, Ed., Back-arc Basin: tectonics and magmatism, Plenum Press, NY, 139-175

Bevis M., F. W. Taylor, B. E. Schutz, J. Recy, B. Isacks, S. Helu, R. Singh, E. Kendrick, J. Stowell, B. Taylor and S. Calmant, (1995). Geodetic observations of very rapid convergence and back-arc extension at the Tonga arc, *Nature*, 374, 249-251.

Calmant S, Lebellegard P., Taylor F.W., Bevis M., Maillard D., Recy J. and Bonneau J., (1995). Geodetic measurements of convergence across the New Hebrides subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2573-2576.

Calmant S., Pelletier B., Lebellegard P., Bevis M., Taylor F., D. Phillips, (2003). New insight on the tectonics of the New Hebrides subduction zone based on GPS results. J. Geophys. Res., 108, B6, 2319-2340.

Cluzel D., Aitchison J.C., and Picard C., (2001). Tectonic accretion and underplating of mafic terranes ine the Late Eocene intraoceanic fore-arc of New Caledonia (Southwest Pacific) : geodynamic implications. Tectonophysics, 340, p. 23-59.

Lagabrielle Y. and 16 others, (1996). Active oceanic spreading in the northern North Fiji Basin. Results of the NOFI cruise of the R/V L'Atalante. *Marine Geophys. Res.*, 18, 225-247.

Lagabrielle Y., Pelletier B. , Cabioch G., Regnier M ., Calmant S., (2003). Co-seismic and long-term vertical displacement due to back-arc shortening, Central Vanuatu. An integrated analysis of field and marine data following the Mw 7.5 event in november 1999, East Ambrym. J. Geophys. Res., 108, B11, 2519-2543.

Lagabrielle Y., Maurizot P., Lafoy Y., Cabioch G., Pelletier B., Chardon D., Régnier M., Wabete I., Calmant S., Neogene-Quaternary extensional tectonics in Southern New Caledonia: insights from onshore fault analysis and offshore seismic data. In press.

Pelletier B., Louat R., (1989). Mouvements relatifs des plaques dans le Sud-Ouest Pacifique. *C.R. Acad. Sci. Paris,* t.308, série II, p.123-130.

Pelletier B., Calmant S., Pillet R., (1998). Current tectonics of the Tonga-New Hebrides region, Earth Planet. Sci. Lett. 164, 263-276.

Pelletier B., Lagabrielle Y., Benoit M., Cabioch G., Calmant S., Garel E., Guivel C., (2001) - Newly identified segments of the Pacific-Australia plate boundary along the North Fiji transform zone. Earth Planet. Sci. Letters, 193, 347-358.

Pysklywec R.N., Mitrovica J.X., Ishii M., (2003). Mantle avalanche as a driving force for tectonic reorganization in the southwest Pacific. Earth Planet. Sci. Letters, 209, 29-38.

Regnier M., Calmant S., Pelletier B., Lagabrielle Y., Cabioch G., (2003). The Mw 7.5 1999 Ambrym earthquake, Vanuatu: a back arc intraplate thrust event. Tectonics, 22, 4, 1034-1047.

Taylor B., K. Zellmer, F. Martinez, A. Goodliffe, (1996). Sea-floor spreading in the Lau back-arc basin, Earth Planetary Science Letters 144, 35-40.

Taylor F. W., C. Frolich, J. Lecolle and M. Strecker, (1987). Analysis of partially emerged corals and reef terraces in the central Vanuatu arc: comparison of contemporary coseismic and nonseismic with Quaternary vertical movements, *J. Geophys. Res.*, 92, 4905-4933.

Taylor, F. W., R. Edwards, G. Wasserburg and C. Frohlich., (1990). Seismic Recurrence Intervals and Timing of Aseismic Subduction Inferred From Emerged Corals and Refs of the Central Vanuatu (New Hebrides) Frontal Arc, *J. Geophys. Res.*, 95, 393-408.

Taylor F. W., M. Bevis, B. Schutz, D. Kuang, J. Recy, S. Calmant, D. Charley, M. Regnier, B. Perin, M. Jackson and C. Reichenfeld, (1995). Geodetic measurements of convergence at the New Hebrides island arc indicate arc fragmentation caused by an impinging aseismic ridge, *Geology*, 23, 1011-1014.

Sismologie et risques sismiques dans le sud-ouest Pacifique

Philippe CHARVIS [1], Marc RÉGNIER [2] et Robert PILLET [3]

[1] UMR Géosciences Azur, IRD, Observatoire Océanologique, La Darse, B.P. 48 06235 Villefranche-sur-mer Cedex, France, philippe.charvis@geoazur.obs-vlfr.fr

[2] UMR Géosciences Azur, IRD, 250 rue Albert Einstein, Les Lucioles 1, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, France

[3] UMR Géosciences Azur, IRD, Centre IRD, BP A5, 98848 Nouméa cedex, Nouvelle-Calédonie

La sismicité dans le Pacifique sud-ouest

Le Pacifique sud-ouest est une région d'intense activité sismique associée à un contexte géodynamique complexe dans lequel s'affrontent les plaques Australienne et Pacifique. Cet affrontement se traduit par des limites de plaque multiples, en convergence le long de l'arc des Salomon, du Vanuatu et des Tonga-Kermadec, transformantes dans la zone des îles Fidji et en Nouvelle-Zélande. À l'arrière des zones de convergence, l'extension active se traduit parfois par une ouverture océanique arrière-arc, complexe et caractérisée par une multitude de segments de dorsale comme dans le bassin Nord-Fidjien ou le bassin de Lau. Les déplacements calculés sont parmi les plus importants de la planète puisqu'ils atteignent 24 cm/an dans le nord de la zone de subduction de Tonga *[Bevis et al., 1995]* et 12 cm/an dans la zone de subduction du Vanuatu *[Calmant et al., 1995 ; Calmant et al., 2003]*.

Cette tectonique intense se traduit par une sismicité très importante. Sur la période de 1973 à 2003, environ 10000 séismes de magnitude supérieure à 5 et près d'une centaine de séismes de magnitude supérieure à 7, soit environ 20% de la sismicité mondiale, ont été enregistrés par les réseaux sismologiques. Par ailleurs des séismes importants ont affecté certaines grandes villes de la région entraînant des dégâts significatifs, comme à Suva (1956), Nuku Alofa (1972), Futuna (1993) et Port Vila (2002).

En Nouvelle-Calédonie, des séismes d'une magnitude plus faible affectent régulièrement le territoire *[Régnier et al., 1999]*. Les plus récents, en 1990 (5,70 mb), 1991 (5,00 Ms) et 1999 (4,20 mb), ont affecté le sud-ouest de la grande terre. Ils présentent des mécanismes globalement en extension qui pourraient traduire les contraintes associées à la flexure de la plaque au voisinage de la zone de subduction du Vanuatu.

Au Vanuatu, la sismicité est principalement caractérisée par des mécanismes en chevauchement avec une vergence sud-ouest, perpendiculaire à l'axe de l'arc insulaire. Ces séismes marquent la subduction de la plaque Australienne sous l'arc insulaire du Vanuatu. Localement, des structures secondaires traduisant la complexité de la zone sont associées à une sismicité ne rentrant pas dans ce schéma simple. C'est le cas de la terminaison sud du système où la collision entre le relief associé aux îles Loyauté, sur la plaque plongeante, et l'arc insulaire du Vanuatu produit de nombreuses crises sismiques comme la crise d'octobre 1980, la crise de mai 1995 avec un séisme majeur (Mw 7,7) et la crise de décembre 2003-janvier 2004. De même, dans la zone arrière-arc, à l'est de l'île d'Ambrym, la crise sismique de fin 1999, avec un événement principal de magnitude 7,5, a montré l'existence d'un accident chevauchant avec une vergence opposée (vers le nord-est) à celle de la subduction *[Pelletier et al., 2000 ; Régnier et al., 2003 ;Lagabrielle et al., 2003]*. Par ailleurs, les mesures géodésiques montrent que l'arc se déforme, sous l'impact de la ride d'Entrecasteaux, relief porté par la plaque

Australienne, avec un effet de poinçonnement en face de la ride et d'expulsion latérale (Calmant et al, 2003).

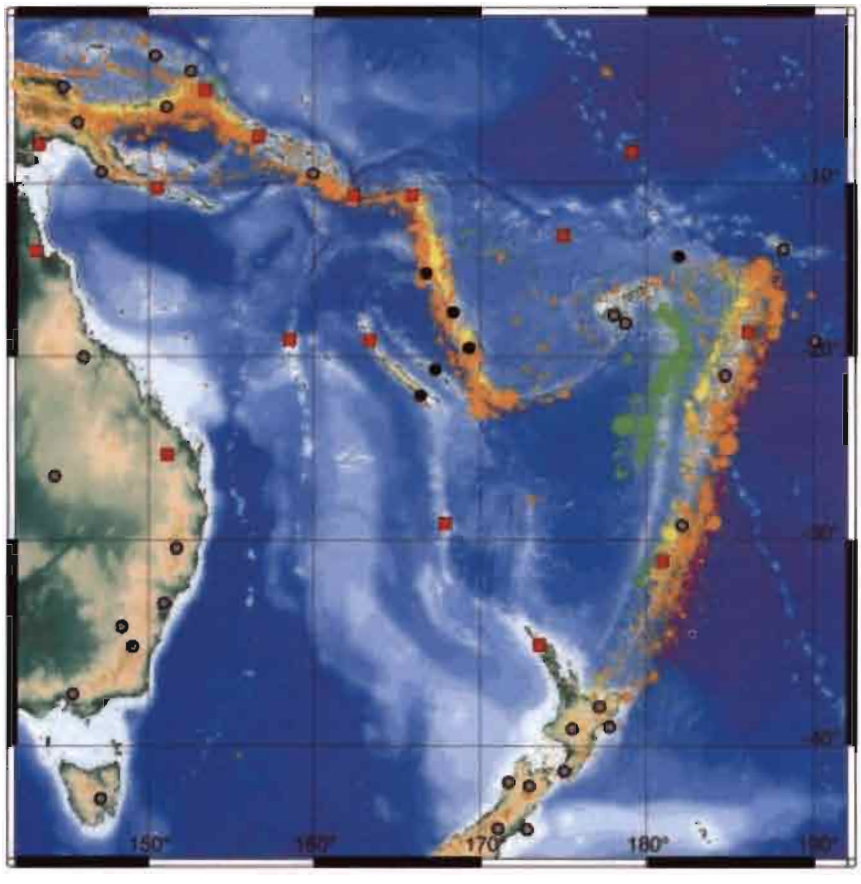


Figure 1 : Carte de la sismicité dans le Pacifique sud-ouest.
La profondeur des séismes est codée en couleur (orange : séismes superficiels, jaune : séismes intermédiaires, vert : séismes profonds) et le diamètre du cercle proportionnel à la magnitude. Les principales stations sismologiques sont indiquées par des points noirs (réseau Cavascope de l'IRD) ou gris (autres stations). Les carrés rouges représentent les stations sismologiques en projet.

L'observation sismologique régionale dans le Pacifique sud-ouest

La caractérisation des sources sismiques est basée sur l'obtention de séries d'observation sur des périodes longues (typiquement 10 ans et plus) par des observatoires permanents de la sismicité et des déformations régionales.

Actuellement l'IRD gère avec des partenaires régionaux (Department of Geology, Mines and Water Resources du Vanuatu, antenne de Futuna de Météo France) un réseau de 6 stations large-bande : le réseau Cavascope installé en Nouvelle-Calédonie, à Vanuatu et à Futuna (Figure 1). Des réseaux sismologiques nationaux sont implantés en Australie et en Nouvelle-Zélande pour les deux plus importants, mais aussi dans de nombreux pays de la zone avec le soutien actif dans certains cas du Japon et des USA.

Le Pacifique sud-ouest est une région essentiellement marine dont la couverture par des réseaux terrestres est difficile. Les réseaux existants sont gérés indépendamment ; ils sont le plus souvent hétérogènes et il n'y a pas de base de données centralisée. Pour ces différentes raisons, mais aussi à cause d'un fort taux de panne lié aux difficultés de maintenance, le bilan opérationnel est faible.

La région est caractérisée par un faible niveau de détection pour les évènements locaux et régionaux. La détermination des séismes régionaux de magnitude supérieure à 4,0 est rarement faite avec plus de 6 stations (Figure 2).

L'absence d'un réseau suffisamment coordonné et opérationnel à l'échelle régionale conduit actuellement à localiser les séismes à partir des réseaux sismologiques globaux dont les localisations sont imprécises et atteignent plusieurs dizaines de kilomètres. Dans de nombreux secteurs, la géométrie du réseau est telle qu'elle ne permet pas de localiser les séismes de magnitude inférieure à 4,8.

La réalisation de campagnes sismologiques et géodésiques temporaires par des laboratoires internationaux a permis d'obtenir localement des résultats scientifiques importants sans toutefois améliorer significativement la connaissance de la sismicité régionale, ni améliorer la définition du modèle de vitesse dans la lithosphère.

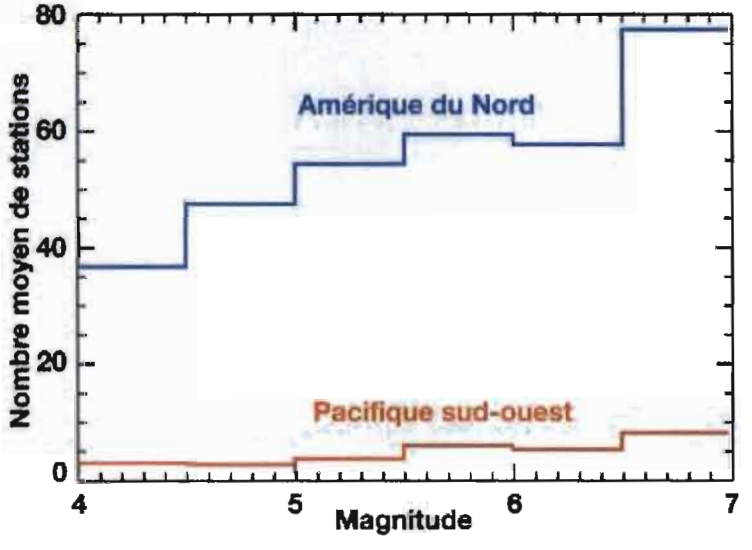


Figure 2 : Détection des séismes.

Nombre moyen de stations détectant un séisme de magnitude donnée. On voit que le nombre de station détectant un séisme ne dépasse jamais 6 ou 7 dans le Pacifique alors qu'il peut atteindre plusieurs dizaines de stations en Amérique du nord. Il en résulte une relative imprécision sur les localisations.

Le risque sismique dans le Pacifique sud-ouest

L'évaluation de l'aléa passe par la détermination de la probabilité de réalisation d'un événement (aléa régional) à partir de la localisation des sources, de la détermination de la récurrence et de l'évaluation du mouvement du sol en prenant en compte l'atténuation régionale. Il faut compléter cette approche régionale par une approche locale de l'effet de site. Ce dernier correspond à une amplification locale des mouvements du sol en fonction de la fréquence (liée à la présence de remplissage sédimentaires meubles par exemple). Des travaux de zonation sismique ont été menés dans quatre capitales régionales afin de définir la fréquence et l'amplification du mouvement du sol soumis à une sollicitation sismique *[Régnier et al., 2000 ; Shorten et al., 2001]*.

Au final ces deux approches permettent de calculer une probabilité d'atteindre une certaine accélération du sol et donc de définir des critères de construction utilisable par le génie civil pour dimensionner les constructions en fonction de leur destination.

La prévision des séismes procède par une recherche d'indices précurseurs ou de signaux transitoires qui permettraient de prévoir, avec une précision suffisante, l'occurrence d'un grand séisme, de manière à pouvoir être utilisé pour la protection civile (évacuation des populations, arrêt de certaine infrastructure à risque,...). Récemment, des réseaux permanents de stations géodésiques et

sismologiques disposés sur les marges du Pacifique nord (Japon, Canada, USA) ont permis de caractériser des déformations asismiques ou générant des signaux de type « trémor », qui correspondraient à la relaxation locale des contraintes le long de la zone de contact entre les plaques. La compréhension de ces signaux et leur recherche dans d'autres zones de subduction ouvrent la voie vers une meilleure compréhension de l'initiation de la rupture sismique, des relations avec la présence de fluides profonds, voire de la prédiction de séismes majeurs [e.g., Dragert et al., 2001 ; Obara, 2002 ; Hirn et Laigle, 2004].

Il est aujourd'hui toujours impossible de prévoir le déclenchement d'un séisme. Par contre, la définition de l'aléa sismique est parfaitement maîtrisée mais peu efficace dans la région du Pacifique sud-ouest à cause des lacunes de l'observation sismologique.

La croissance démographique forte et le développement économique de la région sont des facteurs d'augmentation du risque. Le développement durable implique la prise en compte de l'aléa sismique. C'est pour cette raison que nous proposons un réseau géophysique fédérant les réseaux locaux.

Le projet réseau géophysique régional SPRINGY

L'amélioration significative de la connaissance de la sismicité et de la déformation de la région passe nécessairement par la constitution d'un réseau unifié d'observation et de surveillance, constitué de stations modernes et homogènes, transmettant leurs données en temps quasi réel vers une base de données centralisée et accessible à tous les partenaires. Cet outil permettra le suivi des crises sismiques par les scientifiques et les autorités, une meilleure détection et localisation des évènements sismiques et donc une meilleure évaluation de l'aléa dans le cadre d'une coopération scientifique renforcée entre les pays de la zone.

L'observation sismologique dans le Pacifique sud-ouest est actuellement assurée par un ensemble régional de stations autonomes distribuées dans les micros états de la région, complété par les réseaux nationaux des deux grand pays de la zone : la Nouvelle-Zélande et l'Australie. Le groupe de travail SPRINGY propose de connecter entre eux ces sous réseaux, ou directement les stations elles-mêmes, en un réseau régional unifié et homogène. Une utilisation systématique de la transmission de données par télémétrie satellitaire est envisagée. Ce projet ambitionne de créer à terme, une agence régionale de surveillance de la sismicité qui traiterait, archiverait et produirait les données, les informations et les expertises dans le domaine de aléa sismologique ? nécessaires au développement durable des pays de la zone et aux programmes de recherche de la communauté internationale.

Les résultats scientifiques attendus

La réduction des distances épicentrales et l'amélioration de la couverture azimutale obtenues par une meilleure répartition des stations sismologiques, ainsi que l'utilisation de modèle de vitesses à 3 dimensions (en intégrant les données géophysiques marines disponibles par exemple) permettront une amélioration significative de la localisation des séismes [e.g., Font et al., 2003]. Par ailleurs, la modélisation des formes d'onde permet aussi d'améliorer la localisation et le mécanisme focal de l'événement.

Parallèlement, la mise en œuvre de méthodes d'imagerie de type sismique multitrace permet de décrire la structure de la marge convergente, de localiser les accidents secondaires potentiellement actifs, de préciser la géométrie du toit de la plaque plongeante et la nature du chenal de subduction dans sa partie la plus superficielle (jusqu'à 20-30 km de profondeur). À plus grande profondeur, les méthodes tomographiques basées sur l'enregistrement des séismes locaux ou lointains par un réseau de sismomètres terrestres ou marins permettent d'obtenir une image du panneau plongeant, de la zone interplaque et de la zone arrière-arc [par exemple, Zhao et al., 1997].

Conclusions et perspectives

Le Pacifique sud-ouest est une zone tectoniquement très active où le mouvement des plaques est extrême et les structures actives très diverses : arcs insulaires océaniques, blocs continentaux, bassins arrière-arc,.... C'est un laboratoire international exceptionnel qui permettra de poursuivre l'étude des zones de subduction océanique, la compréhension du déclenchement des séismes et la recherche de signaux précurseurs.

C'est aussi une région où le risque sismique est élevé et où des efforts importants doivent être fournis afin de mieux caractériser la sismicité, de mieux quantifier l'aléa et de développer chez nos partenaires du Sud, des compétences pour la mesure, l'observation et l'expertise dans ce domaine.

Références bibliographiques

Bevis M. et al., Geodetic observations of very rapid convergence and back-arc extension at the Tonga arc, *Nature, 374*, 249-251, 1995.

Calmant S., P. Lebellegard, F. Taylor, M. Bevis, D. Maillard, J. Recy and J. Bonneau, Geodetic measurements of convergence across the New Hebrides subduction zone, *Geophys. Res. Lett., 22*, 2573-2576, 1995.

Calmant S., B. Pelletier, P. Lebellegard, M. Bevis, F. Taylor,and D. Phillips, New insights on the tectonics along the New Hebrides subduction zone on GPS results, *J. Geophys. Res., 108*, 2319-2340, 2003.

Dragert, H., K. Wang, and T.S. James, A Silent Slip Event on the Deeper Cascadia Subduction Interface, *Science*, *292*, 1525-1528, 2001.

Font Y., Kao H., Liu C.-S. and Chiao, L.-Y, A comprehensive 3D seismic velocity model for the eastern Taiwan-southernmost Ryukyu regions. *Terr. Atm. Ocean. Sci.*, 14, (2): 159-182, 2003.

Hirn, A., and M. Laigle, Silent Heralds of Megathrust Earthquakes?, *Science*, *305*, 1917-1918, 2004.

Obara, K., Nonvolcanic Deep Tremor Associated with Subduction in Southwest Japan, *Science*, *296*, 1679-1681, 2002.

Lagabrielle Y., B. Pelletier, G. Cabioch, M. Regnier and S. Calmant, Coseismic and long-term vertical displacement due to back arc shortening, central Vanuatu: Offshore and onshore data following the Mw 7.5, 26 november 1999 Ambrym earthquake, *J. Geophys. Res., 108*, 2519-2543, 2003.

Pelletier B., M. Regnier, S. Calmant, R. Pillet, G. Cabioch, Y. Lagabrielle, J.-M. Bore, J.-P. Caminade, P. Lebellegard, I. Cristopher and S. Temakon, Le séisme d'Ambrym-Pentecôte (Vanuatu) du 26 novembre 1999 (Mw : 7.5) données préliminaires sur la séismicité, le tsunami et les déplacements associés. *C. R. Acad. Sci. Paris, 331*,21-28, 2000.

Régnier M., Van De Beuque S., Baldassari C. and Tribot Laspierre G., La séismicité du Sud de la Nouvelle Calédonie: Implications structurales. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes, 329*, 141-48, 1999.

Régnier M., S. Calmant, B. Pelletier, Y. Lagabrielle and G. Cabioch, The Mw 7.5 1999 Ambrym earthquake, Vanuatu: a back ar intraplate thrust event. *Tectonics, 22*, 1034-1047, 2003.

Régnier M, S. Morris, A. Shapira, A. Malitzky and G. Shorten, Microzonation of the expected seismic site effects across Port Vila, Vanuatu. Journal of Earthquake Engineering, 4, 2, 215-231, 2000

Shorten G., A. Shapira, M. Regnier, G. Teakle, L. Biukoto, M. Swamy and L. Vuetibau, Site-specific earthquake hazard determinations in capital cities in the south Pacific. *SOPAC Technical Report, 300*, 156 p., 2001.

Volcanisme et risques volcaniques dans les îles du Pacifique Sud : exemples de la Polynésie française et de l'arc du Vanuatu

R.C. MAURY [1], M. LARDY [2], C. ROBIN [2], M. MONZIER [2], J.-P. EISSEN [2], P. BANI [2], P. ROSSI [3], S. BLAIS [4], G. GUILLE [5], H. GUILLOU [6], C. LEGENDRE [1]

[1] UMR 6538 Domaines océaniques, IUEM, Univ. Bretagne Occidentale, 29280 Plouzané, France, Rene.Maury@univ-brest.fr
[2] IRD, UMR 6524 Magmas et Volcans, Univ. Blaise Pascal, 63038 Clermont-Ferrand, France
[3] SGN/CGF, BRGM, 45060 Orléans, France
[4] UMR6118 Géosciences Rennes, 35042 Rennes, France
[5] CEA/DASE, 91680 Bruyères le Châtel, France
[6] UMR 1572 LSCE, CEA-CNRS, Gif s/ Yvette, France

Résumé

Les îles volcaniques récentes du Pacifique Sud se regroupent soit en chaînes linéaires nées de l'activité de points chauds en contexte intraplaque océanique, comme les archipels de Polynésie française (Marquises, Société, Gambier, Australes), soit en arcs insulaires formés à la verticale de zones de subduction (Vanuatu).

Les risques volcaniques directs sont faibles en Polynésie (îlot de Mehetia). Le programme de cartographie en cours démontre l'extraordinaire diversité des volcans-boucliers basaltiques polynésiens, et la complexité des processus volcano-tectoniques qui, dans les stades finaux de leur activité, conduisent à des effondrements de type graben (Huahine) ou sectoriels (Raiatea) et souvent à la submersion en une (Moorea) ou plusieurs (Nuku Hiva) phases de parties importantes de ces édifices.

Les strato-volcans andésitiques du Vanuatu comptent une quinzaine d'édifices actifs qui ont connu de nombreuses éruptions historiques et font l'objet d'une surveillance permanente. Les cartes de menaces volcaniques (Gaua, Aoba, Ambrym, Tanna) montrent la variété des dynamismes explosifs (éruptions stromboliennes, hydro-magmatiques, émission de coulées pyroclastiques) parfois suivis de coulées boueuses (lahars) très destructrices.

Introduction

Les îles volcaniques récentes du Pacifique Sud sont de deux types. Les chaînes linéaires, nées de l'activité de points chauds en contexte intraplaque océanique, comportent de grands volcans-boucliers basaltiques, composés d'empilements de plusieurs centaines de coulées de basaltes tholéiitiques ou alcalins et de laves intermédiaires, parfois recoupés par des dômes de trachytes et de phonolites. Les quelque 30 îles hautes des archipels de Polynésie française (Marquises, Société, Gambier, Australes), étudiées dans le cadre du programme de cartographie géologique BRGM/CEA/Universités de Brest et de Rennes, appartiennent à ce premier type. A l'opposé, les arcs insulaires formés à la verticale de zones de subduction sont faits de strato-volcans, dans lesquels les coulées de laves sont souvent minoritaires par rapport aux produits d'éruptions explosives (avec émission de panaches cendreux et de nuées ardentes). Les magmas correspondants, visqueux et riches

en eau, sont principalement des basaltes tholéiitiques d'arc et calco-alcalins, ainsi que des andésites. Les quinze volcans actifs de l'arc du Vanuatu, dont la surveillance volcanologique est assurée par l'équipe IRD Processus et Aléas volcaniques (UMR Magmas et Volcans de Clermont-Ferrand), sont très caractéristiques de ce second type.

Le volcanisme intraplaque de la Polynésie française

La Polynésie compte parmi ses 118 îles le plus grand nombre de grands édifices volcaniques récents (moins de 12 Ma) de tous les territoires français. Ils se répartissent entre 7° et 30° de latitude Sud et 135° et 153° de longitude Ouest, dans un domaine océanique de dimensions comparables à celles de l'Europe (2 700 km d'ouest en est et 2300 km du nord au sud).

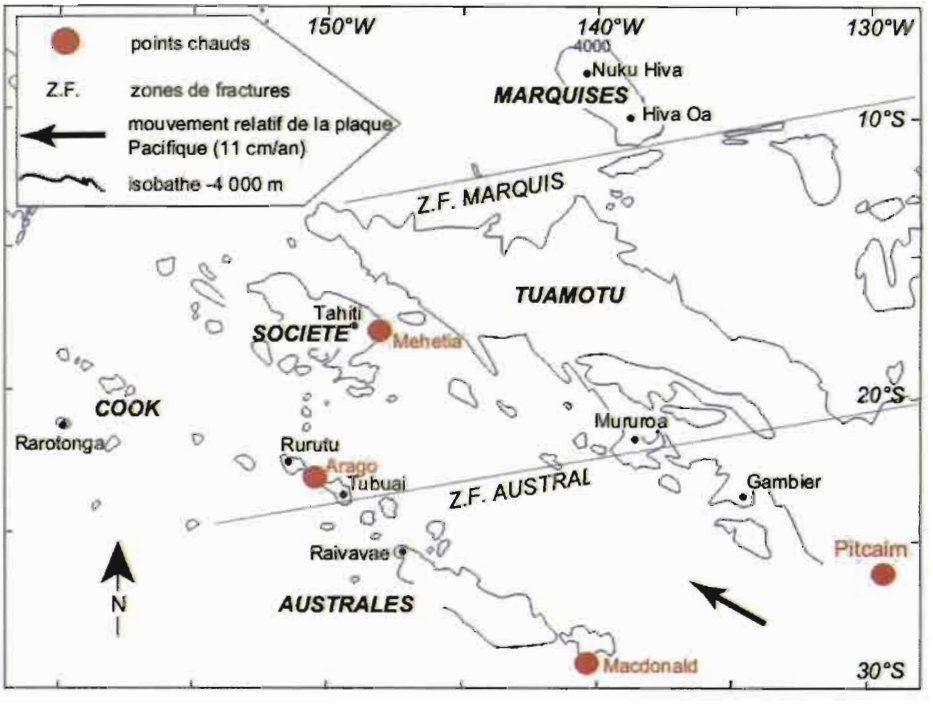


Figure 1 : Les archipels volcaniques et les points chauds de Polynésie française

Autour d'un alignement géant d'atolls, les Tuamotu, se distribuent en effet :

- les Marquises, qui comptent six grandes îles volcaniques : Nuku Hiva, Ua Huka, Ua Pou, Hiva Oa, Tahuata et Fatu Hiva, ainsi que plusieurs îlots et hauts fonds ;
- l'archipel de la Société, avec ses huit grandes îles, dont Tahiti, et le minuscule archipel des Gambier ;
- et enfin l'archipel des Australes, qui compte quatre îles volcaniques (Rurutu, Tubuai, Raivavae et Rapa), et se prolonge par l'alignement volcanique des îles Cook pour atteindre une longueur totale de 2 200 km.

Chacune de ces îles comporte un ou plusieurs volcans-boucliers, adjacents (Tahiti, Hiva Oa) ou emboîtés (Nuku Hiva), dont une partie s'est souvent effondrée en mer lors des stades finaux de leur activité (Moorea). Le plus grand est sans conteste le volcan-bouclier de Tahiti Nui dont le diamètre atteint 60 km et qui culmine à 2 241 m au Mont Orohena alors que sa base est à 3 600 m de profondeur, mais d'autres sont également impressionnants. Ainsi, le volcan-bouclier de Tekao à Nuku Hiva, bien que dépourvu de sa moitié méridionale effondrée en mer, atteint 1 224 m d'altitude pour un diamètre de 20 km, et son voisin à peine plus petit de Ua Pou est recoupé par plusieurs dizaines d'aiguilles de phonolites dont la plus haute culmine à 1 203 m.

Si les archipels de la Société, des Australes, des Marquises et l'alignement Pitcairn-Gambier-atoll de Moruroa fonctionnent bien sur le modèle des chaînes volcaniques linéaires issues de points chauds,

sites de fusion partielle localisés au sommet de panaches ascendants de manteau asthénosphériques d'origine profonde, l'activité de ces points chauds n'est pas facile à observer. En effet, elle est principalement focalisée au niveau de monts sous-marins (seamounts) localisés à l'extrémité sud-est des chaînes volcaniques, exceptionnellement au milieu (seamount Arago aux Australes). Seul le seamount Macdonald, qui pourrait bientôt émerger au sud-est des Australes, semble très actif : l'éruption de 1989, localisée au niveau de son plateau sommital à – 200 m, a été observée par submersible et depuis les navires (explosions et projections de cendres fines). Pour la plupart des autres seamounts, on ne dispose que de données bathymétriques et d'échantillons dragués dont la datation a fourni des âges relativement récents (par exemple 230 000 ans pour le seamount Arago, dont le sommet n'est qu'à 27 m de profondeur, ou bien 390 000 ans pour le seamount le plus jeune connu aux Marquises, archipel où la position exacte du point chaud demeure inconnue).

Le point chaud le mieux connu de Polynésie, et en tout cas le plus exploré, est celui de la Société. Au sud-est de Tahiti, une douzaines d'édifices volcaniques jeunes, de taille variable, se distribuent dans une zone d'un diamètre de 150 km, où leur soubassement est moins profond de 400 à 500 m que les plaines abyssales avoisinantes. Un seul émerge, formant l'îlot de Mehetia, et le sommet d'un autre, le Moua Pihaa, se situe à seulement 143 m de profondeur. Des séismes liés à une activité volcanique ont été décelés sous certains de ces seamounts, et des sources hydrothermales à 30 ° C ont été découvertes au sommet de l'un d'entre eux (Teahitia). Bien qu'aucune éruption n'ait été directement observée, les explorations en submersible ont décelé de multiples indications d'activité subactuelle, par exemple des structures très fragiles de laves en coussin. Une véritable crise volcano-sismique a eu lieu en 1981 au niveau du flanc sud-est de l'îlot de Mehetia : 3450 séismes de magnitudes inférieures ou égales à 4,3, liés à une éruption sous-marine à 1600 m de profondeur, ont été enregistrés.

D'une manière générale, à La Société et aux Marquises, les âges des îles volcaniques augmentent assez régulièrement en fonction de leur distance au point chaud. Les caractéristiques géologiques de ces îles varient considérablement d'un archipel à l'autre et également au sein d'un même archipel. On rencontre notamment tous les intermédiaires entre des volcans-boucliers qui ont très bien conservé leur morphologie initiale (Tahiti Nui) et des édifices dont une moitié, voire plus, s'est effondrée en mer au cours des derniers stades de leur activité volcanique. Seule la cartographie géologique détaillée de ces îles permet de reconstituer les modalités et la chronologie de ces effondrements, qui guident également souvent la répartition des zones présentant des risques de glissements de terrains. Ainsi, l'étude de deux îles de la Société montre des stades d'évolution radicalement différents. A Huahine, le volcan-bouclier initial a été scindé en deux parties (Huahine Nui et Huahine Iti) par l'ouverture, il y a environ 2,5 millions d'années, d'un fossé d'effondrement au niveau des baies Maroe et Bourayne. Cet épisode a précédé fin de l'activité volcanique, marquée par la mise en place de cinq dômes de trachyphonolite.

Figure 2 : Carte géologique de l'île de Huahine (archipel de la Société)

A Moorea, île plus récente, la construction du volcan-bouclier basaltique s'est effectuée très rapidement, entre 1,7 et 1,5 millions d'années. Elle a été immédiatement suivie par la formation d'une caldeira centrale, puis par l'effondrement en mer de la partie septentrionale de l'île initiale, et enfin la mise en place de coulées épaisses de laves intermédiaires.

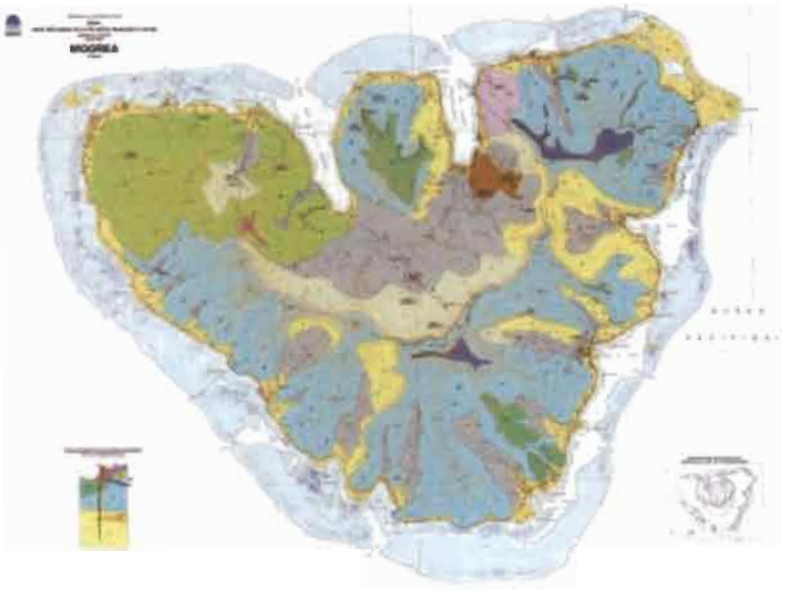


Figure 3 : Carte géologique de l'île de Moorea (archipel de la Société)

Le volcanisme de l'arc du Vanuatu

Si les menaces et risques volcaniques directs sont faibles voire négligeables dans les archipels de Polynésie française, il n'en est malheureusement pas de même au niveau des volcans d'arc insulaire comme ceux du Vanuatu. La raison en est à rechercher directement au niveau des processus de genèse des magmas des deux types d'îles. En contexte intraplaque océanique, la fusion du manteau s'effectue en l'absence d'eau, ce fluide étant directement responsable de l'explosivité des magmas. Par contre, sous les arcs insulaires, la fusion du manteau s'effectue en présence d'eau, issue de la déshydratation en profondeur de la plaque océanique plongeante. Les magmas d'arc sont donc hydratés (2 à 5% massiques d'eau), et leur ascension vers la surface provoque leur fragmentation explosive par décompression. Par ordre d'explosivité croissante on peut alors observer : des explosions stromboliennes avec projection de bombes et de lapilli ; des panaches cendreux, dont la hauteur varie de 2 à 20 km, et dont la retombée peut s'accompagner de pluies acides sur les îles voisines ; des panaches de type plinien dont l'altitude atteint 40 à 50 km, et dont la base de la colonne éruptive s'effondre souvent, produisant des nuées ardentes très destructrices ; et enfin des éruptions hydro-magmatiques cataclysmales, provoquant la formation de caldeiras, et dont les effets peuvent se faire sentir à plusieurs centaines de km du volcan. Enfin, parmi les risques volcaniques importants liés aux conséquences des éruptions explosives, figure la mise en place de coulées boueuses (lahars), résultant de la vidange de lacs de cratère lors des explosions, voire tout simplement du remaniement des cendres et lapilli fraîchement émis par des pluies torrentielles.

Tous ces types de menaces volcaniques peuvent être associés aux nombreuses éruptions enregistrées sur les 8 îles du Vanuatu où se rencontrent des volcans actifs, ainsi qu'au niveau des 7 édifices sous-marins actifs de l'archipel. Comme en Polynésie française, chaque volcan présente des caractères particuliers liés à la composition de ses magmas, à sa structure et à son histoire volcanologique, si bien que la surveillance volcanique passe tout d'abord par la réalisation de cartes de menaces tenant compte de ces spécificités. Ainsi, sur l'île de Tanna, les risques les plus courants sont liés aux explosions stromboliennes et aux chutes de cendres liées à l'activité permanente du volcan Yasur (surveillée par une station de mesure automatique des mouvements du sol), ainsi qu'aux pluies acides associées à ces éruptions.

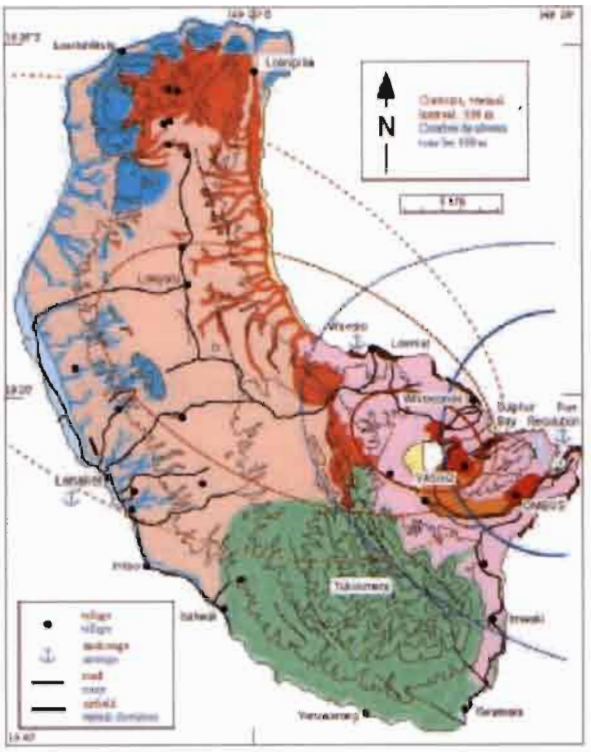


Figure 4 : Carte des menaces volcaniques pour l'île de Tanna

Sur l'île de Santa Maria (ou Gaua), le cône actif du volcan Garet se situe à proximité immédiate du lac Letas, qui occupe la caldeira sommitale de l'île. Les menaces principales sont liées : aux panaches cendreux issus de ses éruptions, qui, lorsqu'elles sont paroxysmales peuvent donner naissance à des nuées ardentes retombantes ; et également aux lahars qui se forment quand l'eau du lac Letas est chassée par la chute de la partie dense du nuage pyroclastique.

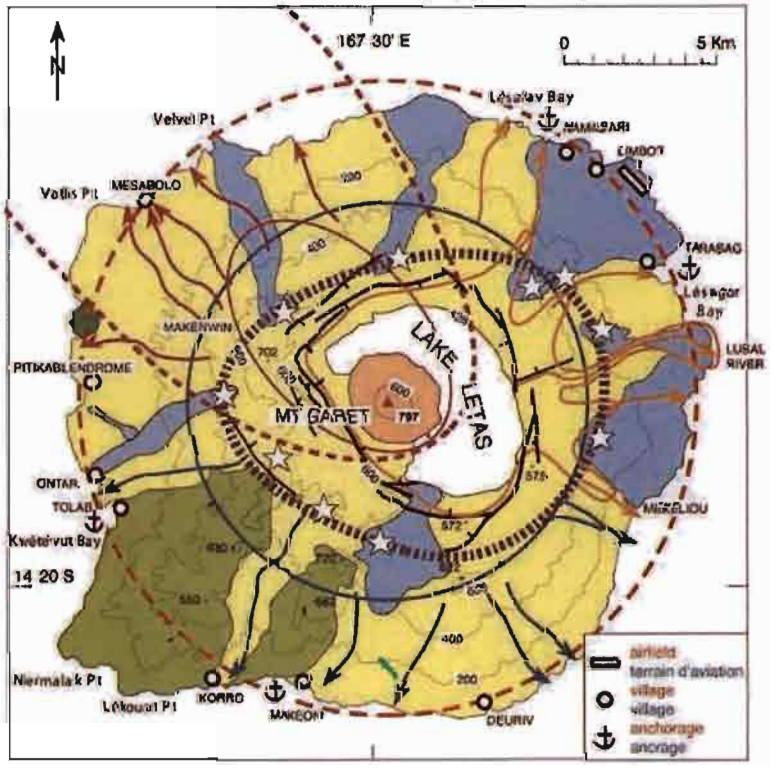


Figure 5 : Carte des menaces volcaniques pour l'île de Santa Maria (Gaua)

Les phénomènes volcaniques les plus spectaculaires au Vanuatu sont les panaches cendro-ponceux projetés à très haute altitude lors des éruptions pliniennes (comme celle du volcan Lopévi en 2003). Cependant, la menace volcanique majeure, présente sur plusieurs îles de l'archipel, est sans conteste celle d'une éruption hydro-magmatique, au cours de laquelle l'explosivité propre du magma est décuplée par son interaction avec l'eau de mer si celle-ci envahit la cheminée volcanique. Une éruption de ce type a eu lieu en 1452, entre Epi et Tongoa : elle a rejeté entre 32 et 39 km^3 de magma, creusant une caldeira sous-marine (caldeira de Kuwae, de 10 km de long et 7 km de large, profonde de 1000 m) qui a séparé ces deux îles.

Références bibliographiques

Guille G., Maury R.C., Chauvel C., Blais S., Guillou H. (2003). Géologie des îles de la Polynésie française. Géologues, 138, p. 89-95.

Vanuatu : site internet http://www.ird.nc/dme/dme_r031.htm

La prévention des tsunamis en Polynésie française et dans le Pacifique

François SCHINDELE [1] et Dominique REYMOND [2]
[1] CEA/DASE, BP 12 Bruyères le Châtel, France - Président du GIC/ITSU (Unesco), francois.schindele@cea.fr
[2] LDG/Pamatai, BP 640 Papeete Tahiti, Polynésie française

Le CEA est le représentant de la France au Groupe International de Coordination (Unesco/GIC/ITSU) du Système d'Alerte aux Tsunamis dans le Pacifique (PTWS) qui regroupe la communauté scientifique et opérationnelle des tsunamis. ITSU, composé des Etats membres de la région du Pacifique, a été mis en place par la Commission Océanographique Intergouvernementale de l'Unesco dès 1965, après les dégâts provoqués par les événements catastrophiques du Chili en 1960 et d'Alaska en 1964.

Deux structures ont été mises en place : le siège opérationnel du système d'alerte (Pacific Tsunami Warning Center - PTWC) et le centre international d'information sur les tsunamis (CIIT) situés tous les deux à Honolulu (Hawaii). Les Etats membres ont intégré au système d'alerte les données de leurs stations, ainsi que les moyens de communication. Plus d'une centaine de stations sismiques et de stations de mesure du niveau de la mer envoient en temps réel ou légèrement différé leurs données au PTWC.
Les missions du CIIT sont essentiellement : de suivre le fonctionnement du PTWS et de faire des recommandations sur les améliorations à apporter, de communiquer des renseignements sur les activités du système d'alerte, d'aider à mettre en place des systèmes d'alerte nationaux, de rassembler et diffuser des informations et des documents sur les tsunamis.

ITSU est chargé de proposer et de coordonner des projets particulièrement utiles aux Etats membres de la COI dont les côtes sont menacées par des tsunamis. Pour atteindre ces objectifs, l'ITSU tient tous les deux ans une réunion dans l'un des pays du Pacifique. Ces sessions, souvent précédées d'un congrès scientifique, permettent de renforcer la coopération et la coordination entre les Etats membres, de faire le point sur le système d'alerte et les activités du groupe et de définir le programme pour la période suivante.
ITSU a établi une stratégie de réduction du risque. Celle-ci est fondée sur trois éléments clés : i) l'évaluation de l'aléa ; ii) la prévention ; iii) la mise en place de systèmes d'alerte,

En Polynésie française, le Laboratoire de Géophysique (LDG) du CEA gère le Centre Polynésien de Prévention des Tsunamis (CPPT) - centre régional du PTWS - qui assure l'alerte opérationnelle aux tsunamis 24h/24 dans le Pacifique en relation avec le Pacific Tsunami Warning Center. Dès le début des années soixante, le LDG/Pamatai a mis en place le réseau sismique polynésien qui lui permet de surveiller l'intense activité sismique du pourtour du Pacifique. Des études de différents systèmes d'alerte ont été faites durant ces quarante années, basées sur la détection des ondes sismiques, tout d'abord des ondes de volume, puis des ondes T et enfin des ondes de surface. La position privilégiée de la Polynésie française au milieu du Pacifique Sud, lui permet d'enregistrer tous les forts séismes qui se déclenchent dans le Pacifique.

Les tsunamis sont la plupart du temps générés par des séismes de subduction de forte ampleur, dont la magnitude est supérieure à 8.0. Certains événements de magnitude supérieure à 7.0 situés près de la fosse peuvent dans certaines régions générer des tsunamis catastrophiques. La déformation initiale provoquée par la rupture dépasse alors plusieurs dizaines de centimètres, sur une surface de plus de 1000 km^2. Le tsunami se propage ensuite sous forme d'une série de vagues successives, en général 3 à 5 principales. Sa vitesse dépend de la profondeur de l'eau et par conséquent, les vagues subissent des accélérations ou des décélérations selon la profondeur du fond marin au dessus duquel elles passent croît ou décroît. En haute mer, les vagues peuvent se déplacer à des vitesses allant de 500 à 800 km/h. A proximité du rivage, sa vitesse n'atteint plus que quelques dizaines de km/h, ce qui entraîne une diminution de sa longueur d'onde et une augmentation de son amplitude. Les dégâts causés par les tsunamis sont le résultat direct de trois facteurs : l'inondation, l'impact des vagues sur les constructions et les autres structures, et l'érosion lors du retrait.

Le LDG possède une très grande expertise dans le domaine de l'alerte. La dernière méthode mise au point à partir de 1984 a abouti au système automatique d'alerte rapide TREMORS ®. Ce système est constitué d'un logiciel implanté sur un ordinateur qui enregistre les données d'une station sismique large bande 3 composantes. Le logiciel détecte les différentes ondes sismiques, localise en temps réel l'épicentre des forts séismes (Mw > 5.5-6.0) et calcule la magnitude de manteau ainsi que le moment sismique. Une alarme est envoyée à un sismologue d'astreinte dès que le seuil de magnitude est atteint. De plus un message comprenant tous les résultats de traitement peut être envoyé par internet à des centres d'alerte tels que le CPPT et le Centre Sismique Euro-Méditerranéen (CSEM) qui publie automatiquement les résultats sur sa page web. Ce système a été adopté par de nombreux centres d'alerte, dont le PTWC, le Chili, le Pérou et l'Indonésie. TREMORS a été installé récemment en Nouvelle Calédonie, où grâce à ce système, l'IRD peut surveiller la forte sismicité des Vanuatu et des Salomons.

Un autre paramètre important de la source sismique est le mécanisme au foyer. En effet lorsque la rupture est essentiellement en décrochement, aucun tsunami ne sera généré ou celui-ci sera de très faible amplitude, même pour un séisme dépassant une magnitude 8.0. D'autre part, le tsunami se propage dans toutes les directions, mais le phénomène est très directif, l'amplitude principale partant dans la direction perpendiculaire au mouvement de la rupture. La détermination du mécanisme au foyer permet donc de définir les zones du Pacifique qui seront les plus touchées par le tsunami. Une méthode d'inversion de la source sismique a été mise au point par le LDG/Pamatai, utilisant les amplitudes spectrales des ondes de surface à très longue période. En cas de très fort séisme, le LDG/Pamatai calcule le mécanisme au foyer dans les deux heures qui suivent le tremblement de terre et les publie via le CSEM.

Le deuxième volet est l'évaluation de l'aléa tsunami. Les données historiques et instrumentales des tsunamis montrent que ce phénomène naturel présente un danger dans un espace particulièrement important qui peut atteindre tout un océan. Chaque siècle dans le Pacifique, 5 à 10 tsunamis traversent l'océan en moins de 24 heures en générant des dégâts sur de nombreuses côtes, parfois à plus de 18 000 km de l'épicentre. Ce phénomène est également caractérisé par des variations très importantes des amplitudes et des runup (hauteur atteinte par le déferlement), autant à l'échelle locale qu'à l'échelle d'un océan : ces variations peuvent aller dans les cas extrêmes de 1 à 100. De ce fait un tsunami à peine visible sur une côte à pente très forte peut atteindre plus de 10 m de hauteur dans un port ou une baie située à quelques dizaines de kilomètres.

En Polynésie, seuls deux marégraphes sont en fonctionnement depuis longtemps : à Papeete et à Rikitea. Installés par l'université d'Hawaii et la Noaa, ils sont suivis et maintenus par le LDG/Pamatai. Un marégraphe supplémentaire a été installé à Nuku Hiva par le PTWC au début des années 90, et tout récemment, grâce à un financement FIDES du MOM pour la Polynésie française et à la participation du PTWC, le LDG/Pamatai a installé une quatrième station à Hiva-Oa, dans l'une des baies les plus sensibles de la Polynésie (les vagues des tsunamis du Chili 1995 et du Pérou 1996 sont montées dans cette baie à plus de 2 mètres d'altitude). Un autre marégraphe installé à Ua Pou, permettrait d'avoir une surveillance plus complète.

Les études menées à partir des enregistrements des marégraphes installés en Polynésie française ont permis de conclure que, pour un port ou une baie donnée, l'amplitude des tsunamis était corrélée au premier ordre avec la magnitude des séismes, et avec la position de la zone épicentrale. Ces résultats constituent les principaux éléments du Plan de Secours Spécifique, établi avec la Direction de la Protection Civile.

D'autre part, ces études ont montré que l'aléa tsunami était beaucoup plus important aux îles Marquises que dans les autres archipels, du fait des faibles pentes sous-marines et de l'absence d'une barrière corallienne, et d'autre part que les baies sont en général étroites et peu profondes. En ce qui concerne les îles bordées de récif corallien dont les atolls, les zones les plus à risque sont celles qui sont situées en face et aux abords des passes.

Pour évaluer précisément l'aléa tsunami aux Marquises, le CEA a mis au point une méthode de simulation des tsunamis générés par des tremblements de terre. Cette simulation comprend la génération (déformation initiale), la propagation dans l'océan, et l'inondation à terre.

La déformation initiale du fond de l'océan est supposée égale à la déformation cosismique: elle est calculée à partir des paramètres de la source, à l'aide de la formule d'Okada (1985), et transmise à la surface de l'eau. La propagation est modélisée par les équations d'ondes longues non linéaires qui considèrent l'océan comme une couche mince par rapport aux longueurs d'onde étudiées.

Continuité

$$\frac{\partial(\eta + h)}{\partial t} + \nabla.[\mathbf{v}(h + \eta)] = 0$$

Conservation du mouvement

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v}.\nabla)\mathbf{v} + g\nabla\eta = \Sigma\mathbf{f}$$

(h profondeur de l'océan, v vecteur horizontale de la vitesse , η élévation de la surface de l'eau, Σf force de Coriolis et frottement sur le fond)

Les équations sont discrétisées sur une grille constituée de mailles de type C : l'élévation de l'eau et la profondeur sont calculées au centre des mailles et les vitesses u et v aux centres des côtés des mailles. Le schéma numérique, centré en temps et décentré en espace, est implicite. Le système d'équations est résolu dans le modèle à l'aide d'une procédure itérative, pour chaque pas de temps.

Les derniers tsunamis trans-pacifique (Aléoutiennes 1946, Chili 1960) ont été modélisés numériquement ainsi que les événements récents qui ont été observés aux Marquises (Kouriles 1994, Chili 1995, Mexique 1995, Pérou 1996, Pérou 2001) dont certains ont provoqué quelques dégâts. Des cartes d'inondation ont été réalisées pour quelques baies. Les résultats montrent que les paramètres principaux dans la formation et la propagation des tsunamis sont les paramètres sismiques de la rupture, le relief sous-marin proche de la côte ; du fait que la vitesse du tsunami dépend de la profondeur d'eau, les variations du relief sous-marin entre la zone épicentrale et la zone d'étude modifient également les vagues du tsunami.

Le CEA a également mis au point une méthode de simulation des tsunamis déclenchés par des glissements de terrain.
L'éboulement est considéré comme un flux de matériau granulaire sans cohésion, en prenant l'hypothèse que la longueur de l'éboulement est très supérieure à son épaisseur. Les deux forces principales prises en compte sont la gravité et le frottement de Coulomb. On suppose que le rocher perd soudainement son équilibre et que l'effondrement s'écoule sous l'action de la gravité. Les équations de l'éboulement et du tsunami sont résolues en utilisant un schéma de différence finie spécifique, bien adapté pour résoudre des ondes non linéaires.

A Fatu Hiva, le 13 Septembre 1999, la baie d'Omoa Bay a été atteinte par des hautes vagues de 2 à 5 m, inondant plusieurs habitations, dont l'école. Ce tsunami destructeur a été généré par l'effondrement d'un pan de falaise situé à 4 km d'Omoa, au sud de l'île. Cet effondrement de falaise et le tsunami qu'il a déclenché ont été modélisés. Deux effondrements de volumes différents ont été modélisés et les résultats sont en accord avec le volume correspondant aux observations. Cette étude a

montré que les vagues ont été piégées par le plateau côtier sous-marin qui entoure l'île. De ce fait, un effondrement situé un peu plus proche ou plus loin aurait provoqué moins de dégâts.

A Tahiti, ce type d'éboulement est détecté par les stations sismiques. Suite à la demande du Haut-Commissariat, le LDG a soumis un projet de système d'alerte aux éboulements basé sur une ou deux stations sismiques. Il permettrait de surveiller et d'alerter toute l'île de Fatu-Hiva. A ce jour, l'achat et l'installation de ces stations n'a pu être financé.

Ces résultats ainsi que ceux liés à d'autres tsunamis dans le Pacifique, en Méditerranée, dans les Antilles ou dans l'Atlantique, ont été publiés dans de nombreuses revues internationales de géophysique et d'océanographie. Ils montrent que les simulations numériques permettent d'évaluer l'aléa tsunami de façon beaucoup plus détaillée et précise que les observations sur le terrain, peu nombreuses. Des scénarii extrêmes peuvent être simulés numériquement, en prenant des dimensions des sources sismiques extrêmes réalistes ou des dimensions et localisations des effondrements de falaise ou sous-marins. De même des sources plus petites peuvent également être modélisées afin de connaître les magnitudes ou volumes les plus petits capables de générer des tsunamis qui inonderont une baie particulière.

Les données indispensables sont d'une part une bathymétrie proche et autour de l'île très précise, jusqu'à 1000 m de profondeur environ et d'autre part des données topographiques également très précises, jusqu'à 20 m d'altitude. En Polynésie française, en Nouvelle Calédonie, ou à Wallis et Futuna, ces données sont la plupart du temps inexistantes ou les zones disponibles sont très éparses et ne permettent pas d'étude précise. La réalisation de campagnes bathymétriques et topographiques est nécessaire pour de nombreuses îles, afin de pouvoir ensuite estimer l'aléa tsunami.

En conclusion, les avancées de la recherche dans les domaines de la sismologie, des tsunamis et de la modélisation numérique ont permis de mettre au point un système d'alerte efficace et de connaître l'aléa tsunami en Polynésie française avec beaucoup plus de précision. Le CEA continuera ces actions en Polynésie française pour assurer l'alerte aux tsunamis et établir des cartes d'aléa tsunami. Des collaborations sont souhaitables pour mettre en place des stations d'alerte dans les autres territoires français du Pacifique et pour y étudier l'aléa tsunami au moyen des simulations numériques, complétées par les données historiques et instrumentales.

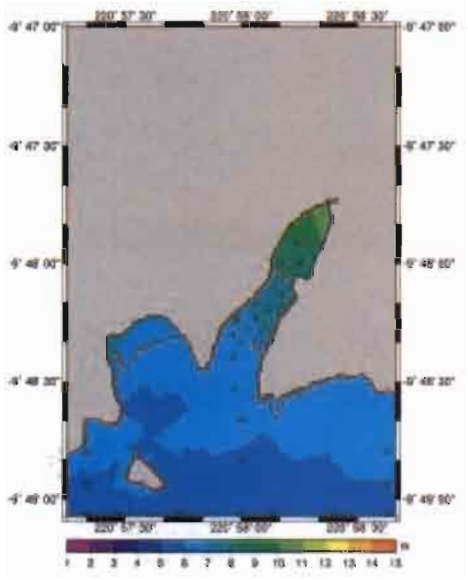
Références bibliographiques

Hébert, H., A. Piatanesi , P. Heinrich, F. Schindelé, and E.A. Okal, Numerical modeling of the September 13, 1999 landslide and tsunami on Fatu Hiva Island (French Polynesia), Geophys. Res. Lett., 29, 2002.

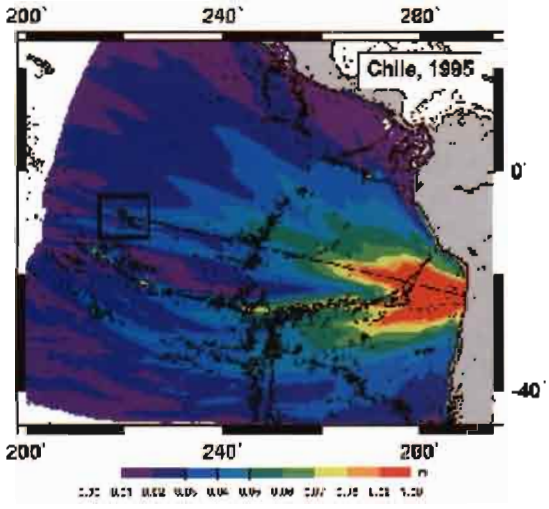
Reymond, D., E. Okal, Preliminary determination of focal mechanisms from inversion of spectral amplitudes of mantle wave. Phys. Earth and Plan. Interiors, 121, 249 – 271,2000.

Schindelé, F., D. Reymond, H. Hébert, P. Heinrich, Les risques naturels d'origine géophysique aux îles Marquises, Géologie de la France, 2, 39-52, 2002.

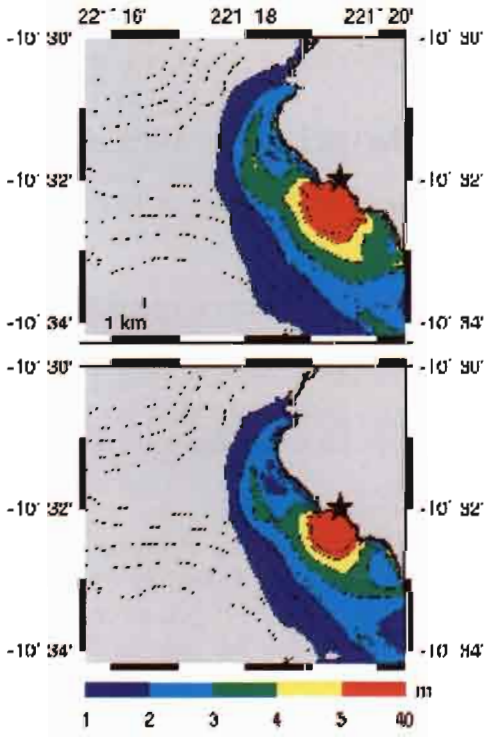
Carte d'inondation du tsunami du Chili 1960 (Mw = 9.5) dans la baie de Tahauku.
Le runup maximum atteint 11 m.
La distance horizontale maximale de la zone inondée dépasse 1 000 m.



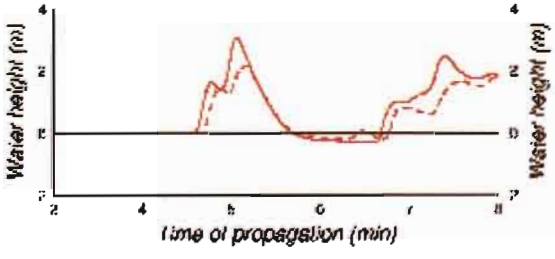
Hauteurs d'eau maximales obtenues dans l'océan Pacifique après un temps de propagation de 14 heures (Chili 1995, Mw = 8.0) .L'amplitude autour des Marquises ne dépasse pas 5 cm.



Hauteurs d'eau maximales *obtenues Autour de Fatu Hiva pour 2 volumes D'effondrement (0.*0012 km^3 et 0.0024 km^3*)*



Marégrammes *dans la baie d'Omoa Pour ces 2 volumes*



Problématique du risque « mouvements de terrain » en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie : état des lieux et perspectives

Jean-Marc MOMPELAT [1] et Pierre MAURIZOT [2]
[1] BRGM Antenne de Polynésie, Tahiti, Polynésie française, jmm.brgm@mail.pf
[2] BRGM Antenne de Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Mouvements de terrain - définitions, impacts

Les mouvements de terrain sont des processus naturels d'évolution des reliefs qui vont depuis les phénomènes d'érosion superficielle par transport particulaire jusqu'aux mouvements de masse intéressant des versants entiers dans les massifs montagneux. L'échelle de ces phénomènes, dans le temps ou l'espace, dépasse souvent l'entendement humain.

Les mouvements de terrain tels que les glissements, les éboulements, les chutes de blocs, les coulées de boue et de débris, les laves torrentielles, l'érosion des sols, etc., causent chaque année dans le monde des dizaines de milliards d'euros de pertes matérielles (Brabb, 1991 ; McInnes et al., 2000).

Ils sont dus pour l'essentiel à des instabilités de faible volume, aux conséquences limitées et qui marquent peu les esprits. Ce sont en revanche les évènements accompagnés de pertes humaines qui favorisent la prise de conscience des populations et des décideurs. 1-2 % du nombre de victimes de catastrophes est du aux mouvements de terrain (Mompelat, 1994). Ils ont ainsi causé 11 000 morts entre 1990 et 2003 dont 3 % en Océanie (d'après EM-DAT, 2004).

Situation en Polynésie et Nouvelle-Calédonie

En Nouvelle-Calédonie et en Polynésie, la question des mouvements de terrain se pose avec acuité.

D'une part, le contexte morphologique, géologique et climatique est défavorable : îles jeunes aux reliefs escarpés et présence d'altérites sur des épaisseurs importantes, fortes précipitations liées aux cyclones tropicaux. Dans la grande majorité des cas, les désordres résultent de la conjonction des mêmes facteurs : intense altération des roches en climat tropical, fortes pentes du milieu montagneux, évènements pluvieux cycloniques qui préparent et déclenchent des phénomènes d'instabilité.

D'autre part, au cours des dernières décennies, l'urbanisation s'est fortement développée (autour des capitales Nouméa et Papeete en particulier), gagnant progressivement des zones sensibles vis-à-vis des mouvements de terrain, en pied et au sein des versants (Mompelat *et al.*, 2003). Ainsi par exemple, la conurbation de Papeete concentre avec 128 000 habitants, 52 % de la population totale de la Polynésie. C'est quatre fois plus qu'il y a 50 ans et, alors qu'à cette époque l'occupation était située presque exclusivement au sein de la plaine côtière (Tetiarahi, 1983), il y a désormais des constructions jusqu'à 500 m d'altitude. En Nouvelle-Calédonie, l'urbanisation à la périphérie de Nouméa gagne les

versants et les vallées encaissées dans les reliefs importants des massifs de péridotites (Maurizot & Lafoy, 1998). Ainsi, le niveau global de risque a augmenté sensiblement du fait même du développement.

Pour la Polynésie, les glissements et coulées de boue qui ont fait 20 morts en 1998 à Raiatea sont dans toutes les mémoires (Leroi et Sedan, 1998 ; Mompelat *et al.*, 2003). En Nouvelle-Calédonie les graves mouvements de terrain qui sont survenu sur la commune du Mont-Dore à la suite du cyclone Anne en 1988 puis en 1990, s'ils n'ont pas causé de morts, ont durablement marqué les esprits (Maurizot & Lafoy, 2003).

La culture du risque reste faible dans les deux pays, ce qui est paradoxal pour des territoires soumis périodiquement aux cyclones et dont la constitution géologique et physiographique est favorable à l'instabilité des terrains. Cette méconnaissance du risque a plusieurs causes : urbanisation et infrastructures encore réduites, faible prise en compte de l'environnement, absence de recul historique sur les évènements, décalage du dispositif légal par rapport à la métropole, priorité donnée au développement économique au détriment du milieu naturel, réglementation pouvant être perçue comme contraignante, incertitudes sur le rôle respectif de l'Etat et des collectivités locales.

Prise en compte, programmes d'étude et de recherche

Dans les deux pays on peut constater le manque ou l'absence de données sur les caractéristiques des sols, le petit nombre de cartes géologiques « fiables », le faible développement des cartes prenant en compte les formations superficielles et d'altération. Les contextes naturels très spécifiques de chaque archipel demandent en outre une certaine adaptation. Deux facteurs dominants et permanents contrôlent les mouvements de terrain : géologie et climat. L'amélioration des connaissances géologiques peut avoir un impact direct en terme de sécurité.

Face à cette situation, la réaction des pouvoirs publics s'est renforcée au cours des 5 dernières années dans les deux territoires. Le constat commun a pu être fait que les connaissances scientifiques sur les mouvements de terrain sont insuffisantes. Des programmes d'étude des phénomènes et de cartographie des aléas ont été lancés par le BRGM. Le programme ARAI visant notamment la prise en compte réglementaire de l'aléa dans l'aménagement et la construction, à travers des Plans de Prévention des Risques (PPR), a été initié par la Polynésie. En Nouvelle-Calédonie, un programme de cartographie et d'inventaire de l'aléa mouvement de terrain est en cours depuis 6 ans (Maurizot & Lafoy, 2003). Même si ces documents sont le plus souvent pris en compte dans l'aménagement de la Nouvelle-Calédonie, l'adaptation de la réglementation a pris du retard du fait même des transferts de compétences.

Perspectives

Les programmes précités répondent plus à une philosophie d'inventaire systématique des désordres dans des zones d'enjeux économiques, qu'à une véritable étude scientifique des mécanismes et des phénomènes. Ils privilégient le recensement et autant que possible la prévention, plutôt que la réflexion. Cette démarche d'étude est justifiée puisqu'elle répond à une demande prioritaire "politique", sécuritaire et économique de prévention et non pas à une initiative de recherche scientifique. Plusieurs actions de recherche scientifique pourraient être menées pour consolider et crédibiliser d'avantage la politique de prévention ainsi initiée. L'objectif à terme est de limiter les impacts dommageables des mouvements de terrain, au bénéfice des collectivités et des populations.

Les principaux besoins se situent dans :
1- une meilleure connaissance du milieu physique (cartes géologiques, cartes des formations superficielles, caractérisation géomécanique des sols, évolution des caractéristiques dans le temps);
2- la mise à disposition de la communauté scientifique des données acquises ;
3- l'évaluation de l'incidence de la gestion par l'homme des espaces naturels, sur la stabilité des terrains.

D'une manière générale la forte spécificité de chacun des territoires (volcanisme récent pour la PF, importants massifs ophiolitiques et gisements de nickel de NC) doit être prise en compte.

D'autres sujets supplémentaires moins appliqués, mériteraient d'être étudiés :

- estimation à l'échelle d'une île ou d'une région étendue, des quantités de matière solide transférées à la mer en relation ou non avec les évolutions climatiques et la santé du lagon.
- l'étude en Polynésie des mouvements de terrain de très grande ampleur susceptibles de générer des tsunamis catastrophiques.
- L'étude approfondie en Nouvelle-Calédonie, d'un type particulier de glissement de grande ampleur, lié aux massifs de péridotites qui constituent la spécificité du risque géologique néo-calédonien.
- L'étude de l'impact du changement climatique à long terme sur les mouvements de terrains de l'ensemble de la zone Pacifique SW.

Références bibliographiques

Brabb, E. E. (1991). The world landslide problem, *Episodes*, 14 (1), pp. 52-61.

Leroi, L. et Sedan, 0. (1998). La prévention des risques naturels en Polynésie française. Phase 1. Missions d'expertise 1998. Analyse en retour des mouvements de terrain de Tahaa et Raiatea, *Rapport BRGM*, n° R40258, 36 p., 12 annexes.

Maurizot P., Lafoy Y. (2003). Specificity of geological hazards in New Caledonia, 2nd SOPAC STAR Session, Niue.

Maurizot P., Lafoy Y. (2003). L'aléa naturel mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie, Synthèse des connaissances, Rapport BRGM/RP-52213-FR.

Maurizot P., Lafoy Y. (1998). Field mapping of superficial deposits for environmental development and geological hazards mitigation in New Caledonia, Abstract of papers presented at the STAR Session, SOPAC (South Pacific Applied Geoscience Commission) miscellaneous report 300, 27th SOPAC, pp. 26-27, Session. Suva, Fiji.

McInnes, R. G., Leroi, E., Angeli, M.-G., Clark, A. R., Lee, E. M., Ibsen, E.-M., Moore, R. et Bonnard, C. (1988). Managing ground instability in urban areas – a guide to best pratice, *Eds du prog. LIFE / EU*, 80 p.

Mompelat, J.-M. (1994). Unités cartographiques et évaluation de l'aléa mouvements de terrain en Guadeloupe (Antilles françaises), *Thèse de Doctorat*, Univ. de Paris 6.

Mompelat, J.-M., Sedan, O. et Lembezat, C. (2003). Contribution du BRGM à la prévention des risques naturels en Polynésie française, *Géologues*, 138, pp. 116-121.

Tetiarahi, G. (1983). Papeete : un exemple de croissance urbaine accélérée, *Cahiers d'Outre-Mer*, n°. 36.

EM-DAT. (2004). International Disaster Data Base, www.cred.be, *Center for Research for Epidemiology of Disater (CRED)*, Université catholique de Louvain.

El Niño : un dérèglement climatique issu de l'Océan Pacifique Tropical : 20 ans de recherches océanographiques françaises dans l'Océan Pacifique

Alexandre GANACHAUD [1], Joël PICAUT [2] et Thierry DELCROIX [2]
Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiale (CNES/CNRS/IRD/UPS), Institut de Recherche pour le Développement (1) Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Alexandre.Ganachaud@noumea.ird.nc ; (2) Toulouse, France

El Niño 97-98

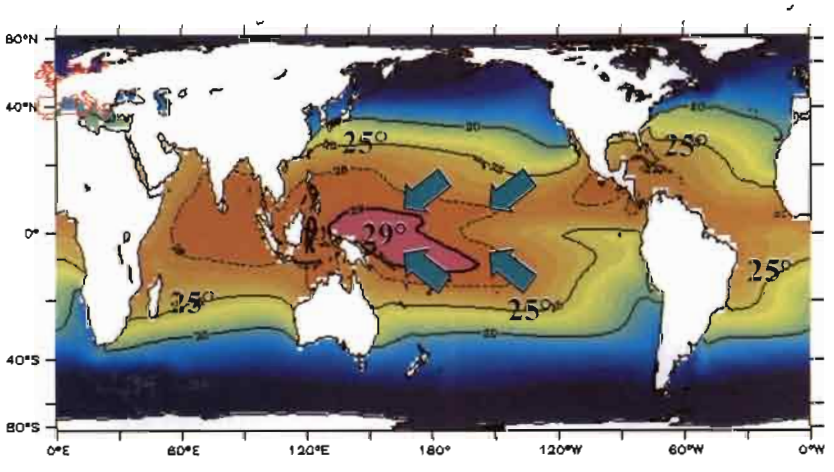


Figure 1 : Température océanique de surface moyenne. Les flèches vertes correspondent aux Alizés dans l'Océan Pacifique.

La température de surface océanique moyenne du Pacifique présente une distribution spatiale remarquable (Figure 1). Outre le contraste entre les tropiques et les pôles, on peut remarquer un vaste réservoir d'eaux chaudes, de la taille de d'Europe (contour rouge), situé dans la partie équatoriale ouest Cette eau chaude est amenée puis maintenue à l'ouest du Pacifique par l'action des alizés (flèches vertes). Au-dessus de l'eau chaude, une forte convection atmosphérique s'organise, créant un gradient de pression atmosphérique entre l'est et l'ouest qui maintient les alizés: le système est alors auto-entretenu. En mars 1997, des coups de vent d'ouest ont renversé les alizés, poussant le réservoir d'eau chaude vers l'est. Une perturbation de température s'est déplacée vers l'est, traversant en deux mois l'Océan Pacifique pour atteindre les côtes américaines à la fin du mois d'avril. Le système de convection atmosphérique associé aux températures de surface les plus chaudes s'est alors déplacé, amenant de fortes précipitations sur les côtes américaines, habituellement désertiques, et une forte sécheresse à l'ouest du Pacifique. L'El Niño frappait à nouveau le climat planétaire, causant, en 1997-98, 22000 victimes et un coût global de 30 milliards d'Euros. Cet El Niño, le plus fort enregistré au XX siècle, fut mesuré de manière très complète par un formidable système d'observations, mais mal prévu.

Le Pérou, la pêche, les incas

A l'origine, le nom El Niño était le nom donné à un courant chaud apparaissant vers Noël sur les côtes du Pérou. Ce courant apportait une grande quantité de poissons tropicaux, et El Niño était considéré comme une année d'abondance par les pêcheurs locaux. Cependant, avec ce courant chaud disparaissaient les remontées d'eaux froides, riches en éléments nutritifs, qui alimentent la vie biologique et en particulier le stock d'anchois qui se développe le long de ces côtes. El Nino était alors perçu alors comme un phénomène purement local.

Au début des années 1930 Sir Gilbert Walker, directeur des observatoires météorologiques de l'Inde, recherchait à prévoir la mousson en utilisant de nombreux enregistrements météorologiques mondiaux. Il constatait ainsi que lorsque la pression atmosphérique est anormalement élevée dans l'Océan Pacifique, elle est anormalement basse dans l'Océan Indien, mettant ainsi en évidence une oscillation atmosphérique majeure dans l'Océan Pacifique, l'Oscillation Australe. Il faudra attendre 1969 pour qu'un lien physique soit établi entre cette oscillation atmosphérique et les changements de températures de surface de la mer sur l'ensemble de l'Océan Pacifique (Bjerknes, 1969). Le système oscillant ENSO (El Niño-Southern Oscillation) était alors découvert.

Lorsque la pêche industrielle s'est développée en Amérique du Sud, El Niño fut rapidement diabolisé car il faisait chuter les prises d'un facteur 10. Observer, comprendre et prédire le phénomène devenaient alors une nécessité. Le manque d'observations océaniques et météorologiques, et l'occurrence d'un événement El Niño majeur en 1982-83 avec des conséquences économiques et sociales dramatiques, ont amené la communauté scientifique à établir un vaste programme d'observations coordonnées de l'Océan Pacifique Tropical, le programme TOGA (Tropical Ocean, Global Atmosphere).

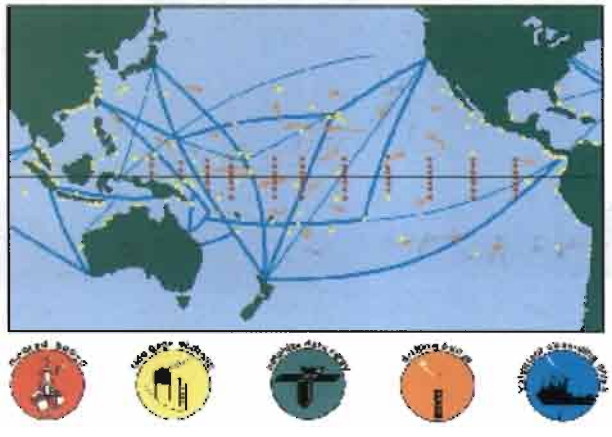


Figure 2 : Le programme TOGA et la contribution Française.

Le programme TOGA avait pour but l'implémentation d'un système de mesures océan-atmosphère pour décrire, comprendre et prévoir El Niño. Ce programme, auquel ont participé, entre autres, la Chine, la France, les Etats-Unis, l'Australie et le Japon, s'est déroulé entre 1985 et 1994. Le réseau de mesures (carte ci-dessus) comprend 80 bouées ancrées (points rouges) mesurant la température, la salinité et les courants océaniques dans les 500 premiers mètres ainsi que les paramètres atmosphériques avec transmission en temps réel. Ce réseau comprend également des stations marégraphiques (points jaunes) ; des données satellitaires ; des bouées dérivantes (mesure de température et déplacement des masses d'eau) et des mesures de T et S effectuées par les navires de commerces équipés. Le réseau TOGA a ainsi permis des avancées spectaculaires dans notre compréhension grâce à des mesures exceptionnelles (Figure 3).

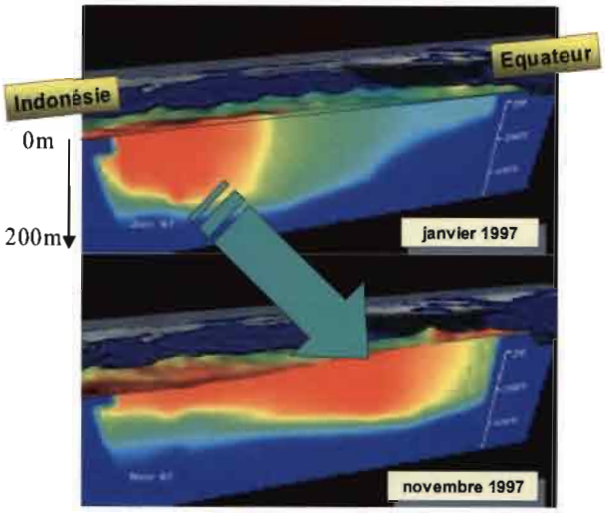


Figure 3 : Elle montre le déplacement du réservoir d'eau chaude qui a ainsi pu être mesuré par le réseau TOGA pendant l'El Niño de 1997-1998. La perturbation atteint 200 mètres de profondeur, déplaçant ainsi d'énormes quantités d'énergie.

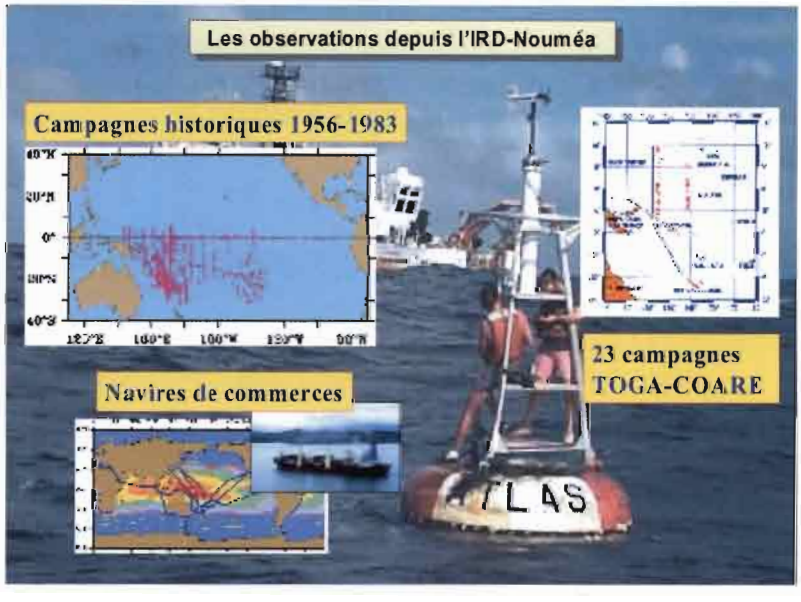


Figure 4 : Les observations depuis l'IRD – Nouméa.

Depuis 1956, les océanographes français de l'ORSTOM de Nouméa ont sillonné les eaux du Pacifique Ouest. Une recherche ambitieuse, avec la construction d'un navire océanographique dédié à l'océanographie tropical, le Coriolis, a permis la réalisation de nombreuses campagnes, et rapidement les océanographes ont remarqué une forte variabilité dans les courants équatoriaux, sans pouvoir l'expliquer. Dans les années 1970, des pionniers français, américains puis australiens ont eu l'idée d'utiliser les navires de commerce pour mesurer régulièrement les paramètres océaniques et ce à moindre frais. Aux seaux de mesure ont succédé les sondes de température XBT, permettant de mesurer en route la température sur les premières centaines de mètres de l'océan, puis les thermosalinographes, mesurant en continu la salinité de surface. Les événements El Niño étant si « rares » (tous les 2 à 7 années), et les observations intenses si récentes, ces mesures constituent une base essentielle à la compréhension du phénomène. Puis, pendant les dix ans du programme TOGA, l'IRD a eu une contribution majeure dans le Pacifique Ouest, avec 23 mois de campagnes océanographiques (Delcroix et Eldin, 1995), la poursuite des observations à partir de navires marchands (Hénin et Grelet, 1996) et la mise en place et la maintenance de la majeure partie des bouées ancrées de l'Ouest du Pacifique (McPhaden et al., 1998).

La France a également joué un rôle majeur dans le lancement de deux satellites de mesure de la hauteur de mer, les satellites TOPEX/Poseidon et JASON, permettant d'observer les déplacements des masses d'eau. Cette collaboration entre le CNES et la NASA a permis la réalisation d'observations inégalées de l'océan mondial, répétées tous les dix jours. La confrontation des données in situ et de ces nouvelles mesures satellitales qui fournissent une mesure de surface a été la clef du succès de ces missions qui ont révolutionné notre compréhension de la circulation océanique.

Peut-on prévoir ENSO ?

Un des objectifs majeurs du programme TOGA était d'étudier la possibilité de prévoir ENSO. En 1986, une équipe américaine a effectué une première prévision couronnée de succès à partir d'un modèle numérique simplifié, permettant à plusieurs gouvernements d'adapter leur agriculture en prévision d'une sécheresse le Nord-Est du Brésil notamment. En 1997, un El Niño fulgurant a eu lieu ; aucun modèle n'a pu prévoir son déclenchement avant mars 1997 et son amplitude a été fortement sous-estimée pendant la première moitié de 1997. Dans le système couplé donnant naissance au El Niño, l'océan et l'atmosphère ont leur propre dynamique: l'un perturbe l'autre, qui à son tour perturbe le premier. Cette perturbation peut renforcer la perturbation initiale qui continue alors de croître. Dans ce système instable, l'océan constitue la mémoire: l'information s'y propage lentement, par exemple sous forme d'ondes équatoriales, ce qui lui donne un aspect prédictible. L'ensemble met environ 9 mois pour se propager et se réfléchir, correspondant à l'échelle de temps d'un événement. Alors que le déroulement est relativement bien compris, le démarrage du système ne l'est pas. En effet l'apparition et les caractéristiques des événements sont très sensibles à quatre paramètres : les conditions océaniques initiales, les perturbations atmosphériques rapides (coups de vents chaotiques ou associés à de grandes oscillations atmosphériques), les processus de petite échelle et les changements à de très longues périodes de l'état moyen. Il est donc possible de prévoir les effets d'ENSO environ 9 mois à l'avance, à partir du moment où celui-ci est déclenché.

Une découverte des océanographes français : La Zone de Convergence du Bord Est du réservoir d'eau chaude et son rôle vis à vis d'ENSO

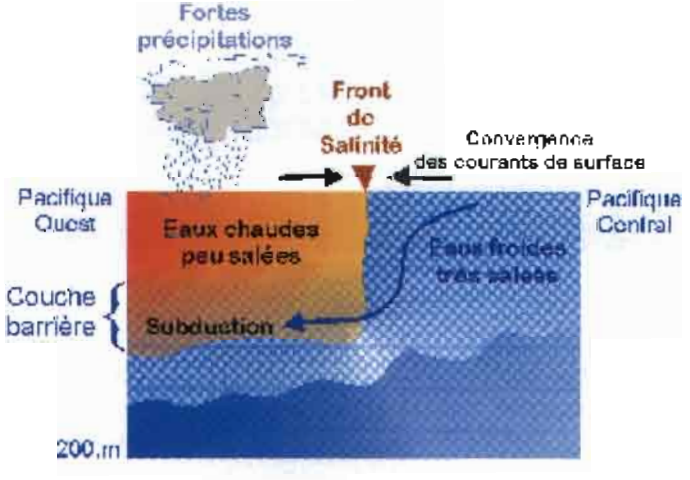


Figure 5 : coupe océanique verticale le long de l'équateur.

Les observations menées par l'ORSTOM puis l'IRD depuis les années 50 ont mis en évidence la présence d'une zone de convergence très prononcée à l'Equateur (Figure 5) entre les eaux chaudes et dessalées de l'ouest et les eaux froides et salées de l'est. Cela a conduit à réviser une des théories classiques de déroulement d'ENSO, les mouvements de cette zone frontale jouant un rôle essentiel dans le couplage océan-atmosphère (Picaut et al. 1997). A l'Est de ce front, les anomalies de température de surface ont des amplitudes importantes, mais la température absolue n'est pas suffisante pour déclencher une convection atmosphérique organisée, organe fondamental du couplage océan-atmosphère. Au niveau de la zone de convergence, l'eau froide plonge, créant une couche mélangée particulière entre les eaux froides et salées, et chaudes et dessalées. Des simulations

numériques (Vialard et Delecluse, 1998) ont montré que l'effet de cette couche est d'isoler le réservoir d'eau chaude de manière mécanique et thermodynamique. Sans cette couche, le couplage entre d'océan et l'atmosphère est plus faible car une partie de l'énergie en surface due au vent est dissipée vers les couches profondes. La formation de cette couche barrière et ses caractéristiques précises sont encore mal comprises et font l'objet d'études approfondies par les scientifiques de l'IRD.

Recherches actuelles

TOGA a permis d'établir un système d'observations permettant de décrire le phénomène en temps réel avec une précision sans précédent. Cependant des énigmes demeurent, et trois thématiques de recherches majeures se dessinent: le déclenchement d'ENSO, son évolution sur plusieurs décennies et ses impacts régionaux.

Le déclenchement des événements fait l'objet de beaucoup d'attention. ENSO est sensible aux conditions océaniques initiales, aux coups de vent haute-fréquence, et aux processus de petite échelle tels que la barrière de sel décrite ci-dessus. Les conditions océaniques changent de façon permanente (article du Prof. McCreary dans ce volume), et seules les mesures continues et étendues du système d'observations mis en place pendant TOGA pourront aider à comprendre pourquoi et comment ces conditions changent. De fortes interrogations demeurent également quant à la manière dont El Niño est affecté par le réchauffement planétaire, sachant qu'il y contribue lui-même (article du Dr Leborgne). Les données modernes sont relativement récentes par rapport à l'échelle de temps des variations considérées, et des carottages effectués dans les coraux massifs fournissent des enregistrements précieux de certains paramètres océaniques sur les 500 voire 1000 dernières années (article du Prof. De Deckker).

Le rôle des coups de vents et des processus de petite échelle est étudié par des équipes françaises, à travers des campagnes d'observations dédiées et l'utilisation de modèles numériques nécessitants d'importants moyens de calcul.

Les conséquences locales d'El Niño et, plus généralement des perturbations climatiques sur les pays du Pacifique Sud-Ouest sont encore peu étudiées. On sait par exemple qu'un El Niño perturbe fortement l'activité cyclonique et les précipitations dans cette région (article du Dr. Timbal). Les pays du Pacifique Sud-Ouest sont demandeurs de prévisions climatiques pouvant être adaptés à leurs besoins.

Pour répondre à ces questions fondamentales, la communauté internationale souhaite maintenir l'excellent système d'observations qui a été mis en place pendant TOGA pour compléter notre capacité à comprendre et prévoir El Niño. Ce réseau doit s'inscrire dans la durée et être étendu avec l'addition de nouvelles techniques de mesures. Un paramètre océanique majeur, la salinité océanique, doit être mesuré par deux nouveaux satellites (Aquarius et SMOS) et des mesures in situ (programme SOOP). Des mesures aux latitudes plus élevées doivent venir compléter le système de surveillance : lâcher de flotteurs profilants dans le cadre du programme ARGO ; mesure des courants de bord Ouest aux faibles latitudes ; campagnes océanographiques répétées. En terme d'amélioration des prévisions, une contribution importante est attendue des programmes d'océanographie opérationnelle GODAE, MERSEA, et MERCATOR qui permettront d'initialiser avec précision l'état océanique des modèles de prévision d'ENSO.

Les expériences numériques sur les évolutions d'ENSO sur de plus longues échelles de temps, mobilisent également une énergie considérable, avec le développement d'importants modèles couplés océan-atmosphère. Nous avons par exemple un manque de connaissance des cheminements des courants océaniques véhiculant les signaux climatiques, notamment au niveau des courants de bord et dans la région du Pacifique Sud Ouest.

Références bibliographiques

Bjerknes, J. (1969). Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific, Mon. Weather Rev., 97, 163-172.

Delcroix T. et Eldin, G. (1995). Observations Hydrologiques dans l'Océan Pacifique Tropical Ouest. Campagnes SURTROPAC 1 à 17, de janvier 1984 à août 1992, campagnes COARE156 1 à 3, d'août 1991 à octobre 1992. TDM 141, ORSTOM Editions, Paris, 78 pages.

Hénin, C., and Grelet, J. (1996). A merchant ship thermosalinograph network in the Pacific ocean, *Deep Sea Res., 11-12*, 1833-1856.

McPhaden, M J., Busalacchi, A. J., Cheney, R., Donguy, J-R., Gage, K. S., Halpern, D., Ji, M., Julian, P., Meyers, G., Mitchum, G., Niiler, P. P., Picaut, J., Reynolds, R. W., Smith, N., and Takeuchi, K. (1998). The Tropical Ocean Global Atmosphere (TOGA) observing system: A decade of progress, *J. Geophys. Res.*, 103, 14169-14240.

Picaut, J., Masia, F. and du Penhoat, Y. (1997). An advective-reflective conceptual model for the oscillatory nature of the ENSO, Science, 277, 663-666.

Vialard, J. et Delecluse, P. (1998). An OGCM study for the TOGA decade : Part I : role of salinity in the physics of the western Pacific fresh pool, J. Phys. Oceanogr., 28, 1071-1088.

Cycle du carbone dans l'océan équatorial et climat

Robert LE BORGNE
Centre IRD de Nouméa, B.P. A5, 98848 Nouméa Cédex, Nouvelle-Calédonie, leborgne@noumea.ird.nc

L'enjeu et les questions

Les études réalisées sur le cycle du carbone dans la zone équatoriale du Pacifique relèvent des thématiques « effet de serre » et « changement global », nées dans les années 80 lorsqu'on a pris conscience de l'augmentation régulière de la teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone (CO_2). Les premières mesures systématiques ont débuté en 1958, année géophysique internationale, au Mauna Loa (Hawaii) et au pôle sud, puis en Alaska (Pointe Barrow) en 1973 et aux Samoa américaines en 1974. La courbe de la Figure 1 au Mauna Loa montre :

• une augmentation moyenne de la concentration en CO_2 de 1,5 ppm par an,

• des variations saisonnières qui témoignent de l'utilisation du CO_2 par la végétation pendant la belle saison de l'hémisphère nord, hémisphère continental.

• un taux d'augmentation inférieur à celui déduit des quantités de combustibles fossiles brûlées par l'homme, indiquant donc qu'une partie disparaît quelque part. On estime actuellement que 40% serait piégé par les océans, essentiellement dans les zones circumpolaires (on parle de « *puits* » de carbone).

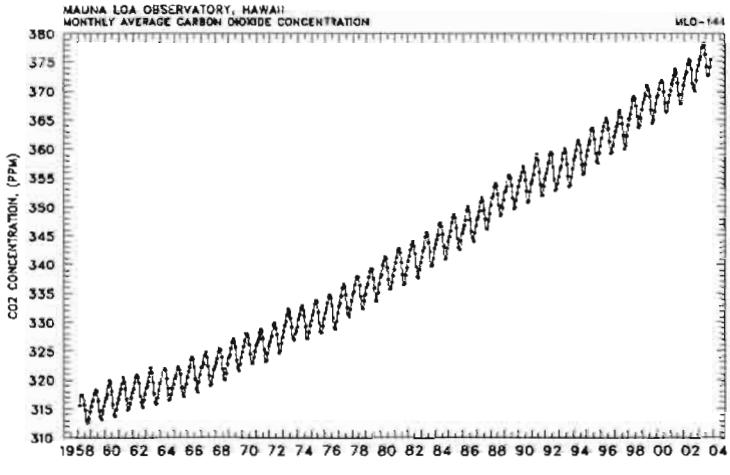


Figure 1 : Suivi au Mauna Loa (http://www.cmdl.noaa.gov/)

En revanche, certaines zones en exportent (il s'agit de « *zones sources* »), ce qui est le cas de la ceinture équatoriale, siège d'une remontée d'eaux profondes dans certaines de ses parties. Cette remontée est due à la divergence du courant équatorial sud de part et d'autre de l'équateur, sous l'effet de la force de Coriolis (Figure 2).

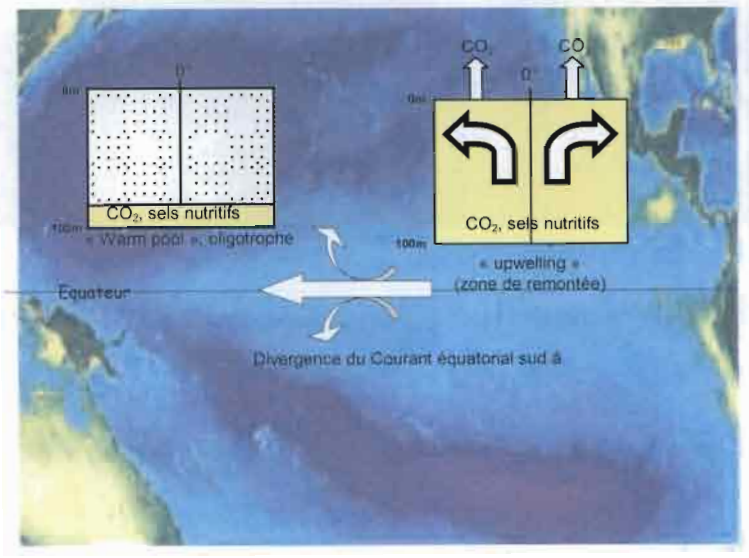


Figure 2 : Fonctionnement du système équatorial.

Le courant équatorial sud n'arrive généralement pas dans la partie ouest de l'océan, qui présente la situation typique des eaux tropicales, oligotrophes avec un système à deux couches, séparées par une thermocline qui empêche les échanges. Les sels nutritifs et les gaz dissous, tels le CO_2, sont bloqués en profondeur, tandis que la couche superficielle est épuisée en sels nutritifs et ses gaz dissous, en équilibre avec ceux de l'atmosphère.

La situation est toute autre dans la zone de divergence, qui a pour effet de faire remonter les eaux profondes en surface. Cette remontée d'eaux, plus froides, riches en sels nutritifs et en gaz dissous, va donc avoir un double rôle : celui, d'abord, de permettre une photosynthèse importante grâce à la présence de sels nutritifs dans la couche éclairée et donc une production biologique plus élevée ; celui, ensuite, d'exporter des gaz dissous vers l'atmosphère, qui dégazeront d'autant plus vite que la différence de température sera significative.

La zone de remontée équatoriale est donc à la fois une zone « puits » où les organismes photosynthétiques utilisent une partie ou la totalité du CO_2 provenant des couches profondes et une zone « source », d'évasion de ce gaz vers l'atmosphère.

Le Pacifique équatorial représente 42% de la circonférence de la Terre et l'on peut prévoir qu'il jouera un rôle important vis à vis du bilan de carbone. C'est la raison pour laquelle il fut choisi en 1989 comme l'un des 5 chantiers du programme international JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study). Les trois questions auxquelles on se proposait de répondre à la réunion de lancement du programme à Honolulu, étaient les suivantes :

• Quelle est l'importance du Pacifique équatorial dans le bilan de carbone de l'océan mondial, comme « puits » et comme « source » de carbone?

• Quelle est l'importance de la « pompe biologique », processus qui utilise le CO_2 pour le transférer ensuite vers les couches profondes de l'océan?

• Quelle est l'amplitude des variations interannuelles du bilan de carbone, en réponse au phénomène ENSO (El Niño-Southern Oscillation)?

Les opérations du programme JGOFS/Pacifique équatorial (1989-2003)

Le programme JGOFS s'appuyait sur les données d'hydrologie et de courantologie du programme CLIVAR (CLImate VARiability & predictability) et, en particulier, sur son réseau américano-japonais TAO-TRITON, constitué de séries de mouillages profonds situés à différentes longitudes entre 8°S et 8°N.

Les études de variabilité à petite échelle, celles le long de la verticale et celles des processus ont fait l'objet de campagnes océanographiques françaises, dans le Pacifique ouest et central, australiennes, dans le Pacifique ouest, japonaises à l'ouest et au centre et américaines dans les parties ouest, centre et est. Ajoutons les mesures faites à l'occasion des campagnes d'intervention sur les mouillages et celles faites sur les navires d'opportunité.

Enfin, il a manqué pendant une partie du programme, une couverture satellitaire de la couleur de l'eau, indice de la biomasse superficielle du plancton végétal. Il a fallu attendre 7-8 ans pour que soient lancés POLDER-ADEOS en août 1996 et SeaWiFS en septembre 1997.

Les résultats du programme JGOFS/Pacifique équatorial : le cycle du carbone en relation avec la variabilité interannuelle

(1) Quand on compare l'évasion de CO_2 (en utilisant la différence de fugacité entre l'océan et l'air, ΔfCO_2) dans les deux parties du Pacifique équatorial, la « warm pool » et la zone de remontée, on observe que cette dernière exporte 60 fois plus par unité de surface, que la « warm pool » (Figure 3).

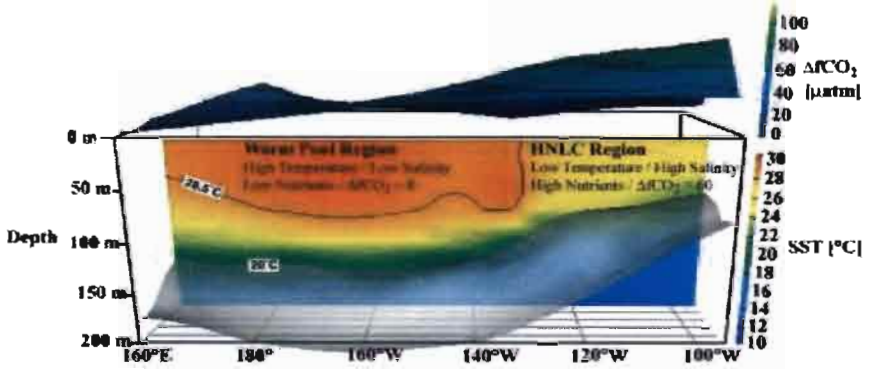


Figure 3 : Différence de fugacité air-mer (ΔfCO_2) dans la « warm pool » et la zone de remontée (HNLC). (in : Le Borgne, Feely et Mackey, 2002).

(2) Une comparaison analogue peut-être faite pour la pompe biologique dont on a séparé les différents éléments (Figure 4).

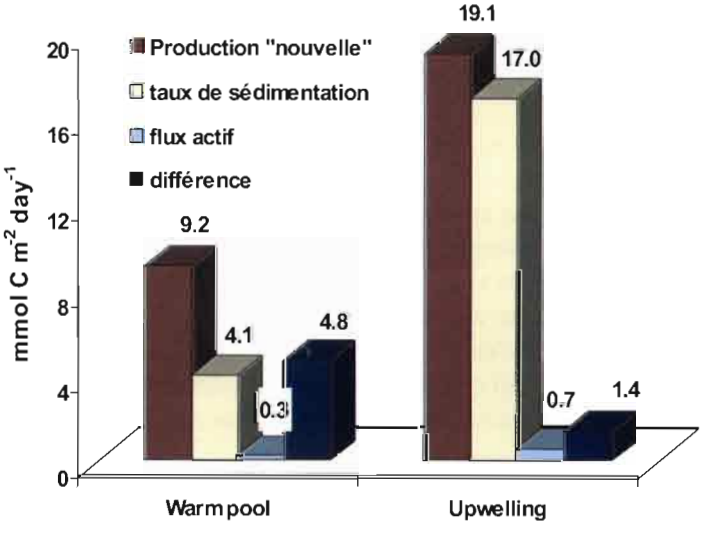
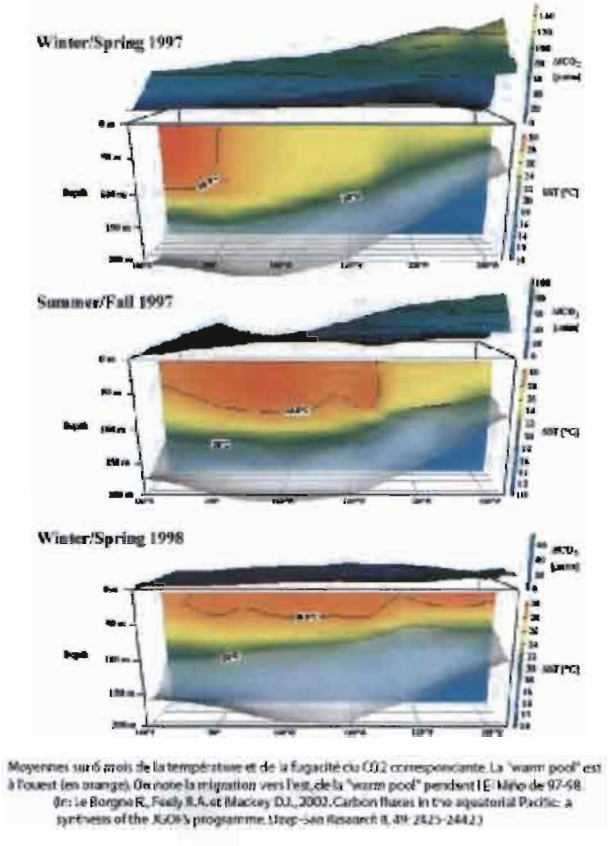


Figure 4 : Les éléments de la « pompe biologique dans la « warm pool » et la zone de remontée (d'après Le Borgne et Rodier (1997) et Rodier et Le Borgne (1997).

Les apports en provenance des couches profondes sont à l'origine d'une production photosynthétique « nouvelle », se distinguant de la production de régénération, qui provient des éléments recyclés dans la couche éclairée, superficielle. Dans le cas d'un système en équilibre, où les apports sont compensés par les pertes, la production « nouvelle » sera égale aux pertes, représentées par la sédimentation des particules, d'une part et le transfert lié aux migrations verticales du zooplancton (dénommé « flux actif »), d'autre part. L'ensemble de ces processus (production « nouvelle », sédimentation, flux actif) constitue la « pompe biologique ». A noter que la « différence » de la Figure 4 correspond à l'incertitude sur les bilans et à des pertes en matière organique dissoute.

La Figure 4 fait apparaître que la production nouvelle, rapportée à l'unité de surface et de temps, double dans la zone de remontée. En d'autres termes, il y a deux fois plus de carbone exporté vers les couches profondes dans l'upwelling.



Moyennes sur 6 mois de la température et de la fugacité du CO2 correspondante. La "warm pool" est à l'ouest (en orange). On note la migration vers l'est, de la "warm pool" pendant l'El Niño de 97-98. (In: Le Borgne R., Feely R.A. et Mackey D.J., 2002. Carbon fluxes in the equatorial Pacific: a synthesis of the JGOFS programme. Deep-Sea Research II, 49: 2425-2442.)

Figure 5 : L'évasion de CO_2 pendant l'El Niño de 97-98 (In : Le Borgne, Feely et Mackey, 2002)

Notons que cette production nouvelle ou production exportée, est inférieure à celle à laquelle on pourrait s'attendre au vu des concentrations importantes de sels nutritifs apportées par l'upwelling. Deux expériences réalisées en grandeur nature dans le cadre de JGOFS (IronEx I et II) tendent à démontrer que l'élément limitant serait le fer, dont l'origine n'est vraisemblablement pas éolienne mais un transport par le sous courant équatorial en provenance des côtes de Nouvelle Guinée.
(3) La comparaison des bilans de carbone des deux régions doit prendre en compte leurs superficies et celles-ci dépendent de la situation climatique. Prenons l'exemple de l'El Niño de 97-98 (Figure 5).

Début 97, l'El Niño s'installe à un moment où la warm pool est encore à l'ouest de la ligne de changement de date (180°), longitude moyenne de la limite entre la warm pool et la zone d'enrichissement. L'exportation de CO_2 est celle d'une situation climatique moyenne.

Au fur et à mesure que l'El Niño se maintient, la limite entre zone d'enrichissement et warm pool se déplace vers l'est. L'exportation de CO_2 diminue dans la zone équatoriale.

Arrive le moment, où il n'y a plus de zone d'enrichissement, ni d'évasion de CO_2, car la warm pool occupe tout le Pacifique équatorial.

Lui succédera (mais ce n'est pas sur la figure) une situation de La Niña au cours de laquelle la zone d'enrichissement occupera tout le Pacifique équatorial et où l'évasion de CO_2 sera maximum, en raison à la fois de l'étendue de la région et de l'intensité de la remontée d'eaux profondes.

Faisons donc le point (Tableau ci-dessous):

	Pompe biologique = puits (5°N-5°S)	Evasion = source (10°N-10°S)	Source - puits
Forts El Niños (1)	380-480	200-400	<0
Autres périodes (2)	570-720	800-1000	>0
(1) / (2)	0.67	0.25	
Pacifique équatorial/ Océan mondial (%)	26 [(a)]	72 [(b)]	

[(a)] Chavez et Toggweiler (1995) [(b)] Feely et al. (2002)

• La pompe biologique et l'évasion de CO_2 sont moins fortes en situation d'El Niño qu'aux autres périodes.
• Mais l'écart entre les deux périodes est moins fort pour la pompe biologique en raison de la lenteur d'utilisation des sels nutritifs, lenteur due à la limitation par le fer.
• En période de fort El Niño, le Pacifique équatorial est une zone « puits » et n'exporte plus de CO_2. Aux autres périodes, il exporte.
• Le Pacifique équatorial est responsable de 72% de l'évasion globale de carbone et sa pompe biologique représente 26% du total. C'est dire son rôle au niveau global.

L'une des meilleures illustrations de ce rôle est la suivante. Le taux d'augmentation de la teneur de l'air en CO_2 n'est pas constant et l'on remarque pour la période 1980-2003 qui est présentée sur la Figure 6, des périodes d'augmentations plus fortes qui correspondent aux phases de La Niña (1988, 1996, 1999) et des périodes d'augmentation plus faibles, voire négatives, qui correspondent aux El Niños (82-83, 87, 91-94, 97-98). Une partie de ces variations (30%) sont attribuables à l'évasion de CO_2 de la zone équatoriale, l'évasion étant faible en El Niño et forte en La Niña, ce que l'on retrouve au niveau atmosphérique.

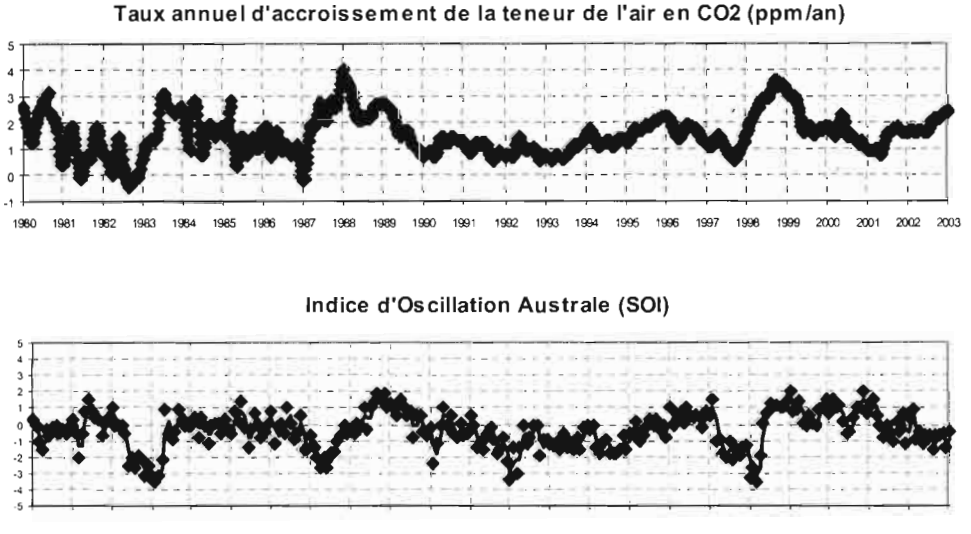


Figure 6 : (N. Metzl, IPSL, Univ. Paris 6, communication personnelle)

Les recherches en cours

Le programme JGOFS s'est arrêté le 31 décembre 2003 mais les recherches sur la thématique « cycle du carbone » continuent dans le Pacifique intertropical. Ils ont pour objectifs de suivre les variations d'un certain nombre de paramètres et de comprendre certains processus. Il s'agit :

• au niveau américain, de continuer à suivre les teneurs en CO_2 et en plancton et d'étudier l'origine et le devenir du fer.

• aux niveaux japonais et français, de poursuivre les efforts sur l'étude du front entre la warm pool et l'upwelling et sur sa position en fonction de la situation climatique.

• aux niveaux français et américain, de considérer les eaux oligotrophes tropicales, qui couvrent la majeure partie de la superficie de l'océan mondial, avec l'estimation de la quantité de carbone produite par les organismes diazotrophes, qui utilisent l'azote moléculaire (ou di-azote). Il s'agit de programmes menés à partir d'Hawaii et de Nouméa. La question est celle de savoir si l'on a sous-estimé jusqu'à présent le rôle de la pompe biologique de l'océan en négligeant cette diazotrophie.

L'avenir ? Un observatoire dans le Pacifique sud

On peut, sans exagérer, dire que la compréhension et donc la prévision du rôle de l'océan dans le cycle global du carbone bute sur le nombre insuffisant de stations d'observations. Ces stations permettent la mesure de paramètres que l'on ne peut pas mesurer automatiquement, sur la description des variations en fonction de la profondeur et sur la validation des données satellitales. L'existence de ces stations suppose la disposition de navires, la proximité d'un laboratoire de recherche et de ses moyens techniques et, surtout, une vision à long terme de la recherche. Dans le domaine de la biogéochimie marine du Pacifique, qui nous concerne, il existe une station au nord d'Hawaii (station HOT) et une station japonaise au large de l'île d'Hokkaïdo, plus récente. L'une et l'autre, parce qu'elles n'étaient pas que de simples stations d'observation mais qu'elles disposaient d'équipes de recherche, ont donné des renseignements précieux sur les variations à long terme du milieu pélagique et de son fonctionnement. Rien n'existe pour le moment dans l'hémisphère sud bien qu'un certain nombre de conditions soient réunies à Nouméa. C'est une question de politique scientifique...

Références bibliographiques

Chavez, F.P., J.R. Toggweiler, (1995). Physical estimates of global new production: the upwelling contribution. *In*: Summerhayes, C.P., Emeis, K.C., Angel, M.V., Smith, R.L., Zeitschel, B. (Eds.). Upwelling in the ocean: modern processes and ancient records. John Wiley and sons. Chichester, pp. 313-320.

Feely, R. A., J. Boutin, C.E. Cosca, Y. Dandonneau, J. Etcheto, H.Y. Inoue, M. Ishii, C. Le Quéré, D. Mackey, M. McPhaden, N. Metzl, A. Poisson, R. Wanninkhof, (2002). Seasonal and interannual variability of CO_2 in the equatorial Pacific. *Deep-Sea Res., Part II*, 49, 2443-2469.

Le Borgne, R., M. Rodier, (1997). Net zooplankton and the biological pump: a comparison between the oligotrophic and mesotrophic equatorial Pacific. *Deep-Sea Research, Part II,* 44, 2003-2023.

Le Borgne, R., R.A. Feely, D.J. Mackey, (2002). Carbon fluxes in the equatorial Pacific: a synthesis of the JGOFS programme. . *Deep-Sea Res., Part II*, 49, 2425-2442.

Rodier, M., R. Le Borgne, (1997). Export flux of particles at the equator in the western and central Pacific ocean. *Deep-Sea Research Part II,* 44, 2085-2113.

Paléoclimatology in the Pacific Ocean: Perspectives and suggestions

Patrick DE DECKKER
Department of Earth and Marine Sciences, The Australian National University, Canberra ACT 0200. Australia,
patrick.dedeckker@anu.edu.au

The Pacific Ocean covers one third of the Planet. It is also a very deep ocean [>5km] in many places and, yet, it is poorly explored and understood. By comparison, the Atlantic Ocean has been extensively studied by member nations that live in its vicinity [refer to Wefer et al. (2004) and references therein]. As a result, many oceanographers and palaeoceanographers argue vividly the global importance of the Atlantic Ocean on global oceanic circulation. The Pacific Ocean is rarely mentioned as part of the process. All too often is the Pacific Ocean ignored, despite the fact that it is now very well known that the El Nino Southern Oscillation is triggered in the Pacific Ocean and has serious implications for not only atmospheric [drought, floods, fires] and oceanic phenomena [notably for fisheries] for nations bordering the Pacific Ocean, but also as far as the Indian Ocean and numerous African countries. The Pacific Ocean needs to be better understood and it is the role of the nations in its vicinity to conduct research in as many aspects as possible. I personally believe that French researchers based in the Pacific have a responsibility not only to conduct research on this ocean, but also to act as the important focus/catalyst to bring other nations to the Pacific to commence significant investigations in the region. We can note that the Indian Ocean was the focus of an international research program during the International Geophysical Year (IGY, 1957-58) followed by The International Indian Ocean Expedition (IIOE, 1961-66) and also the GEOSECS Expeditions during the 1970s which have provided us with a series of atlases on ocean chemistry and related data which eventually led to the World Ocean Circulation Experiment (WOCE) that commenced in 1990 and was completed in 2002 [refer to Siedler et al. (2001) and references therein]. It is now imperative that a similar program to the IIOE be conducted at a grand scale using the international scientific community for the largest water body in the world that is the Pacific Ocean! This cold be combined through a parallel effort using palaeoceanographic investigations at the same time using the same vessels.

Palaeoceanography plays a very important role for the understanding of past patterns of climate and oceanic events. It also offers the necessary information for detecting long-term patterns that are not available through the short instrumental record. Palaeoceanography also can offer vital information for oceanographers and modellers who need to be informed of events and amplitudes and rates of change that are currently not envisaged in the ocean.

French workers have done some superb work on documenting past environmental changes in the Pacific region, already; these encompass studies of sea level changes through well chosen sites where uplift has permitted to unveil raised coral terraces which were judiciously dated [see for example: Bard et. (1996), Cabioch et al. (2003), Camouin et al. (1996), Montagioni et al. (1997) and Paterne et al. (2004)]. In addition, the well documented, high-resolution work on the reconstruction of sea-surface temperatures [and other oceanographic conditions] were obtained from coral chemistry and these have also provided important data to document climatic variability along the fringes of the Pacific Ocean [see for example: Beck et al. (1997), Corrège et al. (2001, 2004)].

Nevertheless, we need more information on past oceanic events and phenomena. I suggest that deep-sea corals be investigated, again taken at judiciously chosen depths, such as in the vicinity of the thermocline in regions where ENSO signals are triggered. We need to obtain information on changes that occurred throughout the entire water in many places in the Pacific Ocean, and this can only be obtained through the study of the sedimentary and biological archives form in deep-sea cores. However, conventional techniques will not apply in many cases as the sediments at the bottom of the Pacific Ocean is deposited as such great depths that calcareous sediments and microfossils are absent. Hence, it will be necessary to invest in biotic and chemical investigations that are still at a developmental stage. Nevertheless, with the recent use of laser ablation ICP-MS to be applied to siliceous material could help advance our understanding of physico-chemical that operated in the Pacific.

Of importance also is the comparison of past climatic events on land as well as at sea. Therefore, I suggest that a series of cores be analysed from sites located in the vicinity of land masses and large islands in the Pacific. These will provide information on terrigenous discharges at sea and also pollen analyses will inform on vegetational changes that can be compared with marine proxies that will inform on conditions at sea.

Suffice to say, the past archives recorded in the Pacific Ocean to be found in ancient coral terraces [some of which are below the present sea level], and in coral chemistry and more recently [but not yet published] on in deep-sea cores need to be obtained. I believe that French researchers and their institutions act as the necessary catalysts to bring the relevant expertise, equipment and funds to conduct the scientific investigations in the Pacific. Before any palaeoceanographic investigation can commence, relevant sea floor information is needed; in particular, seismic profiles are required to demonstrate the nature of the sea floor and the presence of sufficient sediments worth coring. My suggestion, therefore, is that a central, coordinating office based in the Pacific [Nouméa or Tahiti] be formed to identify the crucial sites worth investigating through palaeoceanography. Ground truthing is vital and this Pacific Office needs to find this information and make it available to potential researchers. In addition, this office needs to locate all the geological information on sea floor conditions and also link the sites with those that are considered to be of great relevance to oceanographic investigations. The location of the WOCE transects in the Pacific Ocean are a likely first set of areas to examine as the WOCE data could be compared with those to be eventually obtained from the palaeo-record. This Pacific Office is also to attract the research vessel Marion Dufresne which is one of the best geoscientific platform in the world. This French vessel has the capability to take long cores [>60m] as well as conduct most other oceanographic investigations. It should be brought into he Pacific Ocean more frequently and once and for all commence a systematic campaign of palaeoceanographic investigations in the largest ocean we so poorly know. This will not happen until a group of French and other workers take the initiative to attract research there. The currently very active and multinational IMAGES program which aims are unveiling the Quaternary record of the deep oceans should be encouraged to direct its focus in the Pacific.

In summary, France and members of the scientific community working in the Pacific Ocean ought to invest in studying the past climatic and oceanographic record of this important ocean that is the Pacific Ocean; it must be the site where much carbon is stored, some of which is also vented. Its calorific and salinity budget needs to be better understood and also its past record better documented. The proposed work has to be multinational, and multidisciplinary. I envisage that French researchers have to invest in an Office somewhere in the Pacific in order to ensure its success. The investment will be substantial, but once the international community responds, the returns will be very significant and quite substantial.

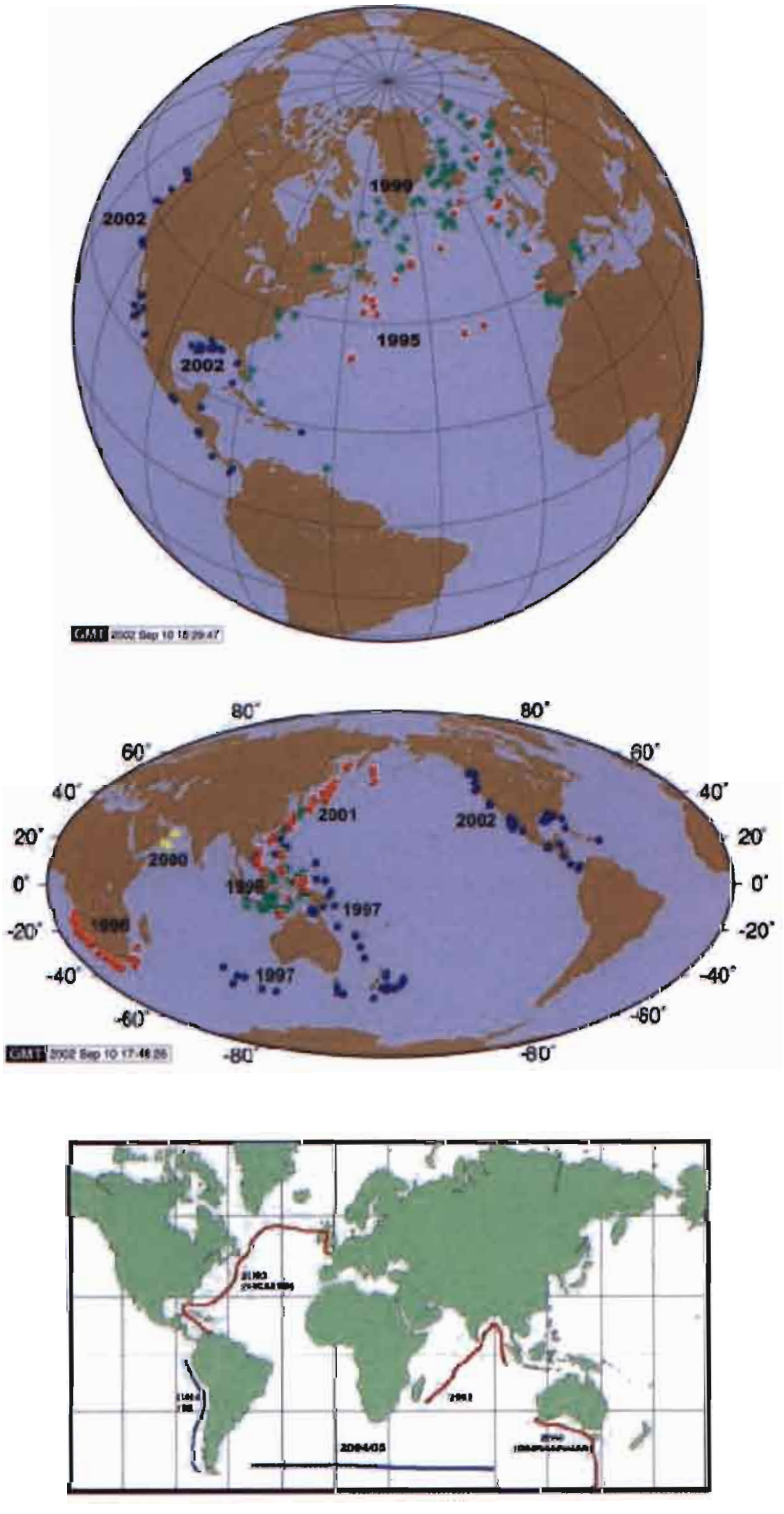


Figure 1: These 3 maps taken from the IMAGES website [http://www.images-pages.org/] clearly demonstrate that a vast portion of the Pacific Ocean still needs to be cored and, more particularly, the central (and deep) portion of this ocean. The lower map shows the location of cruises for the 2003/4 period, but the proposed cruise in the Southern Ocean did not eventuate. Note that the Atlantic Ocean has been extensively cored with the use of other vessels.

Bibliographies references

Bard E., Hamelin B., Arnold M., Montaggioni L.F., Cabioch G., Faure G. & Rougerie F. (1996). Deglacial sea level record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge. *Nature*, 382 : 241-244.

Beck J.W., Récy J., Taylor F.W., Edwards R.L. & Cabioch G. (1997). Abrupt changes in early Holocene tropical sea surface temperature from coral Sr/Ca thermometry. *Nature*, 385 : 705-707.

Cabioch G., Banks-Cutler K., Beck W.J., Burr G.S., Corrège T., Edwards R.L. & Taylor F.W. (2003). Continuous reef growth during the last 23 ka in a tectonically active zone (Vanuatu, SouthWest Pacific). *Quaternary Science Reviews*, 22 : 1771–1786.

Camoin G., Ebren Ph., Eisenhauer A., Bard E. & Faure G. (2001). A 300,000 years coral reef record of sea level changes, Mururoa atoll (French Polynesia). *Palaeogeogr. Palaeoecol. Palaeoclimatol*, 175 : 325-341.

Corrège T., Quinn T., Delcroix T., Le Cornec F., Récy J. & Cabioch G. (2001). Little Ice Age sea surface temperature variability in the south west tropical Pacific. *Geoph. Res. Lett.*, 28 : 3477-3480.

Corrège T., Gagan M.K., Beck J.W., Burr G.S., Cabioch G. & Le Cornec F. (2004). Interdecadal variation in the extent of south tropical waters during the Younger Dryas event. *Nature*, 428 : 927-929.

Montaggioni L.F., Cabioch G., Camoin G.F., Bard,E., Ribaud A., Faure G., Déjardin P. & Récy J. (1997). Continuous record of reef growth over the past 14 k.y. on the mid-Pacific island of Tahiti. *Geology*, 25 : 555-558.

Paterne M., Ayliffe L.K., Arnold M., Cabioch G., Tisnérat-Laborde N., Hatté C., Douville E. & Bard E. (2004). Paired ^{14}C and $^{230}Th/U$ dating of surface corals from the Marquesas and Vanuatu (sub-equatorial Pacific) in the 3,000 CAL yr to 15,000 CAL yr. *Radiocarbon*, 46(2) : 551-566.

Siedler, G., Church, J. & Gould, J. (2001). Ocean Circulation and climate. Observing modeling the global ocean. Academic Press, San Diego.

Wefer, G., Mulitza, S. & Ratmeyer, V. (Eds.) (2004). The South Atlantic in the Late Quaternary. Reconstruction of Material Budgets and Current Systems. Springer Verlag Publishers, Berlin.

Impact de la variabilité inter-annuelle et intra-saisonnière sur l'activité cyclonique et les précipitations

B. TIMBAL [1], S. CHENE [2], L. MAITREPIERRE [2], M. WHEELER [1] et A. LEROY [2].
[1] Bureau of Meteorology Research Centre, Melbourne, Australie, b.timbal@bom.gov.au
[2] Météo France, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

La complexité du système climatique, sa nature chaotique, rend impossible toute prévision déterministique de l'évolution du temps au-delà de quelques jours. Il existe cependant des oscillations de basse fréquence au sein du système climatique qui ont des caractéristiques prévisibles.

Deux phénomènes sont particulièrement prépondérants dans la zone du Pacifique Sud. Il s'agit de l'oscillation Australe El Niño (ENSO, pour El Niño Southern Oscillation) qui avec une fréquence de 2 à 5 ans est la source principale de la variabilité inter-annuelle et l'oscillation décrite par Madden et Julian (1994), MJO, pour Madden-Julian oscillation, qui a une durée de vie de l'ordre de 40 à 60 jours. On parle alors de variabilité intra-saisonnière. Ces phénomènes organisés ont le potentiel d'être prévisible au-delà de la limite imposée (de l'ordre de 7 à 10 jours) par la nature chaotique du système sur la variabilité synoptique.

L'impact de ces deux phénomènes sur le climat observable peut donc faire l'objet d'une prévision, en général de nature probabilistique. Ces prévisions sont basées sur l'observation d'une différence de comportement du climat de référence (moyenne sur le long terme) lors de l'évolution de ces phénomènes.

L'observation en temps réel d'un de ces phénomènes climatologiques permet alors de prévoir, sous forme de probabilité, qu'une anomalie climatologique par rapport à la « normale » climatique soit observée.

ENSO en particulier est un phénomène qui a son origine dans la zone inter-tropicale mais dont l'impact sur le climat se fait sentir sur une échelle spatiale très large. La zone d'influence de la MJO est plus limitée, mais dans les 2 cas, l'échelle spatio-temporelle de ces phénomènes renforce la nécessité d'une collaboration entre les différents acteurs de la recherche climatique dans le Pacifique Sud.

Les barrières nationales sont sans importances pour ces phénomènes ; la compréhension de ces mécanismes et de leur impact sur le climat local doit donc se faire avec la même approche. Qu'il s'agisse d'une mise en commun des observations ou/et d'échanges scientifiques, une bonne collaboration internationale est essentielle.

L'évolution des phases ENSO est mesurée par le SOI (Southern Oscillation Index), un indice atmosphérique standardisé (Troup, 1956), calculé avec la différence entre la pression atmosphérique au niveau de Darwin dans le nord de l'Australie et de Papeete, station de FAAA à Tahiti, gérée par Météo-France.

Lorsqu'il est négatif, c'est une phase El Niño et lorsqu'il est positif c'est une phase La Niña. Pour mesurer l'impact de ENSO sur les précipitations en Nouvelle-Calédonie, une climatologie a été crée sur l'ensemble de l'archipel à partir de 28 stations sélectionnées en fonction de la qualité et de la disponibilité des données, le nombre et la répartition des postes utilisés donnent une bonne crédibilité aux résultats.

La période d'étude est de 1951 à 2001, la « normale » climatique servant de référence est calculée sur la période 1971 à 2000.

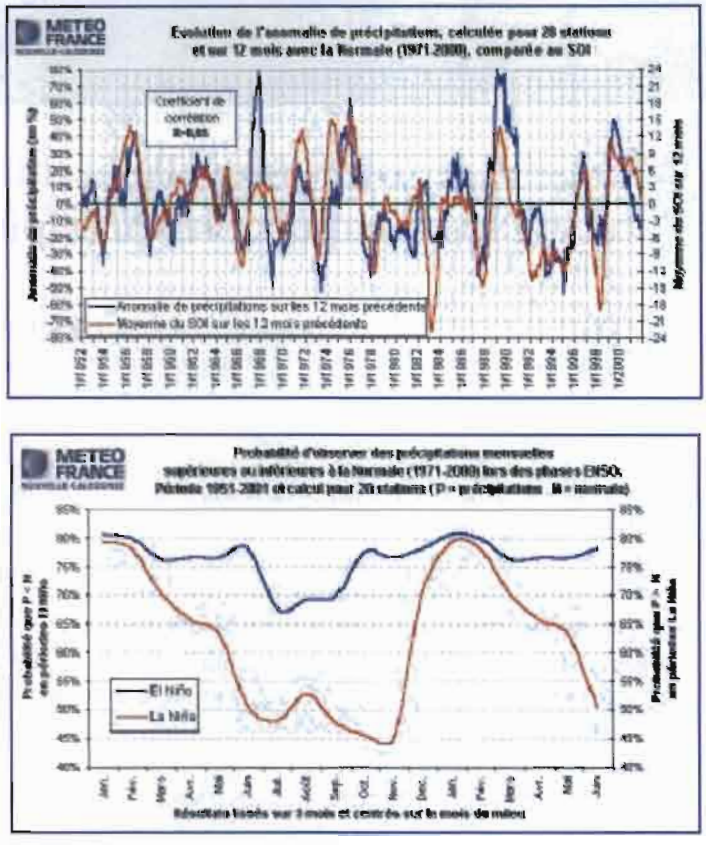


Figure 1 : Corrélation entre le SOI et les précipitations de Nouvelle-Calédonie (a) et variations saisonnières des anomalies de pluies en fonction des phases de ENSO (b).

La synchronisation entre les phases ENSO et les anomalies de précipitations est très bonne (Fig. 1a). Pratiquement toutes les sécheresses se sont produites lors d'épisodes El Niño et presque toutes les périodes pluvieuses lors d'épisodes La Niña à l'exception notable de la période 1967 à 1971 où les fortes précipitations puis la sécheresse ne correspondent pas à des phases ENSO clairement identifiées. L'impact important du phénomène ENSO sur la pluviométrie dans l'archipel et la prévisibilité du phénomène suggère d'intéressantes possibilités de prévision saisonnière des pluies.

Il est important de noter que la probabilité d'observer des précipitations inférieures à la Normale en périodes El Niño est supérieure à la probabilité d'observer des précipitations supérieures à la Normale en phases La Niña. D'autre part le cycle annuel de ces probabilités montre de larges différences (Fig. 1b). Lors d'un épisode El Niño, la probabilité a une faible amplitude saisonnière, avec un minimum en période hivernale de juillet à septembre et un maximum très peu différent d'une valeur assez stable d'octobre à juin. Tandis que lors d'une phase La Niña, la probabilité a une grande amplitude saisonnière. La probabilité n'est conséquente que pendant la saison estivale de décembre à mars. Donc les périodes La Niña n'influencent les précipitations de façon consistante que pendant la saison chaude.

De la même façon, le phénomène ENSO a un impact important sur l'activité cyclonique dans l'océan Pacifique Sud. La base utilisée a été construite à partir des observations opérationnelles des cyclones et dépressions tropicales de 1964 à 2002 par les services du BOM en Australie, de Météo-France en Nouvelle-Calédonie, du Met Service de Nouvelle-Zélande et du CMRS des Iles Fidji. Les zones de responsabilité de ces services météorologiques couvrent toute la zone étudiée, voire au-delà pour la partie ouest de l'Australie.

Plus que le nombre total de cyclone, le phénomène ENSO influence la répartition géographique de la cyclogénèse. La corrélation entre le SOI et le nombre total de cyclone dans le Pacifique Sud est de 0.3 et n'est apparente que lors d'évènements extrêmes (Les Niños 82-83 et 97-98 par exemple) ; alors que la corrélation entre le SOI quelques mois avant la saison cyclonique et la différence entre le nombre de cyclone dans le Pacifique Ouest et le Pacifique central est très probante : 0.8. Les résultats sur la zone Nouvelle-Calédonie restent tangibles mais ne permettent pas pour autant de construire un schéma de prévision, basé sur le SOI présentant un intérêt suffisant.

D'autres prédicteurs lié au phénomène ENSO ont été testés : l'indice formé à partir des anomalies de température de la mer dans le Pacifique Equatorial central : NINO4 et celui basé sur le Pacifique Equatorial : NINO3. De plus l'influence des températures de surface de la mer (SST pour Sea Surface Temperature) locales a aussi été testée. Les meilleures corrélations sont obtenues quelques mois avant la saison cyclonique ce qui permet d'envisager la formulation d'un schéma de prévision.

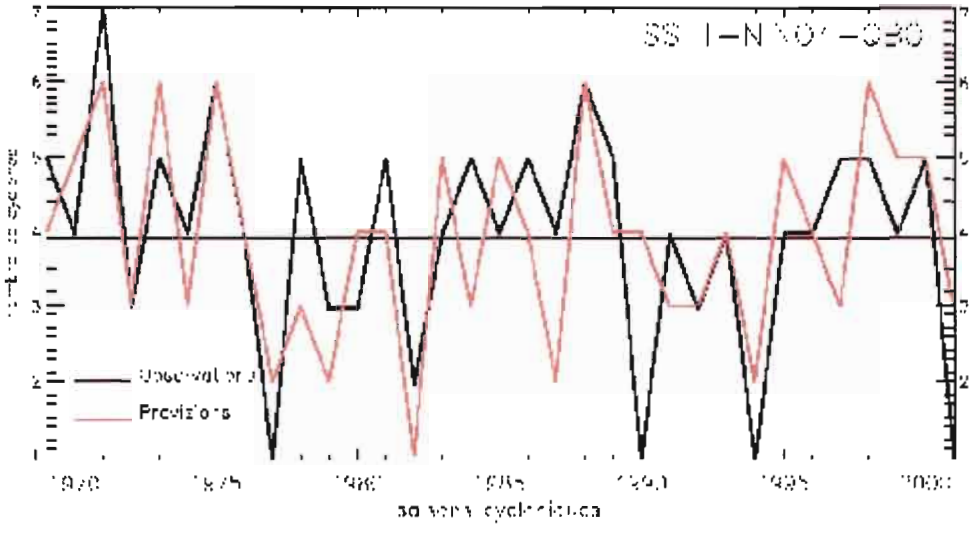


Figure 2 : Prévisions du nombre de cyclone affectant la Nouvelle Calédonie basée sur la SST1 (moyennée sur 3 mois centrés en septembre), NINO4 (moyenné sur 3 mois centré en septembre) et de l'indice de QBO (moyennée sur 3 mois centrés en juin.

L'importance de l'oscillation quasi-biennale (QBO pour Quasi-Biennal Oscillation) a aussi été étudiée. La QBO est une oscillation des vents stratosphériques moyens zonaux de la bande équatoriale. La période de cette oscillation est de 24 à 30 mois pendant lesquels on voit les vents passer, régulièrement, d'un régime d'Est à un régime d'ouest. Pendant les phases d'Ouest de la QBO, on observe des vents stratosphériques d'Ouest au-dessus de l'équateur alors qu'au-dessus des tropiques les vents sont de secteur est. Ainsi, il se crée de part et d'autre de l'équateur des régions de faible cisaillement vertical, propices à la cyclogénèse. A l'inverse pendant les phases d'Est de la QBO les vents stratosphériques sont de secteur est sur toute la bande équatoriale, avec un maximum au-dessus de l'équateur. On pense que le cisaillement vertical de vent, alors plus important, est propagé de la basse stratosphère vers la haute troposphère et perturbe la formation des cyclones

Différents schémas de prévision basés sur plusieurs combinaisons de ces indices sont testés. L'utilisation conjointe de la SST locale dans la Mer de Corail, zone privilégiée de formation des cyclones qui affectent la Nouvelle Calédonie, d'un indice océanique d'ENSO : NINO4 et de la QBO montre le meilleur potentiel de prévision du nombre total de cyclones. La régression multiple à l'aide de ces 3 indices donne un indice de corrélation multiple de r=0,75.

L'utilisation de ces résultats, associée à une expertise humaine et à une surveillance opérationnelle de l'évolution des conditions apporte une information intéressante sur l'activité de la saison à venir. Cependant, ce schéma ne donne accès qu'à une certaine tendance, une information

limitée quant à la saison cyclonique à venir. D'autres méthodes sont donc à l'étude pour combiner cette approche statistique avec les prévisions dynamiques obtenues à l'aide de modèles couplés.

Sur une échelle de temps beaucoup plus réduite, la genèse des cyclones tropicaux est influencée par la propagation d'Ouest en Est de l'oscillation décrite par Madden et Julian (MJO, pour Madden-Julian oscillation), il s'agit alors de la variabilité intra-saisonnière. A l'heure actuelle la prévision de l'évolution d'un système cyclonique est limitée à 3 à 4 jours. C'est donc un nouvel espace temporel lié à la prévisibilité de l'évolution de la MJO qui est possible jusqu'à 3 semaines à l'avance. Comme pour la variabilité liée au phénomène ENSO, la prévisibilité de l'activité cyclonique est liée à l'existence d'une anomalie climatique lors du passage de la MJO.

La MJO est un déplacement d'Ouest en Est de larges systèmes convectifs, mesurés par le rayonnement d'onde longue au sommet de l'atmosphère (OLR) et s'accompagne d'anomalies du vent zonal opposés entre 800 et 200 hPa. Deux EOFs calculées sur la combinaison de ces trois champs atmosphérique en moyenne zonale le long de l'Equateur permettent de caractériser la propagation de la MJO. La projection des mesures observées en temps réel sur ces 2 EOFs (RMM1 et RMM2) permet de suivre l'évolution de la MJO. Afin de suivre la propagation de la MJO, la bande de cyclogénèse de l'hémisphère Sud a été séparé en 4 régions : le sud ouest de l'Océan Indien, le sud est jusqu'à la barrière que représente le nord de l'Australie, le Pacifique Ouest et le Pacifique central. La séparation entre ces deux zones tient compte de l'impact du phénomène ENSO mentionné plus haut.

L'analyse de la base de données cyclonique pour l'hémisphère Sud montre une forte modification de l'existence des cyclones entre la phase active et la phase inactive de la MJO : un facteur 4 dans le sud ouest de l'océan Indien, un facteur 2 dans le Nord de l'Australie et un facteur 10 dans le centre du Pacifique.

Cependant, d'autres facteurs influencent la cyclogénèse au cours de la saison. Le premier facteur est le cycle saisonnier. La saison débute en octobre jusqu'en mai, avec un maximum de cyclones au cours des mois de janvier à mars avec des différences entre les 4 zones considérées. Le deuxième facteur concerne la variabilité inter-annuelle dont nous avons discuté l'importance pour l'activité cyclonique dans le Pacifique Sud.

Afin d'intégrer l'ensemble de ces prédicteurs (inter-annuelle, saisonnier et intra-saisonnier), pour fournir une prévision probabilistique de l'existence d'un système cyclonique dans une des 4 zones données pour une semaine donnée, une régression logistique multiple est utilisée. Cette approche est adaptée à une prévision probabilistique puisque la courbe est bornée entre 0 et 1, asymptote de la courbe. Afin de choisir les prédicteurs importants pour chaque bassin, une procédure de sélection pas à pas a été utilisée. La climatologie a ainsi toujours été choisie ainsi qu'un prédicteur océanique de la variabilité inter-annuelle. L'utilité des prédicteurs RMM1 et RMM2 n'est apparue que pour les échéances courtes de 1 à 3 semaines confirmant la limite de prévisibilité associée à la propagation de la MJO.

La validation du schéma statistique est encourageante. A la fois, la variabilité inter-annuelle et intra-saisonnière contribue à modifier la probabilité climatologique de base (fig. 3). Il existe une bonne correspondance entre les pics de probabilités et l'occurrence d'un cyclone tropical dans les 4 zones choisies.

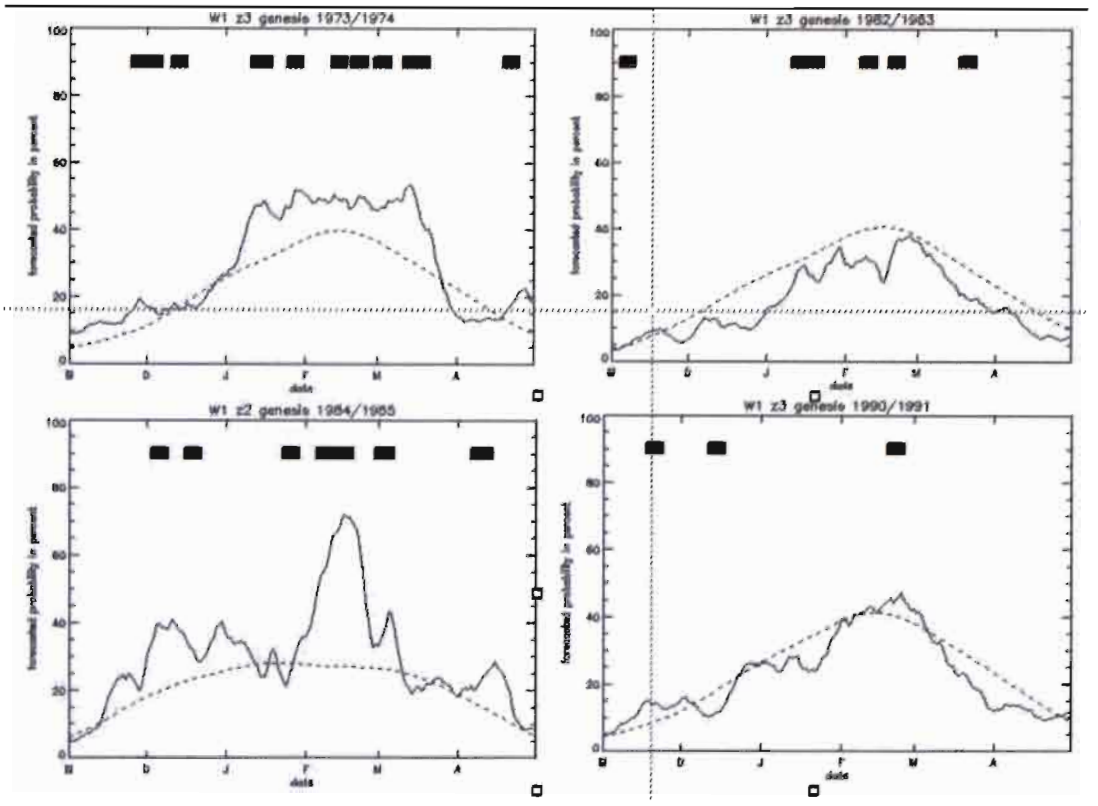


Figure 3 : Prévisions de la probabilité de formation d'un cyclone (trait plein) comparé à la prévision climatologique de référence (en pointillé), les points noirs indiquent les phénomènes observés. L'année 1973/74 (en haut à gauche) illustre une année La Niña typique, l'année 1982/83 (en haut à droite), une année El Niño, l'année 1984/85 (en bas à gauche), une année marquée par une forte activité de la MJO et l'année 1990/91 (en bas à droite), une faible activité de la MJO.

La comparaison entre les probabilités prévues et observées montre que l'écart est généralement inférieur à 10%. Le modèle n'est donc pas biaisé. Ces résultats discutés ici ont été obtenus pour une échéance d'une semaine, il se dégrade pour des échéances plus élevées. Il est apparu que l'information supplémentaire apportée par la MJO est limitée à 2 à 3 semaines tandis que l'information sur la variabilité inter-annuelle s'étend au-delà.

Ces résultats montrent les développements possibles en terme de prévision intra-saisonnière et inter-annuelle qui existent dans le Pacifique sud tropical aussi bien pour la pluviométrie que pour les cyclones tropicaux. La prévisibilité est associée à l'évolution de phénomènes climatiques lents qui impactent le climat. Dans tous les cas, un schéma purement statistique est développé qui utilisent l'écart à la normale climatique lors du déroulement de ces phénomènes.

Au-delà, de ces approches statistiques, les développements concernant les modèles couplés de prévision saisonnière offrent des possibilités nouvelles concernant une approche dynamique de ces prévisions à l'aide de sorties de modèles et des approches hybride statistico-dynamique, pour les phénomènes tel les cyclones dont la prévision dans un modèle globale reste problématique du à la résolution très fine, nécessaire pour résoudre correctement ces systèmes de petite échelle.

Les Assises de la Recherche Française dans le Pacifique offre la possibilité de faire le point sur les avancées scientifiques récentes dans ce domaine impliquant la recherche française et les autres partenaires internationaux de la région. Que ce soit dans le domaine de l'amélioration des bases de données, de l'application régionale des résultats obtenus par la recherche sous forme de développements de schémas opérationnels ou, dans l'accès et la dissémination des prévisions en temps réel de modèles couplés, de nombreuses perspectives se dessinent. Le rapprochement entre les différents acteurs de la recherche scientifique ne peut que favoriser l'accomplissement et le prolongement de ces projets de recherche pour le bénéfice de tous.

Références bibliographiques

Chêne, S. (2003). *Etude d'un schéma de prévision saisonnière de l'activité cyclonique dans la région de la Nouvelle-Calédonie*, rapport de stage de fin d'étude N°856, Ecole Nationale de la Météorologie, Météo France, pp 47.

Leroy, A. (2004). *Statistical prediction of the weekly tropical cyclone activity in the Southern Hemisphere*, rapport de stage de fin d'étude N°939, Ecole Nationale de la Métérologie, Météo France, pp 67.

Madden, R.A. and Julian P.R. (1994). *Observations of the 40-50-day tropical oscillation: a review*, Monthly Weather Review, 122, 814-837.

Maitrepierre, L. (2002). *Impacts des phases ENSO sur le climat de la Nouvelle-Calédonie*, rapport interne, Météo France, Nouvelle Calédonie, Nouméa, pp 18.

Troup, A.J. (1956). *The Southern Oscillation,* Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 91, 490-506.

Voldoire, A., Timbal, B., and Power, S. (2002). *Statistical-Dynamical Seasonal Forecasting*, Research Report, Bureau of Meteorology Research Centre, pp 62.

Wheeler, M.C. and Hendon, H.H. (2004). *An all-season real-time multivariate MJO index: development of an index for monitoring and prediction*, Mon. Wea. Rev., soumis.

Assises de la Recherche
Française dans le Pacifique

Causes and impacts of decadal climate fluctuations in the tropical South Pacific

Julian P. MC CREARY [1], Jr [1] and Benjamin S. GIESE [2]
[1] International Pacific Research Center, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, USA, jay@hawaii.edu
[2] Department of Oceanography, Texas A&M University, College Station, Texas, USA

Introduction

Pacific decadal variability (PDV) is defined by an index of Sea Surface Temperature (SST) anomalies from the North Pacific, but it is associated with an anomaly pattern that extends throughout much of the Pacific basin. Indeed, the pattern is roughly symmetric about the equator, and as such PDV is linked to El Niño-Southern Oscillation (ENSO) decadal variability (EDV). One idea that has been advanced to account for the linkage is the teleconnection of atmospheric signals, either from the tropics to midlatitudes or vice versa. Another is teleconnection by oceanic signals through changes in the North and South Pacific Subtropical Cells (STCs; see Schott and McCreary, 2004, for a recent review).

In this talk, we focus on the oceanic changes associated with EDV. We begin with a description of the mean circulation pathways of the STCs, commenting on their variability. Then, we discuss impacts of decadal variability on sea level and ocean temperature in the tropical South Pacific, noting a close relationship to variability in the transport of the South Pacific STC and in the equatorial zonal winds.

The Subtropical Cells

During the past decade, it has become clear that the currents in the equatorial Pacific Ocean are not dynamically isolated, but rather are an essential part of the Pacific general ocean circulation. Indeed, the near-surface equatorial currents are branches of shallow overturning cells that extend to mid- and higher latitudes, the North and South Pacific STCs (e.g., McCreary and Lu, 1994; Rothstein et al., 1998; Huang and Liu, 1999).

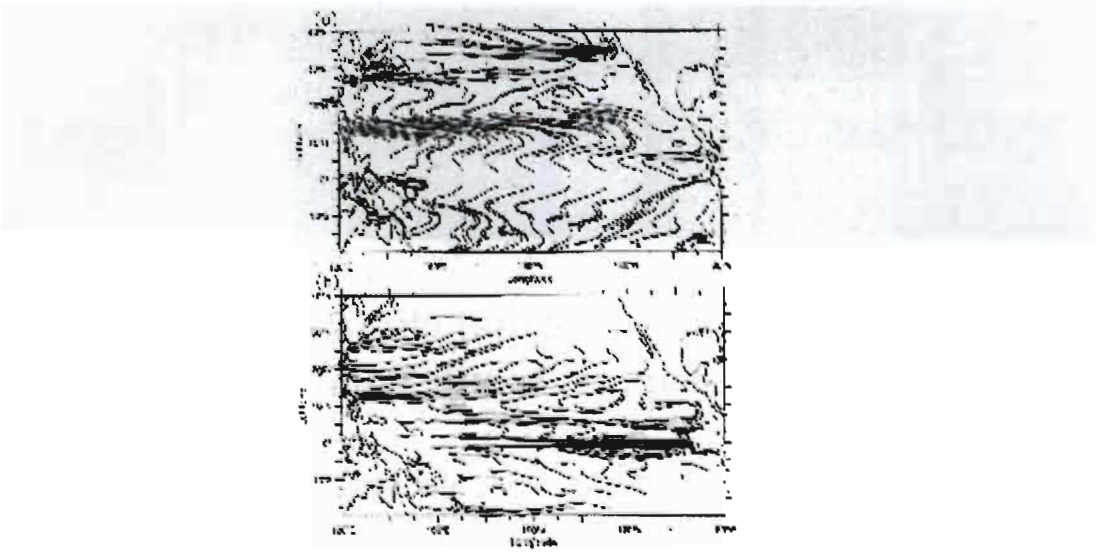


Figure 1: Streamlines from a solution to a Pacific-ocean model, illustrating flow pathways (a) near the ocean surface and (b) within the thermocline.

Figure 1 illustrates the STC circulations in the GCM solution of Rothstein et al. (1998). In both of these overturning cells, water that subducts into the thermocline in the eastern subtropics flows first westward and equatorward within the subtropical gyres of both hemispheres, and then eastward in the Equatorial Undercurrent (Figure 1b); it upwells in the eastern equatorial ocean, returning to the subtropics within the surface layer (Figure 1a). In both hemispheres, the fate of the subducted water depends on just where it subducts (Figure 1b): Water that subducts too far to the west recirculates within the Subtropical Gyre, so that only the water that subducts in the eastern subtropics flows equatorward to participate in the STC. In the North Pacific, much of the latter water flows across the interior of the tropical ocean north of the North Equatorial Countercurrent (NECC) and moves to the equator via a western-boundary current. In contrast, in the South Pacific a substantial portion of STC water flows directly to the equator in the interior ocean, a difference attributed to the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) being located in the Northern Hemisphere.

The STCs are climatically important because they transport cool subsurface water into the equatorial region, and hence are an essential part of the equatorial heat balance. Two mechanisms involving STC variability have been proposed to explain EDV. Gu and Philander (1997) hypothesized that *midlatitude SST anomalies* could be subducted into the subsurface branch of the STCs, advected to the equator, and upwelled there to affect the Pacific cold tongue. Recent modeling studies, however, suggest that such temperature anomalies are severely weakened by a variety of processes, so much so that their effect on equatorial SST is small (e.g., Xie and Nonaka, 2000). Alternatively, Kleeman et al. (1999) proposed that wind-driven changes in *STC strength* could lead to changes in the size of the Pacific cold tongue, thereby altering air-sea interaction in the region and generating EDV (also see Klinger et al., 2000, and Solomon et al., 2003).

Impacts

Decadal variability significantly impacts sea level and ocean temperature in the tropical South Pacific. To examine these impacts, we utilize the SODAPOP 1.2 reanalysis data set, which assimilates observed ocean data into an ocean model to produce an estimate of the global oceanic state for the period from 1958 to 2001. The ocean model is based on the Parallel Ocean Program (POP; Smith et al., 1992). Its domain is global, and the grid has a horizontal resolution of 0.4° longitudinally and 0.25° latitudinal with 40 vertical levels. Forcing is by ERA-40 daily wind stress and GPCP precipitation, and bulk formulae are used to determine heat fluxes. Simple ocean data assimilation (SODA), based on optimal interpolation, is used to assimilate a variety of hydrographic data (MBTs, XBTs, CTDs, floats, moored thermistor chains) into the model, but not any satellite data. The SODA-

POP 1.2 data set has recently been released to the public, and can be obtained at the Asia-Pacific Data Research Center (APDRC) at the internet address:

http://apdrc.soest.hawaii.edu:9090/dods/public_data/SODA/soda_pop1.2.

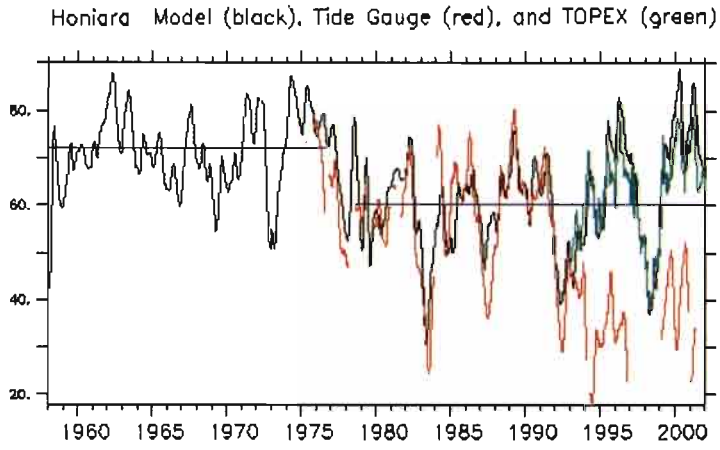


Figure 2: Time series of sea level (cm) at Honiara (166.25°E, 9.4°S) from the SODA POP 1.2 reanalysis (black), a tide gauge (red), and the TOPEX/Poseidon altimeter (green).

Figure 2 plots three time series of sea level at Honiara (166.25°E, 9.4°S), which is located within the center of high sea-level variability in the tropical South Pacific (150°E–180°, 15°–5°S; Region 1). The figure shows curves from SODA-POP (black), a local tide gauge (red), and the TOPEX/Poseidon altimeter (green). The good agreement between SODA-POP and the two observed time series demonstrates that SODA-POP accurately represents sea-level variability in the region. An apparent exception is for the tide-gauge record during the 1990s, but an examination of the record suggests that the tide gauge was offset in 1993 by about 40 cm. The straight lines indicate that mean sea level decreased by more than 10 cm after the mid-to-late 1970s, a well-known climate shift prominent in other variables in the North Pacific.

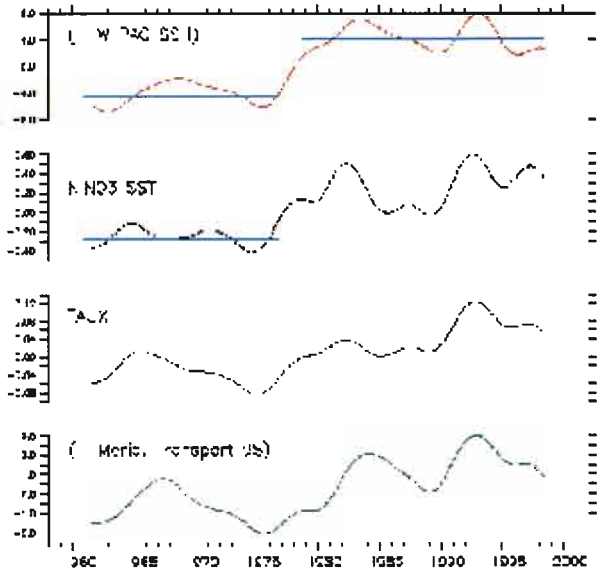


Figure 3: Time series of decadal anomalies from the SODA-POP 1.2 reanalysis for sea level averaged in Region 1 (150°E-180°, 15°-5°S) (red), SST averaged in the NINO3 region (150°–90°W, 5°S–5°N); (black), and the geostrophic transport across 9°S (green). Also plotted is the zonal wind anomaly averaged in the equatorial band (160°E°–120°W°W); (blue). The sea-level and temperature curves are inverted.

To illustrate the close relationship between sea level and other variables at decadal times scales, Figure 3 plots anomalies from low-passed (> 7 years) SODA-POP data, showing sea level averaged over Region 1 (black), the negative of SST anomalies averaged over the NINO3 region, and net geostrophic transport along 9°S (V_g, green), the latter curve measuring the strength of the equatorward branch of the South Pacific STC. Also plotted is the zonal-wind anomaly in the equatorial band (160°E–120°W) (τ^x; blue). The similarity among the curves is remarkable, an indication of the large-scale nature of the variability. Among other things, a decadal shift during the 1970s is apparent in both sea level and SST. In contrast, a distinct shift is not so obvious in the τ^x and V_g curves; instead, there is perhaps a gradual trend in both curves, superimposed with decadal variability.

Discussion

As illustrated in Figure 3, equatorial SST has risen during the past 50 years while the strength of the South Pacific STC has decreased. This relationship is sensible in that a weaker STC leads to a smaller equatorial cold tongue, and hence to higher equatorial SST. McPhaden and Zhang (2002) reported similar changes in their respective analyses of observed hydrographic and SST data, as did Nonaka et al. (2002), and Alory (2004; poster presentation at this conference) in solutions to ocean models forced by interannually varying winds; all three studies also noted a weakening of the equatorward, geostrophic flow in the North Pacific during that time period. These results support the notion that STC variability is involved in the generation of EDV. On the other hand, the property that the equatorial zonal wind also co-varies with these variables points toward the tropical origin of EDV. Sorting out the causes of EDV (and PDV) remains a topic of ongoing research in the climate community.

Bibliographies references

Gu, D., and S.G.H. Philander, (1997). Interdecadal climate fluctuations that depend on exchanges between the tropics and the extratropics. *Science*, 275, 805–807.

Huang, B., and Z. Liu, (1999). Pacific subtropical-tropical thermocline water exchange in the National Centers for Environmental Prediction ocean model. *J. Geophys. Res.*, 104, 11,065–11,076.

Kleeman, R., J. P. McCreary, and B. A. Klinger, (1999). A mechanism for generating ENSO decadal variability. *Geophys. Res. Lett.*, 26, 1743–1746.

Klinger, B.A., J. P. McCreary, and R. Kleeman, (2000). The relationship between oscillating subtropical wind stress and equatorial temperature. *J. Phys. Oceanogr.*, 32, 1507–1521.

Lu, P., J.P McCreary, and B.A. Klinger, (1998). Meridional circulation cells and the source waters of the Pacific Equatorial Undercurrent. *J. Phys. Oceanogr.*, 28, 62–84.

McCreary, J.P., and P. Lu, (1994). Interaction between the subtropical and the equatorial ocean circulations: the Subtropical Cell. *J. Phys. Oceanogr.*, 24, 466–497.

McPhaden, M.J., and Zhang, (2002). Slowdown of the meridional overturning circulation in the upper Pacific Ocean. *Nature*, 415, 603–608.

Nonaka, M., and S.-P. Xie, (2000). Propagation of North Pacific interdecadal subsurface temperature anomalies in an ocean GCM. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 3747–3750.

Nonaka, M., J.P. McCreary, and S.-P. Xie, (2002). Decadal variations in the Subtropical Cells and equatorial Pacific SST. *Geophys. Res. Lett.*, 29, 10.1029/2001GL013676.

Rothstein, L. M., R.-H. Zhang, A. J. Busalacchi, and D. Chen, (1998). A numerical simulation of the mean water pathways in the subtropical and tropical Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 28, 322–343.

Schott, F., and J. P. McCreary, (2004). Shallow overturning circulations of the tropical-subtropical oceans. In: Ocean-Atmosphere Interaction and Climate Variability, C. Wang, S.-P. Xie, and J.A. Carton (eds.), Amer. Geophys. Union Geophys. Monograph. (Accepted.)

Smith, R. D., J. K. Dukowicz, and R. C. Malone, (1992). Parallel Ocean General Circulation Modeling, *Physica D*, 60, 38-61.

Solomon, A., J.P. McCreary Jr., R. Kleeman, and B.A. Klinger, (2003). Interannual and decadal variability in an intermediate coupled model of the Pacific region. *J. Clim.*, 16, 383–405.

THEME 4

CULTURES, IDENTITES, PATRIMOINE, ESPACES ET DEVELOPPEMENT

Les recherches en sciences humaines et sociales : bilan et perspectives

Paul DE DECKKER
Président de l'Université de la Nouvelle-Calédonie, BP 4477, 98847 Nouméa, dedeckke@univ-nc.nc

Introduction

Sous l'autorité scientifique incontestable de François et Jean-Pierre Doumenge sortait au début des années 1990 un ouvrage aux éditions de l'université de Bordeaux III (collection Iles et archipels n° 14) intitulé : *Le Pacifique : l'Océan, ses rivages et ses îles (1960-1990)*, 509 p. Il s'agissait des actes d'un colloque tenu à Paris à la Fondation Singer-Polignac en novembre 1990. L'objectif du colloque était de dresser le bilan des recherches françaises dans le Pacifique depuis 1960.

Bilan

Tous faisaient le point sur les activités de recherche dans leurs champs disciplinaires respectifs et recensaient les bibliographies afférentes, portant exclusivement sur les travaux des chercheurs français. Cela représentait un total de 80 pages de bibliographie concernant l'archéologie, l'ethnologie, l'histoire, la géographie, la linguistique, la démographie et la science politique et la géopolitique. Ces deux dernières disciplines venaient d'émerger au cours des années 1980 pour ce qui concerne l'Océanie. Produire un même type d'ouvrage aujourd'hui pour ce qui concerne les sciences humaines et sociales relatives au Pacifique requerrerait au moins 500 pages.

En effet, les champs disciplinaires retenus en 1990 se sont depuis soit renforcés par le nombre de chercheurs impliqués, soit encore diversifiés grâce à l'ouverture des champs disciplinaires vers d'autres frontières.

A titre d'exemples, dans le domaine de l'histoire contemporaine du Pacifique, on recensait essentiellement de 1960 à 1990 des travaux portant sur l'outre-mer français du Pacifique, très peu sur les pays ou territoires anglophones avoisinants. Seul peut-être Christian Huetz de Lemps, après son frère Alain sur la Nouvelle-Zélande, avait publié des ouvrages et articles sur Hawaï et les îles Salomon. Sous l'impulsion également de François Doumenge, à qui l'on doit *L'Homme dans le Pacifique Sud*, ouvrage encyclopédique aujourd'hui épuisé, des travaux pluridisciplinaires de longue haleine furent mis en route dans les centres de recherche de l'ORSTOM, tant à Nouméa qu'à Papeete. Avec eux aussi la géographie s'ouvrait sur l'histoire, l'économie, la sociologie.

En effet, le ministère de la Recherche et celui de la Coopération s'étaient laissé séduire par la proposition d'universitaires qui, comme Gilles Sautter ou Alain Huetz de Lemps, entendaient produire des atlas encyclopédiques de la Nouvelle-Calédonie d'abord, de la Polynésie française ensuite. La tâche fut confiée à l'ORSTOM, les programmes de travail définis et les équipes de recherche constituées. Il en sera de même ultérieurement pour l'atlas de Polynésie française dont la coordination a été opérée par le professeur Jean-François Dupon qui a ouvert aussi les centres ORSTOM du Pacifique sur leur environnement anglophone. D'autres géographes, comme Joël Bonnemaison et

Benoît Antheaume, coordonnaient dans le même temps la production d'un atlas sur le Pacifique insulaire, unanimement salué par la communauté scientifique internationale.

Un autre axe de recherche portait sur la réforme foncière en Nouvelle-Calédonie, initiée par Paul Dijoud, le ministre de l'Outre-Mer de M. Giscard d'Estaing. Là aussi, l'analyse fut opérée par des chercheurs de l'ORSTOM tel Patrick Pillon, Alban Bensa ou des universitaires comme Alain Saussol[3] dont *L'héritage* reste un ouvrage des plus marquants sur l'histoire foncière coloniale de la Nouvelle-Calédonie. De même pour la Polyésnie française où Jean Fages, Claude Robineau et François Ravault traitèrent des mêmes problématiques au centre ORSTOM de Papeete. Enfin, Jean-Claude Roux produisit un travail de longue ghaleine sur Wallis et Futuna[4].

La finition de ces travaux salués par nos collègues voisins australiens, néo-zélandais ou américains, eut un effet secondaire important pour les recherches en sciences humaines dans les centres ORSTOM du Pacifique. En effet, les programmes terminés, il n'y avait plus de raison d'être à conserver des chercheurs de sciences humaines et sociales à Nouméa ou Papeete. Et progressivement, ceux-ci sont partis rejoindre d'autres terrains de recherche. Aujourd'hui, cela fait bientôt dix ans que plus aucun programme de recherche d'envergure en sciences humaines n'est en cours dans les centres IRD du Pacifique, mis à part ce qui relève de l'archéologie[5].

Pourtant, au cours des années 1980, des ouvertures prometteuses sur l'extérieur avaient été effectuées par le truchement de l'ORSTOM par des personnalités scientifiques de tout premier plan comme Joël Bonnemaison, Benoît Antheaume ou Gilles Blanchet, détachés une année ou deux, soit à l'université nationale australienne de Canberra ou à la Victoria University de Wellington, soit encore Jean-Pierre Doumenge du CNRS pour servir de relais scientifique français à l'East-West Centre de Honolulu. Jean-Louis Rallu, de l'INED, sera également en détachement à Suva d'abord, à Honolulu ensuite. Ceci aboutit ultérieurement à la traduction d'ouvrages ou d'articles élaborés dans les centres ORSTOM de Nouméa, Papeete ou Port Vila.

A l'université française du Pacifique

Il est des gestations lentes... En effet, c'est le général de Gaulle qui, le premier, évoqua en septembre 1966 à Nouméa l'idée d'établir une université française dans le Pacifique. Le président Mitterrand en parla aussi près de vingt ans plus tard, après l'affaire du Rainbow Warrior. Et c'est grâce l'impulsion du Premier ministre Jacques Chirac qu'elle vit le jour. En effet, pour améliorer l'image ternie de la France dans le Pacifique, il créa un secrétariat d'Etat chargé du Pacifique Sud dont il confia le portefeuille à Gaston Flosse en mai 1986. Entre autres missions[6], Gaston Flosse se devait :

- de mettre en œuvre la création de cette université dans les deux territoires de la République ;
- d'utiliser les centres de recherche français dans la région non seulement comme vitrine de l'excellence scientifique française mais aussi comme instruments de coopération régionale *dans* le Pacifique et *pour* le Pacifique[7].

---

[3] Alain Saussol, *L'héritage. Essai sur le problème foncier mélanésien en Nouvelle-Calédonie*, Paris, 1979, Société des Océanistes, 496 p.

[4] Jean-Claude Roux, *Wallis et Futuna : Espaces et temps recomposés. Chronique d'une micro insularité*, Bordeaux, CRET (Coll. Iles et Archipels), n° 21, 1995, 404 p.

[5] Aujourd'hui, un archéologue de talent est en poste à l'IRD à Nouméa ; son champ de recherche traite de l'origine de la culture matérielle *lapita*. Un autre poursuit inlassablement des travaux dans l'archipel des îles Marquises. Voir *infra*.

[6] Lettre de mission du Premier ministre au secrtaire d'Etat chargé des Problèmes du Pacifique Sud, 23 avril 1986 (Paris n°173/SG).

[7] Réunion de concertation des responsables de la recherche scientifique et technique dans le Pacifique Sud organisée au Centre ORSTOM de Nouméa du 11 au 14 août 1986 sous la responsabilité de M. G. Flosse, secrétaire d'Etat chargé du Pacifique Sud, Paris, août 1986, non paginé. La deuxième réunion de concertation des organismes de recherche et université du Pacifique eut lieu à Papeete en mars 1988, associant Gaston Flosse et Jacques Valade, ministre de l'Enseignement supérieur et de la recherche.

L'UFP fut créée par décret en 1987. Elle ouvrit ses portes d'abord à Nouméa en mars 1988 et à Papeete ensuite en septembre 1988. Les objectifs qui lui étaient fixés étaient doubles :

- assurer sous la forme de DEUG des enseignements de filières générales ;
- organiser la recherche autour de DEA.

C'est à Tahiti que fut tout d'abord organisé un DEA de biologie marine, confié au premier président de l'UFP. En visite à Nouméa en tant que ministre de l'Education nationale, Lionel Jospin annonça sa volonté, dans le prolongement des Accords de Matignon-Oudinot, d'ouvrir une formation doctorale en sciences humaines au centre universitaire de Nouméa. A ses yeux, celle-ci favoriserait une meilleure prise en compte de l'altérité au sein des populations calédoniennes au travers de travaux de recherche qui y seraient entamés et permettrait, par une prise en compte des réalités humaines et sociales, une meilleure insertion de la Nouvelle-Calédonie dans son environnement régional.

Après soumission aux expertises diverses du ministère, une maquette de DEA fut habilitée[8] et le DEA ouvrit en février 1992 avec une promotion de quelque 20 étudiants. L'objectif du DEA intitulé *Espaces, Temps et Sociétés dans le Pacifique insulaire* était de transgresser les barrières disciplinaires pour élargir au maximum les champs d'études portant sur le Pacifique insulaire. La force fut celle des épithètes accolées au terme anthropologie : anthropologie sociale, culturelle, certes mais aussi anthropologie historique, économique, politique ou encore juridique.

A Nouméa, le DEA fut fermé après quatre années d'existence. C'est au Président Paul Néaoutyne que l'on doit d'avoir plaidé, avec succès, sa réouverture auprès du Premier ministre de l'époque, Alain Juppé. Le DEA prend alors un nouvel intitulé : *Sociétés et cultures dans le Pacifique insulaire : dynamismes et mutations.*

Dans le même temps, la présidence de l'université à Papeete soutenait la création d'un DEA *Imago Mundi* qui fonctionna également dans les deux centres universitaires sous l'autorité académique des professeurs Dunis et Jouve. De nature plus littéraire et civilisationniste, ce DEA avait une thématique et un projet inverses par rapport au premier DEA. En effet, les séminaires et les travaux de recherche traitaient essentiellement de la perception que les Occidentaux pouvaient avoir des Océaniens ou encore de la littérature occidentale produite à leur sujet. La demande de réhabilitation auprès des instances ministérielles *d'Imago Mundi* n'ayant pas été effectuée par ses promoteurs, celui-ci n'existe plus.

Ces querelles internes aux deux DEA, propres au milieu universitaire, n'avaient heureusement pas brisé la dynamique enclenchée dès 1992 au sein de la communauté étudiante qui s'était appropriée cette formation ni non plus affecté négativement le réseau de partenaires universitaires australiens, néo-zélandais, fidjien et hawaïen. D'un côté, des étudiants partaient, soit pour une année au Pacific Islands Studies Centre de Honolulu à l'issue de leur DEA sur des fonds américains, les autres pour quelques semaines ou quelques mois à Auckland, Sydney ou Canberra sur les crédits alloués par le ministère au laboratoire de recherche accolé au DEA. Dans le même temps, le soutien des postes diplomatiques français a permis, sous la forme de bourses du MAE, d'accueillir des étudiants australiens et néo-zélandais dans le DEA d'anthropologie. Et d'autres moyens financiers ont pu être obtenus pour accueillir sous la forme de mission d'enseignement des personnalités scientifiques de renom pour venir étoffer les connaissances dispensées lors des séminaires. Enfin, la production scientifique, sous la forme de mémoires de DEA ou de thèses de doctorat, prouvait que les efforts consentis par l'équipe pédagogique sur place donnaient des résultats probants. L'organisation de colloques internationaux dont les actes furent publiés à Paris, Bruxelles ou Canberra solidifia la réputation scientifique régionale et internationale de cette formation doctorale.

---

[8] Cette maquette fut rédigée conjointement en 1991 à Papeete par Eric Conte, alors chercheur en archéologie au centre polynésien des sciences humaines (*Te Anavaharau*) et Paul de Deckker, alors professeur d'anthropologie du Pacifique à l'université de Bordeaux 2-Victor Segalen.

Il est illusoire de fonctionner dans la cohérence avec deux centres universitaires, partenaires dans les DEA, alors qu'ils sont situés à 5000 km de distance, fonctionnant autour d'années académiques différentes, avec une ligne de changement de date qui réduit singulièrement les jours ouvrables communs. Pourtant, les efforts des uns et des autres à Papeete comme à Nouméa sont loin d'avoir été négligeables à cet égard. Aujourd'hui, deux masters recherche distincts en sciences humaines ont été habilités par le ministère de l'Education nationale, l'un pour la Polynésie, l'autre pour la Calédonie. Le challenge pour l'avenir sera d'attirer suffisamment d'étudiants pour les faire vivre dans la durée.

Dans les sociétés savantes et le milieu associatif

L'université et les organismes de recherche d'Etat, fort heureusement, n'ont pas le monopole de la recherche ou de la production des connaissances et du savoir.

La plus ancienne revue, encore en existence sur le Pacifique insulaire, fut fondée à Papeete en janvier 1917[9]. Elle provient de la volonté des membres d'une société savante dont l'existence a perduré jusqu'à nos jours ; d'autres revues naîtront ultérieurement telles que celles qui provient de la société des études mélanésiennes, fondée par le Pasteur Leenhardt en 1938, de la société d'études historiques de la Nouvelle-Calédonie fondée en 1969 et, plus récemment, celle de la société des Amis de Wallis et Futuna en 2000 ou encore du laboratoire de recherche en sciences humaines de Polynésie française en 2001[10]. Dans leurs bulletins ou ouvrages, ces sociétés s'intéressaient essentiellement à l'ethnographie et à l'histoire, en *honnête homme*. Par la suite, elles ont pris une dimension plus scientifique et ont servi de supports à des publications de type plus universitaire dans des champs disciplinaires dont elles ont parfois impulsé le dynamisme comme en archéologie, en linguistique ou encore en ethnologie.

De même des associations ont été créées avec l'objectif par exemple, de favoriser *la diffusion des thèses sur le Pacifique francophone* (Thèse Pac)[11] ; en ayant recensé la grande majorité des thèses et mémoires en français sur la Nouvelle-Calédonie et le Pacifique insulaire, cette association a fait œuvre très utile. Il en est de même pour *les cahiers du patrimoine*[12] que le ministère de la Culture de Polynésie française subventionne, évitant ainsi que des savoirs traditionnels ne se perdent par l'oubli. Ces savoirs, ces connaissances sont dans le même temps valorisés et appréciés.

Perspectives

Si l'on cherche à les recenser, les axes de recherche en sciences humaines et sociales opèrent autour des questions liées à l'identité ou à l'altérité, dans leurs confrontations entre tradition et modernité, dans leurs contingences spatiales et temporelles, dans leurs dimensions communautaires et sociétales. Plus récemment, on entend donner à ces diverses thématiques une dimension relative au développement durable.

---

[9] *Bulletin de la Société des Etudes océaniennes* qui est régulièrement publié à Papeete. La Société fonctionne par le biais d'un association type loi 1901. Longtemps, elle fut gérée par des mécènes, épris de découvertes et de connaissances sur la Polynésie orientale.

[10] Respectivement *Etudes mélanésiennes* (Nouméa), *Bulletin scientifique de la Société d'Etudes historiques* (Nouméa), *Les cahiers de Wallis et Futuna* et *Bulletin du LARSH* (Tahit).

[11] Association pour la diffusion des thèses sur le Pacifique francophone (Thèse Pac), *Nouvelle-Calédonie. Terre de recherches. Bibliographie analytique des thèses et mémoires*, Nouméa, s.d., Bulletin 9-10, 258 p.

[12] A titre d'exemples, *Histoire et traditions de Huahine & Bora Bora,* Cahier du Patrimoine n° 1, (Savoirs et traditions) Puta Tumu, Papeete, 2000, Ministère de la Culture de Polynésie française, 89 p. ; *Porapora i te fanau tahi (mille ans de mémoire)*, Cahier du Patrimoine n° 2, (Savoirs et traditions) Papeete, 2001, Ministère de la Culture de Polynésie française, 80 p. ; Michel Bailleul, *Les îles Marquises. Histoire de la Terre des Hommes du XVIIIème à nos jours*, Cahier du Patrimoine n° 3, (Histoire) Papeete, 2001, Ministère de la Culture de Polynésie française, 227 p.

En archéologie :

C'est probablement dans le domaine archéologique que les chercheurs français ont le plus essaimé : ils fouillent à l'île de Pâques[13], aux îles Marquises[14], dans les Tuamotu[15], en Nouvelle-Calédonie[16], à Vanuatu[17], parmi d'autres, et ils le font aussi aux îles Fidji[18]. C'est autour de trois programmes fondamentaux que s'articulent leurs recherches, financées ponctuellement tant par le CNRS, l'IRD ou l'Université de la Polynésie française que par les instances politiques polynésienne et calédonienne. Les uns travaillent à la question du premier peuplement des différents archipels du Pacifique insulaire : Australie, Nouvelle-Guinée et Salomon durant le pleistocène[19] tout d'abord, les deuxièmes sur l'archéologie du Pacifique central avec le complexe *Lapita* qui débuta il y a 3000 ans, et enfin, les troisièmes sur l'expansion des Polynésiens à partir du début de notre ère vers les trois sommets du triangle polynésien : Pâques, Hawaï et Nouvelle-Zélande. Les chercheurs français actuellement en fonction prolongent ainsi les travaux initiés par leurs aînés mais ils manquent cruellement de supports budgétaires pour contribuer au développement de travaux archéologiques ou ethno-archéologiques plus ambitieux. Ils s'insèrent dans les contextes universitaires australiens, néo-zélandais, américains et japonais et l'on doit à leur patient labeur, mieux reconnu à l'étranger qu'en France métropolitaine, la présence de la recherche française en archéologie du Pacifique dans le Pacifique[20]. Alors que l'archéologie océanienne se spécialise au plan technique avec le recours aux séquences ADN animales et humaines, avec l'étude des caractères phénotypiques humains, il est décevant de constater que, par rapport aux nombreuses créations de postes en archéologie dans les pays industrialisés du pourtour du Pacifique, la France et ses territoires du Pacifique recrutent en moyenne tout au plus un ou deux archéologues par décennie. L'archéologie dans les entités françaises du Pacifique continue de bénéficier aux chercheurs statutaires du pourtour de l'océan puisqu'ils n'ont pas besoin de permis de recherche, ce qui n'est pas le cas au sein des micro-Etats constitutionnellement indépendants. L'objectif d'avenir sera donc d'accompagner l'émergence d'une école d'archéologie du Pacifique océanienne autonome, pilotée, en partenariat, par les chercheurs océaniens eux-mêmes. Et ce sera à eux de déterminer leurs propres thèmes de recherche, d'analyse et de réflexion.

En histoire contemporaine :

Dans le domaine des recherches historiques contemporaines, un réseau informel de chercheurs s'est constitué à Nouméa à l'issue du colloque international de 1993 sur *le peuplement du Pacifique et de la Nouvelle-Calédonie au XIXè siècle : Condamnés, Colons, Convicts, Coolies, Chang Dang.* Depuis, sous l'impulsion d'un jeune professeur d'histoire contemporaine à l'UNC[21], de nombreuses publications sont parues à l'issue des réflexions de groupes d'historiens dont il a animé les travaux et c'est au sein de l'Institut des Mondes Océaniens et Australasiens qu'il continuera, entre autres, à encadrer les recherches historiques propres à la Nouvelle-Calédonie à Wallis et Futuna, à la Polynésie

---

[13] Michel Orliac (CNRS)

[14] PierreOttino, IRD, "Peuplement et environnement, archéologie d'une vallée des îles Marquises"

[15] Eric Conte (UPF). Son HDR *L'archéologie en Polynésie française. Esquisse d'un bilan critique*, Papeete, 2000, Au Vent des Iles, 302 p.

[16] Christophe Sand, André Ouetcho, Jacques Bole (Département Archéologie, Service territorial des Musées et du Patrimoine, Nouméa), Anne-Marie Semah, Dominique Guillaud, Hubert Forestier (IRD).

[17] Jean-Christophe Galipaud qui fut créé avec D. Frimigacci le LEAO (laboratoire d'ethno-archéologie de l'Orstom) à la fin des années 1980. Il accueillit des doctorants allocataires de recherche et sa problématique scientifique traite de "l'histoire du peuplement des îles et de la transformation des paysages". Par la suite, J-C Galipaud, sur un financement européen, traita de "l'inventaire des sites culturels et historiques du Vanuatu".

[18] Enjeux économiques et fonciers, gestion des espaces insulaires à Fidji, à Vanuatu et en Nouvelle-Calédonie au début des années 1990 (J.C., Galipaud, A. Walter, P. Pillon).

[19] J-C. Galipaud & Ian Lilley (ed.), *Le Pacifique de 5000 à 2000 avant le présent (The Pacific from 5000 to 2000 BP) Colonisation and transformations*, Paris, 1999, IRD, 619 p.

[20] Christophe Sand & Patrick V. Kirch, *L'expédition archéologique d'Edward W. Gifford et Richard Shutler Jr. En Nouvelle-Calédonie au cours de l'année 1952 - Edward W. Gifford and Richard Shutler Jr's Archaeological Expédition to New Caledonia in 1952*, Nouméa, 2002, 192 p.

[21] Calédonien de naissance, le Pr Frédéric Angleviel, qui a produit une thèse sur l'histoire de la mission à Wallis et Futuna à Montpellier, a beaucoup œuvré pour coordonner les études historiques sur la Nouvelle-Calédonie et le Pacifique insulaire.

française et au Pacifique insulaire en général. A Tahiti aussi, les travaux d'histoire contemporaine sont le fait d'enseignants-chercheurs[22], parfois isolés, mais qui travaillent aussi tant sur les personnalités que sur les partis politiques polynésiens. Un récent ouvrage collectif sur le premier septennat de François Mitterrand et le Pacifique forme une somme très appréciée et qui restera dans les annales[23]. D'autres à Tahiti, juriste ou politologue ont publié sur l'histoire de la Polynésie française et sur l'Océanie[24]. Grâce à eux tous, des questions historiques de fond sont enfin abordées et leurs travaux "d'inventaire et de décorticage des héritages emboîtés[25]" participent à la construction des destins communs des archipels considérés.

En linguistique océanienne :

Dans le domaine de la linguistique océanienne, les enseignants-chercheurs, tant à Nouméa[26] qu'à Papeete[27], oeuvrent dans la production lexicographique, grammaticale et syntaxique. La production d'un atlas linguistique de la Polynésie française a été décidée et le travail a déjà débuté[28]. C'est une œuvre de longue haleine, qui se réalisera également au travers de partenariats universitaires régionaux. L'enseignement des langues kanak et du reo ma'ohi à l'université est un grand pas effectué dans les quêtes identitaires qui passent automatiquement par l'appropriation linguistique. C'est à cet égard aussi qu'une expérimentation pour l'introduction des langues et de la culture kanak à l'école primaire a commencé en partenariat entre le laboratoire *Transcultures* de l'Université de la Nouvelle-Calédonie et l'Institut de Formation des Maîtres de la Nouvelle-Calédonie. Il s'agit de favoriser la réussite scolaire de l'enfant de langue maternelle kanak, de sauvegarder dans le même temps le patrimoine culturel et linguistique kanak et de favoriser la compréhension entre les communautés. Cette expérimentation didactique aura vocation à s'exporter vers d'autres situations plurilinguistiques dans la mesure où elle met en avant le développement intellectuel de l'enfant. Les études littéraires, qui sont aussi partie prenante du laboratoire *Transcultures*[29] à Nouméa, préconisent la valorisation de la littérature océanienne, et surtout calédonienne par voie d'éditions savantes et publications portant sur l'élucidation, la collecte et l'interprétation des textes.

En ethnologie-anthropologie :

Alors que le Pacifique insulaire a donné la plupart des fondements théoriques de l'anthropologie classique avec des Bronislav Malinowski, des Margaret Mead ou des Maurice Godelier, il convient d'admettre qu'elle est le parent pauvre actuellement des sciences humaines dans les PTOM français et ailleurs d'ailleurs.
Indisposerait-elle ?

En anthropologie sociale :

Pourtant, les principaux axes de recherche en anthropologie sociale concernent essentiellement des phénomènes qui requièrent des traitements socio-politiques urgents :

- désœuvrement des jeunes en situation urbaine, squats et insalubrité, violences et délinquances
- confrontation et adéquation entre tradition et modernité au sein des tribus en Calédonie, des *kolo* ou village à Wallis et Futuna, des districts et des archipels périphériques en Polynésie française

---

[22] Jean-Marc Regnault et Bruno Saura, par exemple.

[23](sous la direction de Jean-Marc Regnault), *François Mitterrand et les territoires français du Pacifique (1981-1988)*, Paris, 2004, les Indes savantes, 584 p.

[24] Bernard Gille, Semir Alwardi, Jacques Binoche.

[25] Formule du Pr Frédéric Angleviel (note à Paul de Deckker)

[26] Jacques Vernaudon, Léonard Sam à Nouméa et en partenariat avec l'INALCO, le Pr Michel Aufray, et le CNRS, Claire Moyse-Faurie.

[27] Pr Louise Peltzer

[28] Son élaboration a été confiée par le ministère de la Culture de la Polynésie française à Jean-Michel Charpentier, directeur de recherche au CNRS.

[29] Placé sous l'autorité scientifique du Pr Dominique Jouve.

- phénomènes migratoires avec les processus d'adaptations urbaines, les reconstructions tribales ou insulaires et les phénomènes d'exclusions

En anthropologie culturelle :

Les mythologies, les croyances et les religions au sein des entités du Pacifique sont des fondements culturels évidents. Elles ne sont pas figées comme le démontre l'émergence des sectes et leur intrusion dans les tissus sociaux qui apparaissaient jusque-là impénétrables. La question de la culture de l'oralité et de la culture de l'écrit se doit d'être constamment réinterprétée en fonction du fait que l'oralité gagne du terrain sur l'écrit avec l'omniprésence envahissante des media télévisuels et radiophoniques. Une littérature écrite océanienne émerge néanmoins et il convient de poursuivre l'analyse de ses raisons d'être, des valeurs qu'elles préconisent et ses impacts identitaires. Enfin, perpétuer par les récits de vie sous forme de biographies l'existence de ceux et de celles qui ont marqué leur époque et qui nourrissent les visions d'avenir. Ils ne sont pas que politiques, ils peuvent être aussi scientifiques, religieux ou charismatiques.

En anthropologie politique :

L'anthropologie politique est un champ disciplinaire qui doit beaucoup aux travaux de Georges Balandier, le célèbre africaniste. Au sein d'IMOA, nous avons voulu l'introduire et le développer au regard des réalités régionales en Océanie insulaire. Quels sont les liens qui transgressent les frontières insulaires nationales ou territoriales ? Comment passe-t-on de l'appréciation au niveau du village ou de la tribu à celle de l'Etat Nation ou encore à celle de la mondialisation ? Le fait institutionnel s'exprime sous de multiples facettes dans les îles, imbriquant étroitement coutume et modernité (monarchie tongienne ou wallisienne avec le système du pouvoir acquis, démocratie mélanésienne avec le système du pouvoir à acquérir, *Pacific Way,* voie consensuelle dans les mécanismes électif, etc.). Les relations qu'entretiennent les entités françaises du Pacifique avec l'Etat français forment en elles-mêmes une source inépuisable pour la recherche ainsi que les phénomènes d'attraction-répulsion entre les peuples premiers et les ressortissants métropolitains[30]. Tout ceci bien sûr débouche sur une géopolitique du Pacifique insulaire qu'il reste à affiner et qui porte également sur les questions lancinantes du développement durable et de la bonne gouvernance.

Conclusions

Il est indéniable que les recherches en sciences humaines et sociales ont été, sont et seront productives dans les PTOM français du Pacifique. En dépit des distances géographiques, il convient de favoriser le maintien des synergies entre les universités et les organismes de recherche non seulement au sein de l'outre-mer français du Pacifique mais aussi avec les partenaires anglophones. Nous sommes appréciés par nos voisins anglophones dans les travaux que nous conduisons ; nous les présentons de plus en plus en anglais et je suis favorable à cette démarche qui reste une démarche d'ouverture scientifique, celle de nous faire connaître et reconnaître par le jugement des pairs.

Sans doute convient-il de déterminer des programmes fédérateurs tels ceux des atlas des années 1970-1990. Sans préjuger des débats de l'atelier 4 aux Assises de la Recherche d'août 2004, je propose dès maintenant la mise en route de deux programmes :

- le premier sur le développement durable au bénéfice, en priorité, des populations
- le second sur les moyens à mettre en œuvre pour réduire les fractures socio-économiques tel que voulu par le chef de l'Etat.

Au-delà de ces intentions, il convient aussi de

- repenser les dispositifs de financement de la recherche en sciences humaines et de l'étoffer par la voie contractuelle
- solliciter les organismes parisiens tant ministériels que de recherche pour obtenir des bourses spécifiques ou fléchées en partenariat avec les PTOM

---

[30] Bruno Saura, *des Tahitiens, des Français, leurs représentations réciproques aujourd'hui,* Papeete, 1998, Ch. Gleizal, 111 p. ; Coll., *Etre Caldoche aujourd'hui,* Nouméa, 1994, Ile de Lumière, 256 p. A titre d'exemples, bien sûr.

- de solliciter pour des programmes de recherche régionaux intégrés le FED, la Banque mondiale, l'UNESCO et d'envisager que les PTOM et les pays Pacifique relevant des ACP s'accordent pour effectuer des demandes en commun sur leurs programmes indicatifs nationaux
- enfin, et l'on peut rêver, de programmer l'ouverture de la Maison européenne de la Mélanésie à Nouméa qui aura, le cas échéant, vocation à mieux identifier la richesse et la diversité des ressources humaines en Mélanésie. Sans exclusive bien sûr, car il en ira aussi des ressources marines, végétales, minières.

Post scriptum

Le conseil d'administration en formation plénière de l'université de la Nouvelle-Calédonie a décidé à une large majorité lors de sa séance du 23 septembre 2004 de ne pas ouvrir le mastère recherche de sciences humaines et sociales, le seul mastère recherche habilité par le ministère de l'éducation nationale dans l'établissement. La fermeture de cette formation à la recherche « sociétés du Pacifique insulaire », qui se substituait au DEA d'anthropologie ouvert en 1992 à Nouméa, clôt dès lors une page de l'histoire mouvementée de l'université de la Nouvelle-Calédonie.

Archéologie et développement : les enjeux d'une science du passé dans des îles en devenir

Eric CONTE
Université de la Polynésie française et
UMR 7041 « Archéologie et Sciences de l'Antiquité », Paris I, CNRS, Paris X, eric.conte@upf.pf

Il m'a été demandé de faire une présentation sur le thème suivant : archéologie et développement. Si je crois savoir un peu ce qu'est l'archéologie, je dois avouer mon embarras quant au sens à donner au terme de « développement » qui me semble ambigu à bien des égards. J'ai adopté une définition résolument optimiste – et sans doute bien naïve - de ce terme. J'ai en effet considéré qu'il s'agissait d'un changement qualitatif, adopté par les communautés elles-mêmes et non imposé de l'extérieur, apportant une amélioration de leur vie socio-économique, politique et culturelle.
La question que je souhaite aborder pourrait se résumer à examiner la place de l'archéologie dans un tel processus que l'on supposera en cours dans les sociétés du Pacifique, même si les choses sont sans doute plus complexes et nuancées. C'est ce que résume la formule que j'ai accolée au thème qui m'était proposé « les enjeux d'une science du passé dans des îles en devenir ».

Quelques mots à présent sur l'archéologie. Rappelons, puisque la confusion existe, que les archéologues (à la différence des collectionneurs) n'ont pas pour intérêt exclusif les objets ou les « vieilles pierres » fussent-elles celles de prestigieux monuments. Ce qu'ils recherchent, c'est avant tout la connaissance et la compréhension des sociétés du passé, en l'occurrence des sociétés océaniennes avant l'arrivée des Européens en ce qui me concerne. En cela l'archéologue est un anthropologue et un historien. Ses archives sont les traces laissées par les hommes du passé à la surface du sol ou enfouies sous terre. Ces traces remontent bien avant l'introduction de l'écriture et vont bien au-delà des limites de conservation de la mémoire par les traditions orales. Aussi, l'archéologie, permet-t-elle de donner une certaine perspective temporelle sur la longue durée aux phénomènes qu'étudient nos collègues anthropologues et historiens. Elle seule aide à aborder les modes de vie et de pensée des premières populations qui s'installèrent il y a plusieurs dizaines de milliers d'années en Australie ou en Nouvelle-Guinée, 3000 ans en Nouvelle-Calédonie et peut-être à peine un peu plus d'un millénaire dans la partie la plus orientale de la Polynésie. Les fouilles archéologiques ont débuté très tardivement dans le Pacifique - après la deuxième guerre mondiale dans la plupart des lieux - et cela explique en partie le fait que bien des espaces restent inconnus aux archéologues. Aussi, de grandes zones d'ombre demeurent dans la connaissance que nous possédons sur les sociétés pré-européennes ou, si l'on regarde la situation d'un point de vue plus positif, un vaste champ de recherche s'ouvre encore devant nous, à condition évidemment de disposer des moyens matériels et humains de l'explorer.

Après ces quelques remarques liminaires, je voudrais aborder dans un premier temps la question de la place de l'archéologie (c'est-à-dire en fait pour l'essentiel de la gestion du patrimoine archéologique) dans le cadre des projets de développement économiques. Parce que, comme on l'a dit, les traces matérielles constituent la base documentaire de laquelle l'archéologie tire ses connaissances, mais aussi parce que certains de ces vestiges sont investis culturellement et « sentimentalement » par les populations, l'archéologie se trouve au cœur de tensions importantes concernant le développement économique et les destructions éventuelles qu'il suppose. C'est donc une question fondamentale non

seulement dans l'optique particulière de la recherche qui nous concerne en priorité ici, mais aussi d'un point de vue culturel au sens le plus large avec une forte implication des populations au-delà de la seule communauté scientifique. Je m'appuierai sur la situation de la Polynésie française qui, peu ou prou, est exemplaire de conditions rencontrées ailleurs dans la région (Conte, 2000).

Parler d'archéologie en Polynésie c'est, pour tout un chacun, faire référence aux *marae*, un terme que l'on peut traduire par « temple », même si les *marae* étaient bien plus que cela. Mais bien d'autres monuments et aménagements pré-européens sont encore visibles en surface. L'on a coutume de regrouper ces vestiges du passé sous le vocable un peu galvaudé de « patrimoine » archéologique. Cependant, concernant l'archéologie, la notion de patrimoine, quoique commode, peut être trompeuse. En effet, elle fait référence à des éléments connus, en général des monuments, qu'il conviendrait dans le meilleur des cas de protéger. Mais sont tout aussi précieux des vestiges du passé restant à découvrir, enfouis qu'ils sont sous la terre. Leur intérêt réside justement dans le fait que, n'étant pas encore connus, ils sont potentiellement porteurs de réponses à des questions à ce jour irrésolues. Ces traces, si elles peuvent être des monuments et des objets, parfois de grande valeur esthétique, consistent aussi en de simples échantillons de charbon susceptibles d'être datés par le carbone 14 ou en quelques pollens fossiles qui, par exemple, ont permis d'affirmer que l'île de Pâques était jadis boisée. De tels indices n'ont de valeur que scientifique et, s'ils disparaissent sans avoir été étudiés, c'est notre capacité de connaissance qui se trouve amputée et peut-être, dans certains cas, à jamais compromise. Or la connaissance scientifique fait aussi partie du patrimoine culturel des hommes d'aujourd'hui, au même titre que leurs légendes ou leurs monuments, même s'il s'agit d'un patrimoine particulier que nous avons plus le devoir d'enrichir que de conserver en l'état.

Entendons-nous bien : s'intéresser au passé des Océaniens et à ce que l'on nomme le « patrimoine archéologique » ne signifie pas concevoir la vie dans un rétroviseur. Toutes les traces du passé ne sont pas d'un intérêt équivalent d'un point de vue scientifique, culturel, voire économique. Il est évident que la surface des zones utilisables étant limitée, si l'on veut modifier l'espace pour répondre aux besoins d'aujourd'hui, il faut hélas détruire des aménagements qui correspondaient à ceux des hommes d'hier. Eux-mêmes d'ailleurs n'hésitèrent jamais à remodeler sans cesse leurs environnements, écologiques ou culturels, pour les adapter à leurs modes de vie. Le problème est sans doute qu'en ce domaine comme dans d'autres les moyens d'action actuels (bulldozers et engins de terrassement divers) sont d'une redoutable efficacité. Les menaces, jadis localisées et superficielles, portent aujourd'hui sur des surfaces considérables et sont susceptibles d'atteindre des vestiges archéologiques profondément enfouis sous terre.

De grands projets d'aménagements (routes, aérodromes ont récemment été lancés en Polynésie. Le plus considérable d'entre eux vient d'être abandonné, mais d'autres verront le jour et la question de leur impact sur le patrimoine archéologique sera récurrente. Car il est évident que ces travaux représentent une menace certaine sur le patrimoine archéologique au sens large, tel que défini plus haut. Tous les pays développés ont été confrontés à ce type de problème et ont dû résoudre, d'une manière ou d'une autre, la question de savoir comment réaliser les aménagements jugés nécessaires tout en ayant un impact le plus limité possible sur les vestiges du passé.

Pour définir sur le long terme une vraie politique de gestion du patrimoine archéologique, il importe tout d'abord de disposer d'une « carte archéologique » permettant d'inventorier systématiquement les monuments de surface et de recenser les découvertes faites en sous-sol. Cela afin de disposer et de faire bénéficier les décideurs d'une information sans cesse mise à jour sur le patrimoine archéologique. Cet outil, servi par un logiciel informatique, doit aussi aider à établir des prédictions sur le potentiel archéologique en sous-sol de telle ou telle zone, ce qui est utile autant pour la recherche que pour d'éventuelles opérations de sauvetage. Des efforts ont récemment été faits en ce sens par le Gouvernement de la Polynésie, mais il faut dans les années à venir rendre l'outil plus performant et l'étendre à l'ensemble des îles.

Il est aussi essentiel de se doter d'un cadre juridique adapté. Les réglementations en vigueur ne concernent que les sites connus (supposés pouvoir être protégés par des mesures de classement) et rien

n'est prévu lorsque des travaux sont engagés, par exemple une route, pour assurer la protection des sites ou leur étude avant destruction si cette dernière est inévitable.

Depuis 1984 la Polynésie française est compétente en matière d'archéologie. Cette compétence, légitime puisqu'il s'agit d'un patrimoine culturel, est évidemment assortie de devoirs : devoir d'étudier et de protéger, notamment. D'où l'urgence qu'il y a à prendre des mesures autant d'organisation que d'ordre juridique pour faire face à ces responsabilités. Toutefois, les statuts de large autonomie dont disposent les Pays d'Outre-Mer, ne dispensent pas l'Etat de se soucier de ces questions. En effet, la France a signé à Malte, le 16 janvier 1992, la *Convention européenne pour la protection du patrimoine archéologique* et, à ce titre, elle est tenue de faire de l'archéologie préventive (Demoule et al. 1999). Lui est-il possible de se soustraire à cette obligation en Polynésie française ou ailleurs ? La loi sur l'archéologie préventive (loi n°2001-44 du 17 janvier 2001), même si elle a été sévèrement amendée par la suite, répond enfin aux enjeux d'une protection du patrimoine archéologique dans le cadre d'une société moderne. Or, cette loi n'est pas applicable à la Polynésie française, ce qui ne signifie bien sûr pas que ce type de mesure y serait inutile. Au contraire, il serait souhaitable que la Polynésie française prenne, à son niveau en fonction de ses besoins et de ses contraintes, des dispositions pratiques et juridiques de même ordre. Mais à mon sens, quoique important, cet aspect juridique est finalement secondaire et demeure tributaire d'un débat de fond, très politique au meilleur sens du terme, qui concerne le rapport que la société polynésienne d'aujourd'hui souhaite entretenir avec son passé.

J'ajouterais qu'une politique d'archéologie préventive permet un essor considérable de la recherche et des connaissances. Aujourd'hui en métropole la très grande majorité des découvertes archéologiques qui révolutionnent parfois nos connaissances –par exemple sur les Gaulois – se font dans le cadre de travaux liés à des projets d'aménagements.

Enfin, j'insisterais sur le fait que loin d'être un frein au développement économique, la protection du patrimoine archéologique, la restauration et la mise en valeur des sites les plus remarquables peut aussi, à travers le tourisme, en être un des moteurs essentiels.

Je voudrais à présent examiner en quoi et comment la recherche archéologique peut être associée, pour parler de manière rapide, au développement culturel des populations du Pacifique. La question est très vaste et je n'ai guère la prétention de la saisir dans son exhaustivité ni même de réussir à prendre la mesure de sa complexité. Je veux seulement essayer de m'interroger sur l'éventuelle utilité, les ambiguïtés et parfois les difficultés de l'archéologie dans des milieux culturels en constante transformation, tiraillés entre des tensions contraires, parfois écartelés entre des modèles culturels hérités du passé et ceux proposés par l'Occident. Une discipline très occidentale dans sa philosophie, dans sa pratique comme dans sa finalité, est-elle utile au développement culturel des populations actuelles, notamment autochtones ?

Les processus d'acculturation en action depuis le contact avec l'Occident ont partout modifié, de manière certes inégale selon les lieux, les manières de vivre et de penser. La façon ancienne de percevoir le monde, la relation au temps, à l'espace, aux autres, ont progressivement été délaissées au profit des valeurs occidentales ou du moins de reformulations syncrétiques intégrant ces dernières. Si bien que, de manière à mon sens abusive mais qui traduit cependant une certaine réalité, on a pu parler de « peuple amnésique » à propos notamment des Polynésiens. Aussi, les archéologues se sont assignés la tâche de rendre au peuple polynésien sa mémoire perdue. Pourtant, entre le projet et sa réalisation, il demeurera toujours le fait que les informations fournies par l'archéologie ne possèdent ni la même teneur ni les mêmes rythmes que les récits traditionnels, vecteurs de la mémoire collective ancienne. A défaut de rendre une mémoire en partie à jamais évanouie, l'archéologie pourrait enseigner aux Polynésiens une histoire, leur Histoire, mais selon les problématiques et les cadres de la science historique occidentale. N'est-ce pas une étape nouvelle - et sans doute inéluctable - dans une acculturation dont, à travers "l'amnésie", on dénonçait les effets ?
Or en Polynésie, le passé, quoique pour la plus grande part tombé dans l'oubli, est revendiqué par les hommes d'aujourd'hui, perçu comme composante de leur présent. Sujet d'étude pour les sciences humaines occidentales, il représente pour les populations un enjeu culturel majeur dans une quête identitaire récente mais légitime, même si, comme c'est normal, elle n'échappe pas toujours à

certaines outrances. Il y a donc une demande certaine, une vraie curiosité des populations polynésiennes sur un passé perçu sous la forme parfois contradictoire de l'attirance que possèdent les paradis perdus, et de la répulsion de ces temps païens et prétendus cannibales. L'archéologie, science du passé, se doit de répondre à cette demande et elle trouve là toute son utilité.

Pourtant, parce qu'elle touche à des vestiges matériels sur lesquels se projettent les conceptions contradictoires des Polynésiens d'aujourd'hui, la pratique de l'archéologie est parfois problématique.

Ainsi, appliquant et représentant une certaine logique scientifique et rationnelle, l'archéologue doit souvent s'inscrire en faux contre les croyances, le plus souvent entachées de syncrétisme, qu'une partie de la population, pas seulement rurale et peu éduquée, entretient à propos des sites sur lesquels il travaille, notamment les espaces cultuels et funéraires. Il doit conjurer la terreur qu'inspirent les forces surnaturelles que ses interventions pourraient réveiller et ses excavations libérer. Mais il y a plus délicat : dans bien des endroits du Pacifique il est devenu impossible d'effectuer des fouilles sur les sépultures, considérées comme autant de profanations. Cela est évidemment compréhensible puisque ces sépultures sont souvent de faible ancienneté et que les habitants actuels les reconnaissent comme celles de leurs ancêtres. Pourtant, ne plus fouiller de sépultures, constituerait une perte irréparable pour la connaissance des populations du passé dans plusieurs domaines : rituels funéraires, caractères physiques, pathologies, démographie, entre autres. C'est aussi par l'ADN extrait des os que l'on peut espérer obtenir des informations fiables sur l'origine des populations et sur le processus de peuplement du Pacifique. Autant de questions qui intéressent bien sûr les chercheurs mais qui sont au cœur des intérêts des populations elles-mêmes. Il nous faut donc faire davantage d'efforts d'explication sur nos objectifs et nos méthodes afin de convaincre de l'utilité de ces recherches dont on comprend qu'elles puissent choquer les mentalités.

Ces quelques remarques sur le rôle dévolu aux archéologues et à notre discipline dans la société polynésienne d'aujourd'hui, ne doivent pas seulement être perçues sous ces aspects problématiques. C'est avant tout la preuve que notre travail a un impact socio-culturel sans comparaison avec celui de nos collègues en métropole Bien des exemples de collaborations avec des communautés parfois très éloignées des centres urbains et vivant sur certaines valeurs héritées du passé montrent à la fois ce désir de savoir et la capacité à accepter des travaux pourtant sensibles et même à y participer activement. Je prendrais pour exemple les recherches que j'ai effectuées pendant plusieurs années sur les atolls de Napuka et Tepoto aux Tuamotu et qui ont, outre de nombreuses enquêtes ethnographiques, porté sur la fouille avec des membres de cette communauté de 32 sépultures sur un *marae* (Conte & Dennison, 1995 ; Conte, 1996) –. Aujourd'hui, avec mon collègue Pascal Murail, nous conduisons un programme de recherche sur l'atoll désert de Temoe dans l'archipel des Gambier où, avec l'aide de jeunes originaires de l'île voisine, nous fouillons, entre autres, des sépultures.

Pour conclure, et sans vouloir trop jouer avec les mots, je dirais que si l'on veut que l'archéologie ait un rôle positif dans le développement, il conviendrait aussi de développer l'archéologie, notamment celle qui nous préoccupe ici, l'archéologie française.

Alors que nos collègues anglo-saxons, disposant de moyens parfois considérables, travaillent de plus en plus dans les pays francophones de la zone (ce qui est une très bonne chose), qu'en est-il de la recherche française ? Une poignée de chercheurs, ne pouvant se rendre que de façon très épisodique sur le terrain ; un seul cursus complet d'enseignement de la Préhistoire océanienne dans toute l'Université française ; des doctorants sans moyens pour leurs recherche et sans plus d'espoir sur leur avenir... Or la préhistoire océanienne offre des perspectives scientifiques énormes et aurait besoin d'un solide renfort pour faire face autant aux enjeux de la recherche qu'à ceux, plus larges, de la politique culturelle dans la région.

Il est à craindre que la convergence de la politique locale tendant vers plus d'autonomie et de la politique nationale vers davantage d'économies ne conduise à marginaliser les travaux des chercheurs français non financés par la métropole et pas obligatoirement soutenus par les Pays

d'Outre-Mer. L'avenir de l'archéologie française dans le Pacifique demeure donc largement tributaire de l'évolution, dans les années qui viennent, de l'environnement politique et culturel des pays sur lesquels portent ses investigations et du niveau d'investissement scientifique que voudra y consentir la France.

Références bibliographiques

Conte, E., Dennison, J. (1995)
An anthropological study of the burial in marae Te Tahata, Tepoto (Tuamotu Archipelago, French Polynesia), Journal of the Polynesian Society, Vol. 104, N° 4, p. 397-427.

Conte, E. (1996)
Un cas de mémoire tronquée : les sépultures du marae Te Tahata de Tepoto (archipel des Tuamotu, Polynésie française) in Mémoire de pierre, mémoire d'homme. Tradition et archéologie en Océanie. Hommage à José Garanger, sous la direction de M. Julien et al., Publication de la Sorbonne, p. 75-94.

Conte, E. (2000)
L'archéologie en Polynésie française. Esquisse d'un bilan critique. Au vent des îles, 302 p.

Demoule, J.P., Pecheur, B. et Poignant, B. (1999)
L'organisation de l'archéologie préventive en France. Les nouvelles de l'archéologie, N°75, p. 5-13.

Le peuplement océanien du Pacifique : de la recherche archéologique à l'histoire océanienne

Christophe SAND
Département Archéologie, Service des Musées et du Patrimoine de Nouvelle-Calédonie

« Au début, il n'y avait que la mer et le Pulotu, la résidence des esprits. A la surface des eaux flottaient des algues et de la terre, qui finirent par s'amalgamer et échouer à Pulotu. Mais ces deux éléments furent bientôt séparés, car entre eux surgit un rocher, appelé Touia'o Futuna. Quelque temps plus tard, une série de secousses étranges parcourut le rocher et en fit sortir des jumeaux, garçon et fille, frère et sœur, Piki et Kele. Trois autre fois, le rocher trembla, et trois autres paires de jumeaux, garçon et fille, frère et sœur, apparurent. C'est le début de l'histoire de Tonga ».

Introduction

A la demande des organisateurs, cette communication présente un état de la connaissance sur le peuplement de l'Océanie, à partir des données archéologiques issues du travail de trois générations de chercheurs. Longtemps le domaine d'amateurs, la recherche archéologique dans le Pacifique ne s'est développée de façon significative qu'à partir des années 1970. Elle se caractérise aujourd'hui par une prépondérance massive de chercheurs anglo-saxons issus des pays du pourtour océanien - USA, Australie, Nouvelle-Zélande – ainsi qu'une montée en puissance des chercheurs japonais. La quinzaine d'archéologues francophones statutaires travaille de façon prépondérante sur les possessions françaises (Polynésie française, Wallis-et-Futuna, Nouvelle-Calédonie), certains de ces chercheurs développant des programmes ciblés courts sur d'autres archipels de la région.
La grande majorité des îles du Pacifique n'a pas été étudié dans une perspective archéologique, des questionnements entiers restent à être abordés, mais un cadre chronologique relativement structuré a néanmoins émergé des résultats de fouilles et permet de définir dans ses grandes lignes la progression humaine à travers le Grand Océan. Je présenterai dans une première partie les grandes lignes de cette chronologie, en soulignant quelques contributions de la recherche française dans ce domaine, avant de m'attacher à identifier certains axes de recherches à développer dans la prochaine décennie, replacés dans les contextes culturels propres au Pacifique contemporain.

Les premiers océaniens

La plus ancienne phase de peuplement de l'Océanie est à rattacher à l'expansion de l'homme moderne à travers la planète. Les ancêtres des plus anciens océaniens étaient probablement présents dès 75 000 ans en Asie du sud-est, qui formait à l'époque le bloc continental de Sunda. Tentant pour la première fois dans l'histoire de l'humanité des navigations en haute mer vers l'est, probablement sur de simples radeaux se déplaçant d'île en île à travers la Wallacea, certains de ces aventuriers finirent il y a environ 50 000 ans par atteindre le sous-continent de Sahul, formé de l'actuelle Australie, de la Tasmanie et de la Nouvelle-Guinée.

Ce premier peuplement humain de Sahul n'était pas juste l'expansion à travers une nouvelle terre. Les groupes découvrirent, au vrai sens du terme, un « nouveau monde », peuplé d'animaux et d'arbres étranges. Imaginez la frayeur que dût provoquer l'apparition dans les plaines sèches australiennes du premier kangourou géant *Procoptodon goliah*, mesurant plus de 3 m de haut, ou

du *Diprotodon*, pesant plus d'une tonne. Les contingences des nouveaux milieux naturels rencontrés modelèrent rapidement les traditions des premiers groupes, forçant à des adaptations aux contraintes locales. Le feu devint dans les zones sèches, un outil de chasse pour débusquer les animaux. Dans les forêts tropicales du nord de Sahul au contraire, le souhait de favoriser la pousse de certaines espèces végétales utiles - en abattant des espèces moins intéressantes - aboutit à la création il y a 40 000 ans, des premières haches polies connues au monde.

La découverte des grandes îles de l'archipel de Bismarck il y a environ 35 000 ans, marque historiquement la première phase de pénétration humaine en Océanie insulaire. Cette progression lente ne dut pas être aisée, les distances à parcourir étant d'une part de plus en plus importantes, et l'environnement écologique étant appauvri. Ce peuplement pléistocène par des familles de chasseurs-cueilleurs s'arrêta apparemment aux îles Salomon. Au cours des millénaires suivants, chaque groupe réparti sur cet énorme territoire formé de Sahul et des archipels de l'Océanie proche, développa des traditions culturelles spécifiques, en parties liées à une adaptation au milieu. Les bouleversements apportés par le réchauffement planétaire il y a environ 12-10 000 ans, transformèrent en quelques millénaires les conditions de vie de l'ensemble des habitants de la région. Sahul se divisa en trois gros blocs, les glaciers des hauts plateaux de Nouvelle-Guinée commencèrent à fondre, provoquant des coulées torrentielles de boues et d'eau dans les larges plaines de bord de mer. Les premiers explorateurs qui s'aventurèrent à plusieurs semaines de marche dans les highlands, découvrirent des étendues immenses de larges vallées et de collines au climat tempéré, que la faune et la flore venaient de recoloniser. Certains de ces premiers habitants des hauts plateaux débutèrent il y a plus de 7000 ans, à réaliser des aménagements de canaux dans certaines de ces vallées humides afin de favoriser la pousse de tubercules, inventant du même coup certaines bases techniques de l'horticulture océanienne.

L'ensemble culturel Lapita et l'expansion austronésienne en Océanie lointaine

Les groupes de langues papoues installés sur les côtes nord de la Nouvelle-Guinée et dans l'archipel de Bismarck, virent à partir d'environ 1500-1400 ans avant J.C., arriver de nouvelles populations sur leurs rivages. Ces colons de culture néolithique, fabriquant des poteries, transportant des animaux domestiques et naviguant sur des embarcations plus performantes avec un balancier, étaient originaires d'Asie du sud-est. Ils étaient rattachés à la grande famille linguistique austronésienne, qui s'était répandue à partir de Taiwan et des Philippines vers l'est à la découverte des archipels de la Micronésie occidentale d'une part, et à travers les archipels de la Wallacea d'autre part. La rencontre de ces deux groupes de populations dans l'archipel de Bismarck, favorisa l'émergence rapide d'un ensemble culturel nouveau, avec en particulier l'émergence d'une tradition de « tatouage » de certains pots avec des motifs pointillés anthropomorphes ou géométriques. Cette tradition céramique appelée Lapita, qui sert de fil conducteur archéologique à l'expansion des groupes austronésiens dans le Pacifique sud-ouest, a donné son nom à l'ensemble culturel créé aux Bismarcks.

A partir d'environ 1200 avant J.C., certains austronésiens Lapita s'aventurèrent dans l'univers inconnu de l'Océanie lointaine, au-delà des grandes îles de l'archipel des Salomon. En moins de 300 ans, les porteurs de cet ensemble culturel parcoururent plus de 3000 km de mer inexplorée, découvrant des centaines d'îles vers le sud jusqu'en Nouvelle-Calédonie (fig. 1), et vers l'est jusqu'à Tonga et Samoa en Polynésie occidentale. Leurs traditions sociales, politiques, artistiques, symboliques et religieuses, ont composé les fondements sur lesquels se sont construites toutes les sociétés traditionnelles plus tardives de l'Océanie lointaine.

Une bonne partie des recherches archéologiques menées au cours des 50 dernières années dans notre région s'est concentrée sur la période Lapita, avec la participation de quelques chercheurs français. Les études ont montré qu'au-delà des bases communes, il était possible de distinguer clairement des sous-ensembles typologiques régionaux, issus de dynamiques internes des sociétés austronésiennes issues des groupes de découvreurs. La nécessité de disposer d'espaces de cultures horticoles entraîna la destruction progressive d'une bonne part des grandes forêts, remplacées par une végétation secondarisée. Une partie de la faune endémique finit également par disparaître, victime de la chasse, des feux et de l'introduction du rat. Les glissements de terrains suite aux feux transformèrent progressivement les paysages de nombreuses îles. L'impact direct et indirect de l'homme sur son environnement fut donc massif durant cette première période de peuplement, incitant dans certains cas

à chercher d'autres terres, ce qui permit à la fin du premier millénaire avant J.C. la découverte des îles du centre de la Micronésie.

Le peuplement du triangle polynésien

L'émergence de nouvelles caractéristiques culturelles dans les archipels de la Polynésie occidentale à partir du début du premier millénaire après J.C., avec l'abandon de la poterie, l'apparence de nouvelles formes d'herminettes et de nouveaux modes d'occupation de l'espace, indiquent des évolutions profondes des organisations sociales, politiques et symboliques, aboutissant à cette époques à des traditions culturelles spécifiquement proto-polynésiennes, crées sur place. Ce sont les porteurs de ces nouvelles traditions, développant une nouvelle technologie de navigation sur des pirogues plus maniables et probablement dans le cadre d'une nouvelle phase d'exploration systématique, qui découvrirent durant la deuxième moitié du premier millénaire après J.C. les archipels de la Polynésie centrale. Si la datation de la première découverte humaine de cette région reste encore débattue et fait l'objet de recherches menées par des chercheurs français dans le cadre de collaborations internationales, ce qui fait la spécificité du peuplement du triangle polynésien, est la progressive augmentation des distances, représentant parfois plusieurs milliers de kilomètres à parcourir. A la fin du premier millénaire après J.C., une pirogue polynésienne découvrit l'île la plus isolée du monde, Rapanui, l'île de Pâques. Une autre toucha les côtes de l'Amérique du sud, en rapportant la patate douce. Une autre fit route nord, touchant en plein Pacifique nord l'archipel de Hawaii. Vers 1200 après J.C., profitant peut-être de l'installation de vents favorables dans le cadre d'un cycle d'El Nino, des pirogues partirent du sud des îles Cook vers l'ouest, atteignant au bout de plusieurs semaines de navigation et moins de quatre siècles avant le premier contact avec des navigateurs européens, le « pays du long nuage blanc », Aotearoa, la Nouvelle-Zélande. Cherchant encore d'autres terres, certains polynésiens s'aventurèrent trop loin au sud, touchant les côtes glacées de l'antarctique, d'où ils ne revirent pas.

Alors que cette grande phase de peuplement du triangle polynésien était en cours dans le Pacifique est, les évolutions principalement internes des sociétés du Pacifique ouest aboutissaient à l'émergence de nouvelles traditions, caractérisées souvent par une intensification de l'occupation des milieux insulaires et une restructuration des fonctionnements politiques et sociaux. Ce sont ces systèmes, connus à travers les traditions orales et qui ont été étudiés en détail dans certains cas par des équipes françaises, comme à Wallis et Futuna ou en Polynésie française, que les sociétés autochtones du Pacifique perçoivent aujourd'hui comme leurs « cultures traditionnelles anciennes », leurs racines historiques. Profondément déstructurées par les chutes démographiques massives issues de l'introduction de nouvelles maladies par les européens, puis dans certains cas par les spoliations foncières et les réorganisations politiques de la période coloniale, ces « temps d'avant » restent encore visibles dans le paysage, à travers les terrasses abandonnées de tarodières, les murs effondrés des fortifications ou les plates-formes de cases perdues dans les forêts de repousse, illustrant une histoire récente, au sommet des strates successives d'une histoire longue enfouie dans le sol.

Quelle archéologie pour le Pacifique aujourd'hui ?

L'archéologie, en plaçant l'histoire océanienne dans la « longue durée », oblige les peuples du Pacifique à redéfinir leur perception des origines. Ceci ne se fait pas sans difficultés, comme l'a souligné Eric Conte dans l'intervention précédente. La recherche préhistorique s'est focalisée depuis ses débuts de façon prépondérante sur la question du premier peuplement des différentes îles formant le Pacifique et il apparaît clair que ce sujet continuera encore longtemps à être un des domaines phares de l'archéologie océanienne. Mais pour de nombreux océaniens, relier leur passé à des événements remontant à des dates calendaires sur plusieurs millénaires reste partiellement artificiel, virtuel. De même, l'identification de dynamiques culturelles et d'évolutions dans l'occupation des espaces insulaires durant la préhistoire, reste un thème complexe à assimiler par les océaniens. Comme le disait récemment un intellectuel kanak : « j'ai l'impression que les archéologues calédoniens contestent les fondements légitimes du nationalisme kanak contemporain, relativisent dans une espèce d'attitude de 'scientifiques neutres' la façon kanak d'enraciner nos origines dans le pays par les genres historiques de la tradition orale ». Il y a là matière à débat sur le rôle de l'archéologie dans le

Pacifique, avant d'aboutir à des blocages dans les dynamiques de recherche, comme cela se voit en Australie par certains aborigènes et en Nouvelle-Zélande dans de nombreuses communautés maori.

C'est ainsi avant tout l'utilisation de l'archéologie comme outil faisant le lien entre leurs traditions, leurs coutumes et l'histoire passée transmise par l'oralité, inscrite au sol à travers des sites anciens visibles (fig. 2), qui intéresse aujourd'hui les océaniens. Difficile à traiter dans le contexte de nombreuses îles car débouchant immanquablement sur des considérations liées au contrôle des domaines fonciers et à la micro-histoire des différents groupes locaux, sans parler des liens au surnaturel, ce sujet a été souvent négligé en Mélanésie par les archéologues, à l'exception de cas célèbres comme les travaux du professeur J. Garanger au Vanuatu. Il est pourtant aujourd'hui celui qui captive le plus l'attention des groupes autochtones, qui ont le sentiment que cette recherche traite d'une histoire qui leur est familière. Cette quête d'un lien entre tradition et science rejoint les aspirations des autres communautés ayant des racines plus récentes dans le Pacifique, à travers le développement de programmes d'archéologie historique, qui apparaissent contribuer à tisser des liens communs entre groupes ethniques différents mais partageant la même histoire depuis plusieurs générations. Les décennies à venir devront promouvoir dans ce domaine de l'archéologie récente –pré et post-contact - une recherche pluri-disciplinaire intégrant les aspirations de gens de l'endroit, seule à même d'aboutir à une analyse appropriée des multiples facettes des dynamiques culturelles océaniennes anciennes et des complexités sociales coloniales.

Conclusion

Cette courte présentation a tenté de résumer les principaux résultats de la recherche archéologique en Océanie et les questionnements que cette recherche soulève. De nombreuses créations de postes dans notre domaine ont été effectives dans les pays industrialisés du pourtour Pacifique au cours du dernier demi-siècle, en décalage frappant avec le peu de recrutements recensés dans les structures de recherche françaises. En ce sens, il est possible de faire un parallèle avec les archipels indépendants du Pacifique, dont aucun n'a su au cours des dernières décennies se doter de structures archéologiques fonctionnelles et pérennes dirigées par des chercheurs locaux, malgré les nombreuses bonnes volontés des équipes de recherche étrangères. C'est probablement là que réside, au cours de la prochaine génération, le plus grand défi pour notre région: accompagner l'émergence d'une archéologie du Pacifique pilotée, en partenariat, par les chercheurs océaniens eux-mêmes, et intégrant les souhaits des sociétés traditionnelles pour une meilleure prise en compte de leur vision du monde et de leur société.

Les chercheurs en sciences humaines ont peut-être dans ce cadre à faire preuve d'imagination pour présenter de façon nouvelle les résultats de leurs travaux, en assumant le risque de naviguer entre les écueils de la vulgarisation et de la récupération à des fins politiques. Dans le contexte colonial spécifique de la Nouvelle-Calédonie, notre Département Archéologie a souhaité en 2002 enraciner la légitimité kanak sur son passé, en demandant aux représentants coutumiers d'accueillir sur le site préhistorique de Lapita, des délégations des autres archipels de la région. Le Lapita en temps que marqueur historique, est un artefact purement archéologique car trop ancien pour trouver directement un écho dans les traditions orales océaniennes. Mais il est également le symbole matériel des origines premières des populations océaniennes contemporaines, dans une démarche différente de celle des mythes autochtones. Il a la spécificité de pouvoir rassembler, au-delà des différences et des conflits contemporains, les peuples du Pacifique autours d'un symbole commun dans le passé. Est-ce le rôle dévolu aux archéologues de dépasser dans ce cas leur stricte fonction de « chercheurs » pour rendre à la société civile une vision culturellement constructive, socialement utile mais politiquement « manipulable » de leurs données, dans un Pacifique en pleine « réinvention » de ses traditions face aux défis du monde globalisé? La question reste nécessairement ouverte.

Figure 1 : Exemple de poterie Lapita de Nouvelle-Calédonie.

Figure 2 : Exemple de marae polynésien reconstruit (Ile de Huahiné, Iles sous le vent).

Colons, engagés et immigrants dans le Pacifique au XIXe et XXe siècle

Gilbert DAVID
US 140 Espace, Centre IRD de la Réunion, BP 172 97 492 Sainte Clotilde cedex,
gilbert.david@la-reunion.ird.fr

Bilan

Ce sujet est à la charnière de plusieurs disciplines : l'histoire, l'anthropologie et la géographie et peut être abordé de multiples manières. Il ne s'agit pas ici de synthétiser les écrits consacrés à ce sujet si vaste mais de présenter un point de vue, une manière de voir selon une perspective historique la relation entre les populations allochtones migrantes, les îles et les populations insulaires. Ce sont les hommes, leurs logiques et leur rapport à l'espace qui sont au cœur du propos avec trois questions principales :

- qui migre ?
- pour quelles raisons ?
- quel est l'impact de cette migration sur les structurations économiques, politiques et territoriale des îles ?

Ces phénomènes migratoires induisent un rapport à l'espace qui au XIXe siècle se déclinait sous la forme du triptyque « mission/ plantation/ ville coloniale » qui, dans la seconde partie du XXe siècle, marquée par la globalisation de l'économie et des réseaux de communication, a laissé la place au triptyque « zone rurale/ville/espace-monde ». Le thème des « Colons, engagés et immigrants dans le Pacifique » s'inscrit donc dans une problématique plus globale : celle de l'insertion des îles océaniennes dans le processus de mondialisation.

Dynamique historique des relations Océanie insulaire- « système monde »

Au XIXe siècle, ces relations peuvent être classées en trois étapes sachant que leur chronologie n'est pas homogène sur l'ensemble du Pacifique insulaire. La première étape correspond à la mise en place des premiers comptoirs commerciaux. Je la qualifierai « d'introduction des biens issus de la mondialisation dans le monde plein (démographiquement parlant) des îles d'Océanie». Elle s'est soldée par un désastre humain du fait de l'introduction de nouvelles maladies virales et bactériennes (tuberculose, variole, bronchite, dysenterie) dans un contexte immunitaire que l'insularité avait totalement figé depuis des siècles. La seconde étape consacre ce désastre : elle sera qualifiée de « généralisation de poches de vide sur les littoraux », dont des zones entières furent dépeuplées du fait des maladies, dont les maladies vénériennes, et des recrutements de main d'œuvre. La troisième étape correspond à l'essor de l'agriculture marchande et des plantations (sucre, coton, cocotiers, café) qui lui sont associées. Outre la vacuité de l'espace, produit « du contact blanc », qui abaissait singulièrement les coûts d'installation, le foncier étant gratuit, deux autres conditions furent nécessaires à la réussite économique des plantations :

a) la présence d'un cours d'eau et surtout d'une baie abritée pouvant accueillir des navires -le transport maritime était en effet l'unique moyen par lequel le planteur pouvait écouler sa production et faire venir la main d'œuvre dont il avait besoin -,

b) le faible coût de cette dernière et sa disponibilité (paramètres souvent contradictoires).

Comme la plantation, qu'elle approvisionnait en équipements et en biens de consommation et dont elle écoulait la production sur le marché international, la maison de commerce fut un acteur essentiel de l'ouverture de l'économie insulaire à la mondialisation (figure 1). Schématiquement, deux logiques l'animaient : d'une part desservir le plus grand nombre possible de plantations, d'autre part endetter les planteurs. Avec le développement des capitales océaniennes, les circuits commerciaux des grandes maisons de commerce se sont complexifiés. Opérant d'abord exclusivement à partir de la métropole ou des grandes capitales régionales comme Sydney, elles implantèrent ensuite des centres de stockage relais dans les principaux centres urbains insulaires, à partir desquels s'organisait le commerce local, via des navires « tours de côte » qui visitaient les plantations.

Outre le commerce, la religion constitue un élément essentiel de l'introduction de la mondialisation dans les îles de l'Océanie. Les déplacements de population de l'intérieur des terres vers le littoral qui accompagnèrent l'évangélisation ont entraîné une transformation profonde du genre de vie des océaniens et de nouvelles alliances. Partout les missionnaires apparurent comme un recours salvateur face aux exactions des recruteurs de main d'œuvre et des planteurs, dont étaient victimes les Océaniens. Schématiquement ; la logique de l'implantation missionnaire en Océanie peut se décliner selon quatre composantes :

- une logique culturelle qui visait à éradiquer les croyances et les mythes de la population à convertir pour leur substituer les valeurs de la chrétienté et de la civilisation matérialisées par le vêtement, la nourriture et l'école.
- une logique politique qui visait à substituer au pouvoir coutumier le pouvoir du prêtre,
- une logique spatiale, la dispersion des populations locales représentant une puissante contrainte pour l'évangélisation, l'objectif de tout missionnaire était de regrouper ces dernières autour de son église,
- une logique économique, les missions devaient être viables économiquement et contribuer à ouvrir le pays sur l'extérieur. En compensation de l'enseignement de la Parole du Christ promulgué aux populations, le missionnaire attendait d'elles qu'elles apportent leur force de travail pas ou peu rémunérée pour la mise en culture des terres qu'il administrait (figure 2).

Au côté de la maison de commerce, de la mission et de la plantation, la ville constitue le quatrième apport de la mondialisation dans le monde océanien et un vecteur particulièrement efficace de transformation de l'espace. Malgré une emprise au sol limitée et une population réduite, la ville constituait au XIXe siècle et durant la première partie du XXe siècle l'interface administrative, militaire et parfois religieuse entre la métropole et le système insulaire qu'elle avait pour fonction de contrôler. Située en bord de mer, elle commandait la puissance militaire, les finances publiques et l'administration coloniale. A l'échelle de chaque archipel ou ensemble d'archipels d'Océanie s'est ainsi mis en place un réseau d'espaces colonisés desservi par des transports maritimes réguliers provenant du bassin du Pacifique ou de métropole, relayés par des « tours de côte » militaire, religieux ou économique. Ce réseau était commandé par une ville (initialement un simple bourg), elle-même sous la dépendance hiérarchique d'un centre de commandement régional (figure 1). Il générait un quadrillage de l'espace, imposé par le pouvoir colonial et "subi" par les populations insulaires, maillage dont la fonction était de maximiser le contrôle du groupe ou de ses ressources.

De la Mondialisation à la globalisation : les nouvelles fractures insulaires

Du panorama qui vient d'être dressé, opérationnel durant près de 100 ans, seule ne subsiste que la ville. Les maisons de commerce comme Ballande, Barrau et Burns Philips, pour citer celles qui opéraient en Mélanésie, et les grandes plantations coloniales font partie d'un passé révolu. Quant aux missions, si elles jouent toujours un rôle prépondérant dans la vie spirituelle et sociale des océaniens, elles ont perdu leur rôle économique et politique. D'une part, le coprah de leurs plantations se vend mal sur le marché international, d'autre part, l'apparition de nombreuses congrégations, voire de sectes, a réduit considérablement le poids des trois grandes églises régionales : l'anglicane, la catholique, et la réformée qui n'ont jamais su s'allier pour imposer une vision chrétienne de l'avenir de l'Océanie, même si de nombreux dirigeants politiques des trente dernières années étaient issus de leurs rangs.

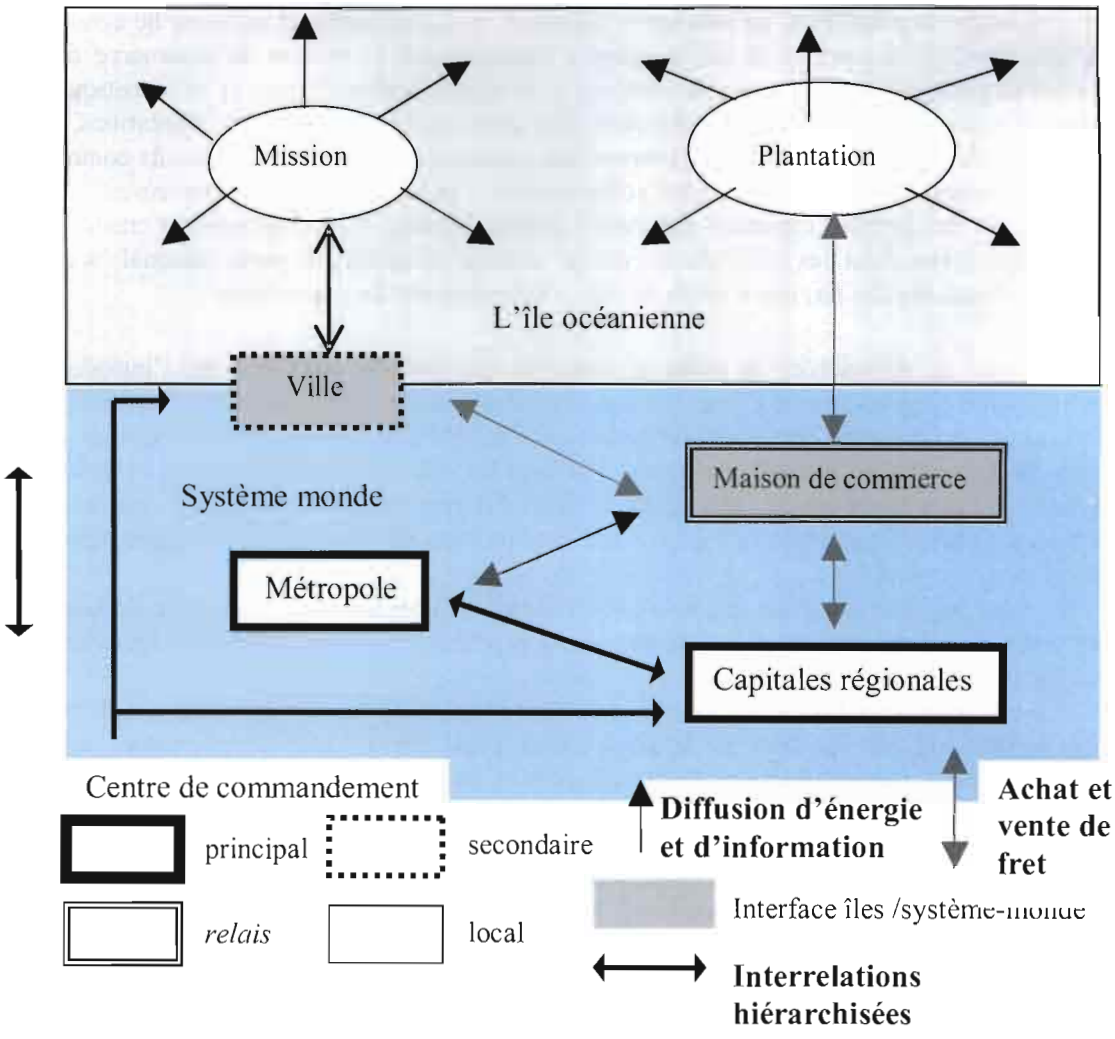


Figure 1 : La structuration de l'espace colonial à la fin du XIXe siècle en Océanie insulaire

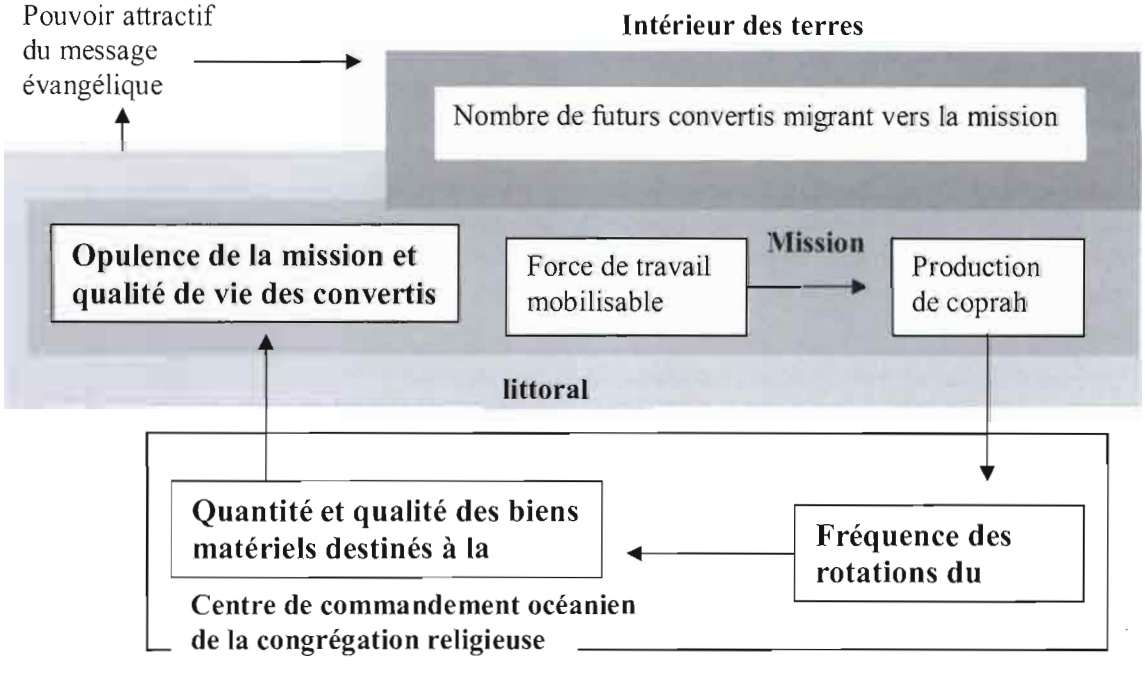


Figure 2 : Logique économique déterminant la viabilité des missions de l'Océanie insulaire dans la seconde moitié du XIXe siècle.

La ville est désormais au cœur de la nouvelle dynamique océanienne. Avec l'accès à l'indépendance, elle a perdu sa population blanche et les ruraux qui l'ont remplacé ont dû « domestiquer » la ville. D'une manière générale, cette domestication a pris la forme d'une ruralisation de la ville qui s'est couverte de jardins viviers et s'est structurée en quartiers dont les habitants se regroupaient par affinité ethnique. L'usage du kava, boisson traditionnelle de l'alliance et de la médiation, est un autre vecteur de cette « domestication de la ville »par les ruraux. Les kava-bars deviennent ainsi les géosymboles d'un nouveau territoire urbain qui se fonde sur des critères bien plus larges que la simple appartenance ethnique (Chantereau, 2001). Cette « océanisation » de la ville, résultant de l'exode rural, est un processus encore trop récent pour estimer s'il sera durable, à moins qu'il ne s'agisse que d'une étape vers l'émergence de villes du Tiers Monde, que leur rattachement au « système monde » conduira vers une segmentation croissante entre un centre prospère et une large couronne périphérique, où les jardins vivriers laisseront la place à des bidonvilles au fur et à mesure de l'exode rural. Que les Océaniens la « domestique » ou pas, la ville restera au cœur de la dynamique *Océanie insulaire – « système monde »* dont elle forme l'interface. Ce rôle s'est singulièrement affirmé avec la globalisation des échanges, tant dans le domaine de l'information que du commerce international et du tourisme. Désormais, les ports des grands centres urbains et les aéroports internationaux adjacents sont les seules portes d'accès au commerce international et les îles qui en sont éloignées subissent un fort handicap économique (Ward, 1993), éloignement qui favorise d'autant le départ de leur population la plus dynamique vers la ville, symbole de la modernité.

Constats

Jusqu'à présent le thème Colons, engagés et immigrants dans le Pacifique au XIXe et XXe siècles a principalement été traité par les historiens, sur la période 1800-1950, que ce soit sous l'angle de parcours de vie et de monographies territoriales comme lors du colloque : « le peuplement du Pacifique et de la Nouvelle Calédonie au XIXe siècle » (de Deckker, 1994) ou selon des thématiques spécifiques comme le numéro spécial du Journal de la Société des Océanistes consacré aux plantations (Panoff, 1996) ou les travaux d'A. Saussol (1979) sur le foncier et les spoliations dont il était l'objet en Nouvelle-Calédonie En revanche, l'insertion contemporaine du Pacifique insulaire dans le système monde n'a été que peu abordée[31]. Pourtant le découplage économique, spatial et démographique croissant entre les zones rurales, périphériques ou non, et les centres urbains, en particulier les capitales qui sont les bénéficiaires prioritaires de l'aide internationale et le siège des administrations centrales, constitue un effet majeur de la mondialisation à l'échelle nationale (Jackson, 1983).

Cette situation est radicalement nouvelle. Pour la première fois, les espaces insulaires d'Océanie sont l'objet d'une dynamique régressive par rapport au processus global de mondialisation qui les affecte depuis déjà près de 150 ans. Entamé avec le contact blanc, ce processus s'est traduit par l'intégration progressive de l'ensemble des îles d'Océanie dans le système monde, intégration de nature économique, les îles fonctionnant comme réservoir de ressources naturelles, de nature politique, l'exploitation économique des îles requérant la mise en place de l'ordre colonial, et de nature militaire, la seconde guerre mondiale ayant conduit à une spécialisation géostratégique de la région[32] Très

[31] Voir l'ouvrage dirigé par H Brookfield « the Pacific in transition », les travaux sur le système MIRAB (Bertram et Waters, 1985 ; Poirine, 1995) et l'économie de la « Pacific way » (Blanchet, 1988, 89), le numéro spécial de la revue Tiers monde consacré au Pacifique insulaire (Bonnemaison et Freyss, 1997).

[32] Cette fonction stratégique de l'Océanie insulaire s'est accompagnée de la mise en place d'une structure spatiale en réseaux axée sur l'acquisition et la diffusion d'information destinées aux prises de décision d'ordre stratégique et tactique dans les grands centres de commandement militaires occidentaux. Ces réseaux reprennent la topologie et les contours de l'espace colonial des quatre puissances intervenant dans la région. Deux épousent la forme d'une ligne courant de l'est à l'ouest du Pacifique : il s'agit du réseau américain qui intègre Hawaii, Wake, les Marshal, les Mariannes du nord et Guam avec une petite dérivation vers les Samoas américaines, et du réseau français qui s'appuie sur le binôme Nouvelle-Calédonie - Polynésie Française, Wallis et Futuna ayant une position plus marginale. Les deux autres réseaux sont qualifiés de réseaux « toiles » par B. Antheaume et J. Bonnemaison (1988), il s'agit du réseau mélanésien de l'Australie qui regroupe la Papouasie Nouvelle-Guinée, les Salomon, le Vanuatu et Fidji, ce dernier pays étant également membre du réseau néo-zélandais qui rassemble cinq autres archipels polynésiens : les Cook, Niue, le Samoa Occidental, Tokelau et les Tonga.

sensible à l'échelle régionale, où elle a pu engendrer des rapports de centre à périphérie (Merceron, 2000), cette intégration différentielle des espaces insulaires dans l'économie monde s'est également affirmée à l'échelle de l'île avec une accentuation du clivage entre le littoral et un intérieur des terres souvent préservé de l'intégration économique du fait de sa morphologie escarpée. En revanche, elle est restée peu active à l'échelle nationale jusqu'à ce que la globalisation gagne l'Océanie insulaire et y développe des rapports « centre-périphérie » qui conduisent à la marginalisation économique et politique d'une part croissante des pays. On n'est plus dans un processus d'intégration spatiale mais, au contraire, dans une dynamique totalement opposée de périphérisation interne et de macrocéphalie urbaine qui semble irréversible, l'ensemble étant largement favorisé par le désengagement croissant de nombreux Etats vis à vis de leurs prérogatives dans les domaines de l'éducation, de la santé et des transports.

Lorsque l'impact des migrations sur les espaces et les sociétés insulaires a été étudié, il l'a été principalement en considérant que cet impact s'exprimait essentiellement sous la forme de flux de matière et d'énergie. En revanche, les flux d'information ont été peu considérés, ils sont pourtant dominants dans la dernière partie du XXe siècle. Comme exception, je relèverai les ouvrages respectivement dirigés par S. Tcherkézoff, S. et F. Douaire-Marsaudon (1997) et par C. Hamelin et E. Wittersheim (2002) dans lesquels la question de l'Etat en Océanie est posée.

Perspectives

L'accent sera mis ici sur les thèmes peu ou pas traités qu'il convient de développer.

Du fait de son intitulé, le thème « Colons, engagés et immigrants dans le Pacifique « sonne » plus XIXe siècle que seconde partie du XXe siècle. De fait les recherches ont peu exploré cette dernière période. Ne plus considérer les migrants sous l'angle exclusif de leur travail ou de leurs activités économiques mais selon leurs idées devrait permettre d'enrichir considérablement le thème. De nouveaux acteurs, jusqu'alors délaissés par les recherches vont alors apparaître ou réapparaître. Parmi ceux-ci citons a) l'expert expatrié, dont il conviendra d'étudier le quotidien (via les récits de vie) et l'impact dans l'élaboration et la conduite des politiques publiques menées depuis les indépendances, b) les institutions œuvrant au développement des îles, qu'il s'agisse des ONG ou des organisations internationales comme la CPS, le Forum du Pacifique Sud ; c) les missionnaires expatriés qu'ils appartiennent à des églises anciennement implantées en Océanie ou à des mouvements en phase d'expansion. Outre les hommes, l'accent sera également mis sur les logiques qu'ils impulsent dans les systèmes politiques, économiques ou sociaux océaniens et sur les logiques héritées du cadre colonial ou néocolonial . Deux mots clef pourraient fédérer ces recherches :

- la gouvernance dans le domaine de la chose publique comme du privé et les recompositions et constructions sociales, territoriales, politiques et économiques qu'elle génère.
- la ville du fait de son rythme d'expansion parfois sans équivalent au monde (doublement du nombre d'habitants en moins de 20 ans) et de son rôle d'interface entre l'Océanie et le système global.

Références bibliographiques (citées dans le texte)

Antheaume, B. Bonnemaison, J. (1988). *Atlas des îles et des états du Pacifique sud.* GIP/Reclus, Publisud, 126 p.

Bertram, I., G., Watters, R.F. 1985. The MIRAB economy in South Pacific Microstates. *Pacific Viewpoint*, 26 : 498-519.

Blanchet, G., 1988. Une voie pacifique pour le Pacifique Sud ? *Revue Tiers-Monde*, n° 114, pp.385-399.

Blanchet, G., 1989. Du discours à la réalité en milieu insulaire : rhétorique du développement autocentré et pratique du développement intégré. *Journal de la Société des Océanistes*, 88-89, 1&2, pp.45-52.

Bonnemaison, J. et Freyss (ed. s.), J. 1997. Le Pacifique insulaire, nations, aides, espaces. *Revue Tiers-Monde*, n° 149, 239 p.

Brookfield, H (ed.s.), 1973. *The Pacific in transition. Geographical perspectives on adaptation and change.* New York : St. Martin Press, 322 p.

Chantereau, A.2001. *La saga du kava, du Vanuatu à la Nouvelle-Calédonie.* Bordeaux : DYMSET/CRET, coll. Iles et archipels, n°29, 288 p.

De Deckker, P. (sous la dir.) 1994. *Le peuplement du Pacifique et de la Nouvelle-Calédonie au XIXe siècle.* Paris/Nouméa : Université Française du Pacifique / l'Harmattan, 431 p.

Jackson, R. 1983. D'un millier de lieux sacrés à la périphérie profane. *L'espace géographique*, 12 (1) : 18-32.

Hamelin, C. et Wittersheim, E. (eds.) 2002. *La tradition et l'Etat.* Paris : L'harmattan, coll. Cahiers du Pacifique Sud Contemporain, 250 p.

Merceron, F. 2000. Centres et périphéries dans l'espace insulaire du Pacifique Sud. Recherches géographiques, *Bul. de l'Association des historiens et géographes de Polynésie française*, n° 6, pp. 37-74.

Panoff, M. 1986. Les plantations dans le Pacifique Sud. *Journal de la Société des Océanistes*, n°82-83, 218 p.

Poirine, B. 1995. *Les petites économies insulaires : théorie et stratégies de développement.* Paris, Economica, 282 p.

Saussol, A. 1979. *L'héritage. Essai sur le problème foncier mélanésien en Nouvelle-Calédonie.* Paris, Musée de l'homme, 498 p.

Tcherkézoff, S. et Douaire-Marsaudon, F. (eds.) 1997. *Le Pacifique- Sud aujourd'hui, identités et transformations culturelles*. Paris : CNRS Editions,405 p.

Ward, R. G., 1993, "South Pacific Islands futures : paradise, prosperity, or pauperism ?" *The Contemporary Pacific*, 5 (1) : 1-21.

Cultures, langues, patrimoines et enjeux historiques

Serge TCHERKEZOFF
CNRS-EHESS-CREDO, Paris, Marseille, Serge.Tcherkezoff@up.univ-mrs.fr

Les sociétés du Pacifique-sud : sans doute l'exemple le plus net au monde de communautés linguistiques extrêmement nombreuses, de dimensions où la population se compte bien plus souvent en centaines de mille (et parfois en dizaines) et pas en millions, et où la langue *fait vraiment* la communauté.

Ce n'est pas parce que ce serait une région de petites îles. Oui, bien entendu, les cas de ce genre sont nombreux. Mais pensons aussi aux grandes îles, comme ici la Grande-Terre, ou les îles qui composent les Salomon, le Vanuatu, et mieux encore la Papouasie-Nouvelle-Guinée : là, chaque vallée ou presque est une île du point de vue linguistique et communautaire. On le sait, la famille linguistique austronésienne est, au monde, la famille qui comporte le plus grand nombre de langues différenciées. Bien entendu, il y a des langues communes et produites par l'histoire des rencontres, comme le Tok Pisin ou le Bislamar. Mais elles n'effacent pas les langues de chaque communauté : certains Etats comme la PNG ou le Vanuatu comptent des centaines de ces langues. D'autres Etats, comme le Samoa ou Tonga, ont une seule langue. La dimension *identitaire* n'est donc pas tant l'Etat ou le Territoire, lequel fut parfois le produit de découpages coloniaux, mais la communauté linguistique.

Car ici en effet, souvent, la langue *fait* la communauté. Permettez-moi de prendre des exemples en Polynésie occidentale. Prenez l'ethnonyme, si l'on peut dire : « Samoa », ou « Tonga » ou « Fidji », placez devant un préfixe causatif « Fa'a- » (« Faka-«) et vous obtenez un terme qui, littéralement, signifie en quelque sorte « ce qui fait que Samoa est Samoa » (ou que « Tonga est Tonga », ou « Fidji... ») et qui, dans ses emplois, désigne à la fois « la langue de Samoa (Tonga, Fidji) » et « la coutume de Samoa (Tonga, Fidji)», au sens le plus large de cette notion (incluant tout ce qu'on peut imaginer dans le domaine de l'organisation sociale, de la culture, de la vision historique, etc.).

Peut-on imaginer façon plus nette de dire que, pour ces locuteurs, « être soi-même» c'est s'exprimer dans sa langue ? Voilà je crois une caractéristique très importante de la région Pacifique. C'est mon collègue Darrell Tryon qui tracera pour vous le bilan des études linguistiques. Pour ma part, ce qui m'intéresse dans le phénomène que je viens d'évoquer, c'est l'idée de source d'identité.

L'identité : précisons. Plaquée de l'extérieur, par le savant, ethnologue ou autre, par l'« observateur » regardant ceux qu'il « observe », cette notion est fortement condamnable. Elle ouvre la porte aux définitions européo-centriques, coloniales, aux inventions «ethniques », elle affuble la communauté d'étiquettes (« les Samoans sont... ceci, cela »), elle réifie cette communauté, elle lui dénie son historicité et son dynamisme social. Non, quand j'emploie la notion d'identité, je veux faire référence aux discours des membres de la communauté linguistique, donc à leur *revendication d'identité*.

Or, j'observe—car là la notion est acceptable : c'est mon expérience de dialogue « sur le terrain »-- j'observe donc que les revendications d'identité passent souvent par cette référence à une

notion qui est à la fois la langue-et-tout-le-reste. Le Fidjien, le Tongien, le Samoan qui a émigré à Auckland, à Honolulu ou ailleurs, trouve néanmoins le moyen de se définir, explicitement, vis-à-vis d'autres émigrés, comme « Fiti », ou « Toga » ou « Samoa » par le fait de conserver l'usage de sa langue avec ses compatriotes émigrés.

Cette observation implique que cette notion d'identité revendiquée accompagne tous les changements les plus profonds : l'émigration par exemple, pour un individu donné au cours de sa vie, ou la vision historique d'une communauté. Les émigrés Samoans en Nouvelle-Zélande revendiquent—du moins ceux qui ne sont pas nés là-bas—le « Faa-Samoa », et, déjà en 1830, quand le premier missionnaire de la London Missionary Society mit le pied à Samoa, il nota qu'on lui expliquait diverses choses, qu'il ne comprenait pas, en ponctuant le discours par cette expression : « Faa-Samoa ». Nous pouvons donc suivre cette notion de 1830 à 2004.

C'est dire aussi que l'étude du changement social et de l'histoire ne peut ignorer la notion d'identité (l'identité revendiquée), comme cela a été souligné dans une entreprise collective publiée par le CNRS en 1997. Prenons l'exemple d'un changement majeur dans un Etat : la modification profonde de la loi électorale. En 1990, par referendum, l'Etat de Samoa passe d'un système où seuls les chefs coutumiers votaient pour élire les quarante et quelques députés du Parlement national (Samoa est, depuis l'indépendance en 1962, un système parlementaire) à un système de suffrage universel (pour les votants, car l'éligibilité est demeurée limitée aux chefs coutumiers). Or les partisans du oui, comme ceux du non, ont tous axé leur campagne électorale sur la meilleure manière de préserver la chefferie coutumière, celle-ci étant considérée comme le pilier de tout le « FaaSamoa » (la chefferie est à la base du système clanique et villageois lequel assure une tenure foncière disons communautaire, incompatible avec un système de propriété privée). Ainsi, dans le discours des uns, le fait de désengager la chefferie coutumière du processus électoral la mettait mieux à l'abri de la politique « politicienne » et en préservait le rôle « coutumier » précisément ; dans le discours des autres, au contraire, il importait que la chefferie continue d'être le support du système de gouvernement moderne afin de rester vivante et ne pas risquer de devenir un objet de musée. Ou encore, à Tonga, la critique des partis dits « démocratiques » vis à vis d'une royauté accusée de monopoliser tout le pouvoir et de faire du parlement une caricature (plus de la moitié des membres dépendent directement d'un processus de nomination royale) ne va pas jusqu'à demander simplement l'abolition de la royauté, car, dans le discours des deux bords, cette institution représente l'origine « millénaire » de la langue et de la société « tongienne » ainsi que le symbole d'une histoire qui a préservé le pays de toute colonisation formelle (ce qui ne veut évidemment pas dire que le pays ne fut pas fortement en contact avec missionnaires et marchands au XIXe siècle, comme Samoa d'ailleurs—ces deux pays comme le reste de la Polynésie sont ainsi de religion chrétienne, mais la population y voit une forme « traditionnelle » de religion, un aspect du « fakaTonga » ou du « faaSamoa »).

Il faudrait détailler bien davantage, mais je peux renvoyer à des séries de publications effectuées au sein de notre centre de recherche sur ces questions. Que ce soit un ouvrage collectif, publié par le CNRS, qui avait pour sous titre précisément « identités et transformations culturelles » (dans le Pacifique) et qui va sans doute paraître en traduction anglaise à l'ANU, ou des études spécifiques concernant, entre autres, Tonga ou Samoa (pour cela et pour tout ce qui est évoqué dans les paragraphes suivant, voir les listes bibliographiques aux noms des membres du CREDO sur le site http://www.pacific-credo.net).

Ce qui m'amène à évoquer très brièvement un bilan des recherches françaises récentes, dans ces domaines socio-historiques. Il faut distinguer. Paul de Deckker nous a parlé en séance plénière de ce qui se fait et se fera à Nouméa et à Papeete. Je ne reprendrai pas et il me revient donc de mentionner ce qui se fait en France métropolitaine. Là, il faut encore distinguer. D'un côté, sur la Nouvelle-Calédonie, des études ont été conduites depuis longtemps, sous l'impulsion d'Alban Bensa, et Michel Naepels en parlera peut-être puisqu'il appartient à un laboratoire du CNRS (le GTMS) devenu certes généraliste mais qui, pour l'Océanie, perpétue le groupe ancien d'études sur la Nouvelle-Calédonie ; en outre, lui et d'autres ont demandé récemment au CNRS la création d'un GDR (groupement temporaire sur programme précis) dédié aux questions concernant la Nouvelle-Calédonie. D'un autre côté, il y avait déjà au début des années 1980 des chercheurs travaillant sur les régions *non*

francophones du Pacifique : en PNG, autour de Maurice Godelier et Pierre Lemonnier, en Polynésie occidentale aussi, ce qui fut mon cas avec d'autres comme Françoise Douaire-Marsaudon et Paul van der Grijp (volonté affirmée, dès le départ, d'inclure dans la recherche française des zones extérieures à l'influence politique et linguistique française).

Ce sont ces chercheurs qui ont petit à petit formé le vœu de voir le CNRS et les Universités constituer un Centre de recherches pérenne sur le Pacifique, en SHS, et non plus seulement des GDR à durée et programme limité. Le projet a été porté par Pierre Lemonnier, représentant le CNRS, et moi-même représentant l'EHESS. Le principe en a été adopté au Comité Interministériel à l'Aménagement du Territoire en 1993, en intégrant cette demande dans un projet dit à l'époque de « décentralisation », qui visait donc à créer des centres hors de Paris. Les Parisiens que nous étions, et qui appartenions au CNRS et à l'EHESS, ont accepté l'idée et l'ont mise en place sur le pole universitaire Aix-Marseille, en association avec l'Université de Provence. En 1995, le Centre de recherches et de documentation sur l'Océanie a été officiellement créé comme unité mixte (UMR) (CNRS/EHESS/U. de Provence), puis a grandi, passant de 5 à 15 membres statutaires en moins de dix ans, ce qui a permis d'ajouter aux chercheurs spécialisés sur les aires initialement privilégiées (Mélanésie occidentale et Polynésie occidentale) des chercheurs sur toutes les autres aires : Mélanésie orientale (Salomon, Vanuatu, Nouvelle-Calédonie), Polynésie orientale (Polynésie française), et d'ouvrir aux deux régions traditionnellement « délaissées » par la recherche française : l'Australie (populations dites « Aborigènes »), avec l'arrivée au CREDO de Laurent Dousset, et la Micronésie.

Un des axes privilégiés fut de réfléchir à l'interaction entre anthropologie et histoire (Isabelle Merle et Laurent Dousset à propos de l'Australie coloniale, F. Douaire-Marsaudon et Paul van der Grijp pour Tonga et Wallis-Futuna, Pierre Lemonnier et Pascale Bonnemère pour la PNG, S.Tcherkézoff pour Samoa), pour les situations contemporaines, pour les réflexions politiques sur la gouvernance, mais aussi pour les situations passées. Par exemple, il s'agit de retrouver ce qui fut mis en œuvre par les Océaniens lors de leurs premières rencontres avec les Européens : programme en coopération avec l'Australian National University (Research School of Pacific and Asian Studies), initié en 2001. Mais aussi on a développé considérablement un axe de recherches archéologiques (travaux de Anne di Piazza, Eric Pearthree, Jean-Michel Chazine). Par ailleurs continuèrent à être alimentées par des recherches novatrices des préoccupations importantes de l'anthropologie qui existaient déjà mais qui demandaient à être renouvelées, comme l'étude des rôles masculin/féminin et toute la problématique du « gender » (Pascale Bonnemère, Françoise Douaire-Marsaudon), la logique du rituel et les problèmes d'anthropologie cognitive que cette logique pose et l'organisation sociale fondée sur un système d'échanges cérémoniels (P. Bonnemère, P. Lemonnier, F. Douaire-Marsaudon, L. Dousset), ou encore, dans le domaine « classique » des études des systèmes de parenté, le cas moins « classique » mais fondamental en Océanie des systèmes centrés sur la relation frère-sœur et s'inscrivant ainsi au delà de l'opposition entre filiation (tout par la descendance) ou alliance (tout par le mariage).

A brief report on the current situation regarding research in Solomon Islands

Lawrence FOANA'OTA
Director, Solomon Islands National Museum, Department Of Culture And Tourism, Ministry Of Foreign Affairs, Commerce And Tourism, Honiara, Solomon Islands

This paper has been prepared for the Conference organized and sponsored by the Government of France, Institute of Research and Development and ARFP in Noumea, New Caledonia.

Introduction

This paper provides a brief overview of the current situation as far as research work is concerned with a specific focus on the Solomon Islands. It is envisaged that the discussion will cover a brief history of research, the institutions or organizations that are responsible for research activities within the country, the current regulations or acts that protect or control them and where researchers from countries like France need to be encouraged to involve more in carrying out joint research programs with both Government and Non-governmental Organizations in various fields in the islands.

Background

Generally, the history of research work in the Solomon Islands began when the first explorers landed on the shores of the islands. The first written records of the kind of lifestyle including the environment and wild life were done by these early explorers, blackbirder and traders and in the early nineteenth and twentieth centuries the Missionaries and colonial administrators.

Systematic and large-scale research work in these islands started only after the Second World War in 1942. These research programs had been carried in the past mainly by researchers from well-established institutions like universities or medical faculties with specific interests that were relevant to their own needs and aspirations. During these very early periods, researchers were able to enter into these islands and go wherever they wanted without any problems. As time went by people started to realize that they had been exploited without receiving any benefits. Their music, songs, dances, skills and technologies had been recorded and the knowledge had been taken from them without any financial gain. This has caused a lot of difficulties to genuine researchers who want to assist the communities in recording the people's history, language or culture before they are lost forever.

In the early 1970s much of the research work carried out in the islands concentrated mainly in certain parts of the country and in some instances backed up by the colonial administration at that time. The present National Museum was established in June 1969 to take care of the material culture of the islands and through its programs and activities some of the researchers started to collaborate with the staff. Unfortunately, since no legal mechanism was in place then whereby the Museum could use to control the kinds of activities that went on, in some instances cultural and historical materials were taken out of the country without the staff's knowledge or approval.

Even though research work started very early during the time of the explorers, the current situation in the country is that it is still in its premature stage and in most cases a one sided affair

dominated mainly by outsiders who normally predetermine the kinds of activities and programs including where they wanted them carried out from outside either with very little or without any input at all from within the country.

As a result of the problems created earlier by those who did not follow the traditional protocols, the trend started to change when the Solomon Islands attained political independence from Great Britain in 1978. The first Act to control Research was passed by the National Government in 1982. This Act is seen as necessary because of the need to protect both the indigenous people's interests and well being as well as that of the researchers. This Act is currently administered by the Ministry of Education and Human Resources and is assisted by the members of a Screening Committee appointed by the Minister as required by the Act.

The other regulations or acts that researchers, collectors or film makers need to be made aware of their existence include the following:

- Protection of Wrecks and War Relics Act administered by the Department of Culture and Tourism;
- Filming Act administered by the Office of the Prime Minister;
- Regulation controlling research on health and medical related issues administered by the Ministry of Health; and
- Regulations controlling research on environmental and wild life matters administered by the Department of Environment and Conservation.

Since this is the twenty-first century, it is time to redirect and rethink about the way research work should be done not only in the Solomon Islands but also in the whole Pacific region. Researchers from outside and those who fund their programs should not restrict or confine any research work they plan to carry out only to what they are interested in for their own benefit and own point of view but should also consider the views of those whose cultures, histories, languages and environment they wish to study.

This Conference is timely and any recommendations or resolutions adopted at the end of this Symposium should be made known in the Pacific region so that the ways researchers have conducted their work need to be reviewed in order to see where they need strengthening, improving and may be changing some of the old methods of approach that have been in use for so long and that they no long appropriate in today's situation.

There need to be more participation by the indigenous people in studying and carrying out research work on them. It should be a two way beneficial system established so that both the one carrying out the research as well as the one being studied or researched on have some say in what is being done. This trend is slowly changing and it is pleasing to note that some researchers are taking the needs of those being studied at heart.

For example, in some parts of the Solomon Islands, researchers are returning copies of either publication or films they have produced about the people and books have been written and being used in the local syllabus in the schools in some parts of the country. These are some positive results that are coming out from those researchers who have a genuine heart for the indigenous population in giving back what rightly belong to them.

Therefore, it is an opportune time for French Researchers to take the lead in not only working on specific topics that of immediate interest to them but to expand their areas of studies to cover the diverse cultural, historic and natural heritage of the country. Currently the Laperouse Research Project is restricted to one specific area only but to understand the whole cultural and historical complex, other areas need to be equally researched and so funding should also be allocated in order to carry out a proper and complete study of this part of the Solomon Islands.

Apart from trying to carry out research on aspects that relate to French history only, researchers should be encouraged to look into other aspects that are of interest and concern to mankind at large. For example, at this stage, the National Museum is conducting language courses at the Youth Center Building in its complex and the need for such international languages as French is being considered as

one language that needs to be taught as part of the language courses. So far Japanese language has already been taught and the course is currently in its second stage. As far as the teaching of the French Language is concerned, there need to be someone identified and funds to assist the person secured. The main reason for bringing this matter here is so that the Conference is made aware of this development not only in research collaboration but also in learning the language.

It is important that researchers and specialists from France are encouraged to collaborate more with organizations and institutions in the Solomon Islands in fostering a much closer tie that would assist nationals of both countries understand and appreciate each other's cultures and languages more than at present.

Conclusion

Therefore, in concluding it is obvious that French researchers and specialists' presence in Solomon Islands up until now is very limited and restricted only to the Laperous Research Project. It is time that this situation is changed so that more collaborative work is done between the two countries' specialists for a better understanding. To achieve this teaching of the French Language being proposed would assist foster this further and better.

Finally, I take this opportunity to thank the Institute of Research and Development, in particular Jean-Christophe Galipaud, Kareen Reaud of the Secretariat ARFP and the Commission for French Government in Noumea, New Caledonia for the invitation and financial support that enabled me to be here today. Without your support, it would not be possible for me to attend this very important Conference.
Thank you for the opportunity and support!

La linguistique

Darrell TRYON
Research School of Pacific and Asian Studies, Australian National University, Australia, Darrell.Tryon@anu.edu.au

En tant qu'Australien je suis très touché par l'invitation à donner une appréciation de la recherche française dans le Pacifique dans le domaine de la linguistique, puisque j'ai effectué mon premier terrain linguistique en Nouvelle-Calédonie en 1964, il y a exactement quarante ans. Le fruit de cette première recherché fut ma thèse de maîtrise sur le français parlé aux Iles Loyauté. Depuis cette période je me suis consacré à l'étude des langues océaniennes, très souvent en collaboration avec des chercheurs français, ayant effectué des missions de recherche principalement en Nouvelle-Calédonie, au Vanuatu, en Polynésie Française et aux Iles Salomon.

Avant de faire le bilan de la recherche française en linguistique dans la région du Pacifique, je tiens à remercier tout particulièrement Claire MOYSE-FAURIE, directrice de recherche au CNRS et actuellement professeur de linguistique à l'Université de la Nouvelle-Calédonie. Cette collègue de longue date m'a généreusement fourni les principales données qui m'ont permis d'enrichir mon intervention, surtout en ce qui concerne la Nouvelle-Calédonie.

La linguistique et les langues du monde

Il y a plus de 6,000 langues distinctes parlées dans le monde à l'heure actuelle. Notre seule région océanienne compte à peu près 25% de ces langues, soit quelques 1,500 langues pour une population qui ne dépasse pas les 10,000,000. [1,000 langues autochtones en Nouvelle-Guinée, y compris l'Irian Jaya), 65 aux Iles Salomon, 110 au Vanuatu, 28 en Nouvelle-Calédonie, 3 aux Fidji, 30 en Polynésie, et 15 en Micronesie]. Le Pacifique est la région où il y a la plus grande densité linguistique du monde, soit une langue pour 10,000 personnes en moyenne. En Mélanésie cette proportion atteint son apogée, une langue pour 2,000 locuteurs en moyenne au Vanuatu par exemple. A chaque langue correspond une culture, une identité, une façon de concevoir le monde, une façon de s'exprimer, une logique. C'est pour cette raison que l'étude des langues et cultures occupe une place aux premières loges de la recherche en sciences humaines dans le Pacifique, que ce soit le Pacifique anglophone ou francophone.

Ce n'est pas sans raison, puisque la majeure partie de ce riche patrimoine est en grave danger de disparaître pendant le vingt-et-unième siècle sans que nous ayons pu les sauvegarder ou au moins en enregistrer les éléments grammaticaux et le lexique qui nous permettront d'apprécier leur génie, leur façon de voir le monde, les concepts qui sont particuliers à leur société, bref, leur patrimoine identitaire et cognitif.

Les chercheurs

La recherche sur les langues de l'Océanie est effectuée principalement dans les universités du Pacifique Sud, en Australie, en Nouvelle-Zélande, à Hawaii, en Polynésie Française, aux Iles Fidji, en Nouvelle-Calédonie, au Vanuatu et en Nouvelle-Guinée.

Il y a quelques centres de recherche européens, en Norvège, en Allemagne, au Royaume Uni, aux Pays Bas et aussi en France.

On ne peut parler de recherches linguistiques dans le Pacifique sans parler de l'énorme travail accompli par les linguistes du CNRS, l'équipe du LACITO, le Laboratoire des Langues et Cultures à Tradition Orale [UMR 7107 –CNRS] à Paris, dirigée pendant longtemps par l'illustre André-Georges HAUDRICOURT (qui travaillait souvent avec le linguiste néo-zélandais K.J.HOLLYMAN, de l'Université d'Auckland). Avant sa venue, le terrain avait été défriché par le célèbre Maurice LEENHARDT, missionnaire protestant et ethno-linguiste, collègue de l'ethnologue Jean GUIART et de Maurice LENORMAND.

Mais ce n'est que pendant les années 1960 que la recherche linguistique menée par les chercheurs du CNRS a pris son essor. L'équipe d'HAUDRICOURT a parcouru les villages de la Nouvelle-Calédonie et la partie méridionale des Nouvelles-Hébrides, aujourd'hui le Vanuatu. Il s'agit de Jean-Claude RIVIERRE et sa femme Françoise Ozanne-RIVIERRE, de Claire MOYSE-FAURIE et plus tard, d'Isabelle BRIL. Cette équipe de chercheurs doués a effectué des recherches approfondies de première qualité qui constituent la base de nos connaissances linguistiques sur les langues calédoniennes aujourd'hui.

En Nouvelle-Calédonie il faut aussi mentionner la recherche de Jacqueline de la Fontinelle de l'INALCO ainsi que Michel AUFFRAY de la même maison.

A l'Université de la Nouvelle-Calédonie, nous avons vu l'instauration d'une licence en langues et cultures régionales, LCR, où quatre langues calédoniennes sont enseignées (le houailou, le paici, le drehu et le nengone). Cet enseignement est fondé sur les recherches de l'équipe du LACITO, realize par une équipe dirigée dans un premier temps par Claude LERCARIE, en collaboration avec Jacques VERNAUDON et Léonard Sam DRILË. Le programme d'enseignement de linguistique a été largement soutenu par des missionnaires métropolitains tels que Michel AUFFRAY (INALCO) et Claire MOYSE-FAURIE (CNRS), actuellement en détachement à l'Université de la Nouvelle-Calédonie comme professeur de linguistique.

Au Vanuatu, Jean-Michel CHARPENTIER (LACITO-CNRS) effectue des recherches depuis plus de trente ans, ayant publié des ouvrages qui font référence, surtout en socio-linguistique. Jean-Claude RIVIERRE a entrepris des recherches au centre et au sud du Vanuatu (Iles Shepherd et Tanna), alors que plus récemment Alexandre FRANÇOIS (LACITO-CNRS) a commencé à s'investir dans la zone septentrionale du pays. Michel AUFFRAY (INALCO) a également mené des recherches approfondies sur la langue d'Anatom, l'île la plus méridionale de l'archipel.

A Wallis et Futuna, Claire MOYSE-FAURIE s'est beaucoup investie ces dernières années, surtout sur la langue de Futuna. Ses publications ont beaucoup contribué à la sauvegarde et au développement de cette langue. A présent elle entreprend une étude du wallisien à la demande du gouvernement de Wallis et Futuna.

En Polynésie Française, la recherche française en linguistique doit beaucoup à Yves LEMAITRE, surtout sur le plan lexicologique. En marquisien, par contre, les principaux chercheurs ont été feu Henri Lavondès (ORSTOM, aujourd'hui IRD), Monseigneur Hervé-Marie LE CLEACH, et le RP François ZEWEN. Plus récemment on a vu l'essor de linguistes polynésiens tels que Louise PELTZER et Jean-Marius et Duro RAAPOTO, sans parler du travail normatif de l'Académie Tahitienne (Te Fare Vana'a) et de tout un groupe de doctorants polynésiens. Parmi les jeunes enseignants-chercheurs Jacques VERNAUDON s'est déjà fait remarquer.

En plus des chercheurs précités, il faut aussi mentionner les travaux linguistiques des ethnologues de l'EHESS à Paris, tels que Alban BENSA et Maurice GODELIER, et ceux de l'équipe du CREDO (Centre de Recherche et de Documentation sur l'Océanie), unité mixte de recherche, [chercheurs de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, du Centre National de la Recherche

Scientifique, et de l'Université de Provence] qui fait partie intégrante de la Maison de l'Asie-Pacifique à Marseille.

Etat actuel: ou en sommes-nous ? Les buts et les résultats

Les fruits des recherches menées par les chercheurs français dans le Pacifique depuis 1980 sont impressionnants. La plus grande concentration de recherche linguistique concerne la Nouvelle-Calédonie et Iles Loyauté, mais avec des contributions scientifiques majeures au Vanuatu (ex Nouvelles-Hébrides), à Wallis et Futuna, et en Polynésie Française.

Nouvelle-Calédonie

Grâce aux chercheurs français, nous disposons d'une riche documentation sur la langue principale de la Nouvelle-Calédonie et des Iles Loyauté, une série impressionnante de grammaires et le dictionnaire qui constituent la documentation sur laquelle est basée l'enseignement des langues mélanésiennes à l'Université de la Nouvelle-Calédonie. Sur les vingt-huit langues répertoriées, il existe au moins une grammaire approfondie et un dictionnaire pour les langues les plus importantes. L'engagement de ces linguistes a été long et soutenu. Citons, par exemple:

-Isabelle Bril (2000) *Dictionnaire nêlêmwa-nixumwak-français-anglais (Nouvelle-Calédonie)* (Paris:Peeters)

- Isabelle Bril (2002) *Le nêlêmwa (Nouvelle-Calédonie): Analyse syntaxique et sémantique* (Paris: Peeters)

- Jacqueline de la Fontinelle (1976) *La langue de Houailou: déscription phonologique et déscription syntaxique.* (Paris:SELAF)

- Claire Moyse-Faurie (1983) *Le drehu: langue de Lifou, îles Loyauté: phonologie, morphologie, syntaxe* (Paris:SELAF)

- Claire Moyse-Faurie (1993) *Dictionnaire futunien-français*. Paris: Peeters.

- Claire Moyse-Faurie (1995) *Le xârâcùù : langue de Thio-Canala (Nouvelle-Calédonie), Eléments de syntaxe. Paris: Peeters.*

- Claire Moyse-Faurie & Marie-Adèle Néchérö-Jorédié (1986) *Dictionnaire xârâcùù-français* (Nouméa:Edipop)

- Claire Moyse-Faurie (1997) *Grammaire du futunien.* Collection Université. Centre de Documentation Pédagogique Nouvelle-Calédonie – Association Socio-culturelle Futuna – Service des Affaires Culturelles de Futuna.

- F.Ozanne-Rivierre (1976) *Le iaai, langue mélanésienne d'Ouvéa, Nouvelle-Calédonie: phonologie, morphologie, syntaxe* (Paris: SELAF)

- F.Ozanne-Rivierre (1984) *Dictionnaire iaai-français (Ouvéa, Nouvelle-Calédonie*) (Paris: SELAF)

- F.Ozanne-Rivierre (1998) *Le nyelâyu de Balade (Nouvelle-Calédonie)*. Paris: Peeters.

- J-C.Rivierre (1980) *La langue de Tuoho: phonologie et grammaire de cèmuhï (Nouvelle-Calédonie)* (Paris:SELAF)

- J-C.Rivierre (1983) *Dictionnaire paicî-français* (Nouvelle-Calédonie) (Paris:SELAF)

- J-C.Rivierre (1994) *Dictionnaire cèmuhî-français (Nouvelle-Calédonie).* Paris: Peeters.

- J-C.Rivierre et S.Ehrhart (sous presse) *Le bwatoo et les dialectes de la région de Koné* ;

Pendant la dernière décennie l'équipe du LACITO a également publié un nombre considérable de textes et de dictionnaires thématiques sur les langues calédoniennes. Parmi les réalisations les plus remarquables les chercheurs du LACITO ont réalisé une brillante présentation de la littérature orale kanake sous forme de CD-ROM, à la suite d'un contrat CNRS/ADCK. Cette série de neuf CD-ROM, destinée à la médiathèque du Centre Culturel Tjibaou de Nouméa rendent accessible une centaine de textes oraux dans une quinzaine de langues. Chaque texte peut être auditionné en même temps que défilent transcription et traduction.

Le rapport d'activités du LACITO (1999-2004) annonce aussi un programme d'étude, d'édition et de formation pour la période 2005-2009, en partenariat avec la Province Nord de la Nouvelle-Calédonie. Car l'équipe de ce laboratoire a aussi pour mission la sauvegarde et l'enseignement des langues parlées sur le territoire. Dans ce contexte ils viseront l'étude des langues peu ou mal documentées, en particulier le mea, le yuanga, le pwaamei et le pwapwâ, les dialectes de la région de Tiéta, ceux de la région de Poya : l'arhö et l'arhâ.

Puisque les vingt-huit langues de Nouvelle-Calédonie et les deux langues de Wallis et Futuna, comme les autres langues des DOM-TOM, sont répertoriées "langues régionales" (ou "Langues de France"), elles ont toutes été documentées dans une étude réalisée par l'équipe du LACITO à la demande du Ministère de la Culture.

C'est dans ce contexte que les principales caractéristiques linguistiques et les données externes (implantation géographique, nombre de locuteurs, enseignements existants, présence de la langue au plan littéraire, religieux et dans les medias, bibliographie) ont été inventoriées pour faciliter la sauvegarde de ces langues, dans la perspective de la ratification par la France de la Charte Européenne des Langues Régionales.

Vanuatu

Au Vanuatu, Jean-Michel CHARPENTIER et Alexandre FRANÇOIS, tous deux membres du LACITO, ainsi que Michel AUFFRAY (INALCO) mènent d'importants programmes de recherche en linguistique.

CHARPENTIER, qui étudie les langues vanuataises depuis 1970, a réalisé en 1982 un important *Atlas linguistique de Sud-Malakula – Linguistic atlas of South-Malakula (Vanuatu)* (Paris:SELAF). Ce linguiste a collaboré plus récemment avec Darrell TRYON (Australian National University) pour réaliser un ouvrage de synthèse *Pacific Pidgins and Creoles: Origins, History and Development* (Berlin: Mouton de Gruyter, 2004). Son ouvrage *Le bislama(n) et le multilinguisme aux Nouvelles-Hébrides*, Paris: SELAF (1979) avait déjà constitué une importante contribution à la sociolinguistique océanienne il y a vingt-cinq ans.

Le jeune linguiste Alexandre FRANÇOIS a rédigé une importante monographie du mwotlap (motlav), des Iles Banks au nord de l'archipel, *Contraintes de structures et liberté dans l'organisation du discours. Une description du mwotlap, langue océanienne de Vanuatu* (2002). En 2002 il a publié également *Araki: a disappearing language of Vanuatu*, Canberra: Pacific Linguistics.

Quant à Michel AUFFRAY, il a fait de longues années d'étude sur la langue d'Anatom, la langue la plus méridionale au Vanuatu. Ses textes et son lexique de cette langue fourniront une documentation précieuse qui complétera les travaux grammaticaux et syntaxiques de John Lynch (Université du Pacifique Sud).

Wallis et Futuna

En linguistique, Claire MOYSE-FAURIE s'est beaucoup investie dans l'étude du futunien, ayant réalisé un excellent dictionnaire de cette langue, le premier depuis celui du Père GREZEL en 1878, ainsi qu'une grammaire et un recueil de textes. Elle a collaboré aussi avec Bernard VIENNE (ethnologue) et Daniel FRIMIGACCI (archéologue) pour réaliser un ouvrage pluridisciplinaire sur la tradition orale et l'histoire et préhistoire de Futuna. A présent elle termine une grammaire de référence de la langue de Wallis (le faka'uvea) à la demande de l'administration de cette île.

Polynésie française

Les langues polynésiennes de la Polynésie Française constituent un riche domaine pour la recherche. En tahitien, il faut signaler le travail lexicographique d'Yves Lemaître dont le *Lexique du tahitien contemporain* (1973) a déjà connu plusieurs réimpressions. Il faut signaler que cet ex-orstomien est en train de terminer une nouvelle édition, revue et agrandie.

Mais il faut surtout souligner et applaudir les efforts des Polynésiens eux-mêmes en matière de linguistique. Louise PELTZER, originaire de Huahine, s'est distinguée par ses écrits littéraires et aussi par ses analyses grammaticales du tahitien, *Grammaire descriptive du tahitien* (1996) et *Structure de la langue tahitienne* (G.Lazard et L.Peltzer 2000). Elle est professeur dans le programme de Reo MA'OHI (Linguistique tahitienne) à l'Université de la Polynésie Française.

Duro et Jean-Marius RA'APOTO se sont distingués aussi dans le domaine de la recherche et de l'enseignement du tahitien et dans les écoles et au niveau universitaire. C'est dans ce domaine aussi que s'est distingué le jeune enseignant-chercheur Jacques VERNAUDON, dont la thèse fait preuve d'originalité. Ce qui distingue la Polynésie Française des autres régions du Pacifique, c'est la formation et le déploiement de linguistes océaniens dans le domaine de la recherche et l'enseignement des langues polynésiennes. Dans ce contexte il faut mentionner l'énorme travail de l'Académie Tahitienne (Te Fare Vana'a), qui a réalisé une *Grammaire de la langue tahitienne* (1986), un *Dictionnaire tahitien-français* (1999), ainsi qu'une publication de néologismes élaborés pour traduire les termes techniques de la vie moderne, *Petit lexique du vocabulaire technique* (1987).

Pour le marquisien, il faut signaler le travail analytique du Père François ZEWEN dans sa grammaire de cette langue, et le travail lexicographique de Monseigneur Hervé-Marie LE CLEACH, dont le dictionnaire est destiné à faciliter l'enseignement du marquisien. Le Motu Haka (Association culturelle marquisienne) participe activement aux travaux de l'Académie Marquisienne, surtout pour la compilation d'un dictionnaire marquisien compréhensif.

En termes de recherche et de collaboration scientifique en Polynésie Française, il faut également applaudir l'initiative du Ministère de la Culture à Tahiti, qui parraine un grand projet de créer un atlas linguistique de la Polynésie Française, avec la participation de chercheurs du LACITO-CNRS en métropole.

Perspectives

La recherche française en linguistique dans le Pacifique est universellement respectée et occupe une place de première catégorie. Elle mérite cette place, bâtie sur de longues années de recherche fondamentale, surtout en Nouvelle-Calédonie, où les chercheurs français ont dû presque commencer à zéro il y a trente ans, comme partout en Mélanésie d'ailleurs. L'état de connaissance des langues calédoniennes à l'heure actuelle est fondé sur un énorme investissement intellectuel de longue durée. C'est cette base solide qui a favorisé la réalisation des grammaires, dictionnaires et recueils de textes qui couvrent les langues majeures du pays, surtout celles qui sont parlées dans la Province Nord et aux Iles Loyauté. En plus, c'est l'existence de cette documentation qui a rendu possible l'entreprise lancée après la signature des Accords de Nouméa en 1998, à savoir la création d'un cursus universitaire à l'Université de la Nouvelle-Calédonie consacré à l'enseignement de quatre langues mélanésiennes du pays dans la filière Langues et Cultures Régionales.

C'est ce programme qui favorisera la formation de chercheurs océaniens en linguistique. Il y a très peu de chercheurs ou d'enseignants-chercheurs océaniens en linguistique dans le Pacifique francophone actuellement. Alors que bon nombre de leurs homologues se remarquent ailleurs dans le Pacifique anglophone, en Papouasie Nouvelle-Guinée, au Vanuatu et aux Iles Fidji, aux Tonga et aux Samoa, sans parler de la Nouvelle-Zélande. Il est important de remédier à cette lacune, non seulement sur le plan politique, mais surtout sur le plan scientifique, car les Océaniens ont une vision analytique et une perception de leur propre langue qui échappent parfois aux chercheurs qui ne décrivent pas leur propre langue maternelle.

Depuis trente ans, la recherche française en linguistique dans le Pacifique a beaucoup évolué. Il y a trente ans c'était l'époque de la chasse gardée, avec peu de collaboration entre groupes de recherche. Mais petit-à-petit la recherche s'est internationalisée, avec de plus en plus de programmes de recherche collaboratifs, surtout en ce qui concerne les langues austronésiennes. Le LACITO du CNRS nous servira de bon exemple, puisque leurs chercheurs sont en contact et en collaboration constants avec des équipes de linguistes de l'Australian National University, L'Université d'Auckland, l'Université de Pacifique Sud, sans parler des groupes de recherche dans plusieurs universités européennes. Cette collaboration internationale est indispensable, puisque les questions scientifiques qui préoccupent la discipline et au niveau de la linguistique théorique et au niveau de la linguistique océanienne dépassent les frontières politiques pour devenir des projets de recherche d'envergure et d'intérêt régional et international.

Cette collaboration internationale devient encore plus indispensable de nos jours, puisque nous participons à de plus en plus de programmes de recherche pluridisciplinaires. Les programmes de recherche internationaux qui nous intéressent impliquent non seulement la linguistique, mais très souvent l'archéologie, l'anthropologie, la génétique, la démographie, la géographie et l'histoire, par exemple.

Mais peut-être que la tâche la plus urgente est l'enregistrement et la documentation des langues et dialectes du Pacifique, mélanésiennes et polynésiennes, qui ont peu de locuteurs et qui risquent de disparaître dans les vingt-cinq ans à venir. C'est une question de sauvegarder un des marqueurs d'identité les plus importants qui soient. Et pour cela il est indispensable de donner une formation adéquate aux Océaniens, puisque les laboratoires scientifiques actuels n'ont plus les moyens d'assurer cette sauvegarde.

Les cadres théoriques de l'étude des représentations esthétiques dans la région Pacifique

Sylvie ANDRE
Université de la Polynésie française, sylvie.andre@upf.pf

Les représentations esthétiques contemporaines dans la région Pacifique apparaissent à la simple observation comme un art « hybride ».

Quels cadres d'analyses peuvent correspondre à ce constat ? Comment rendre compte scientifiquement de cette observation ?

Base théorique : l'art est une proposition de sens adressée à la collectivité, le lieu par excellence de la négociation de la définition d'une identité individuelle et communautaire.

Il n'est pas l'expression de quelque-chose qui préexiste, âme, nation, identité culturelle... (cf. Michel Beniamino, p.308)

Deux cadres théoriques relevant des études littéraires comparées, mais aussi de l'anthropologie peuvent être utilisés : théories du post-colonialisme et du multiculturalisme.

Les Etudes Postcoloniales

Cadre théorique

En littérature, les études post-coloniales ont été initiées par des universitaires australiens : Ashcroft, Griffith, Tiffin. Pour eux, le mot a un sens clairement chronologique : avant et après la colonisation. Ils précisent « However, from the late 1970s the term has been used to discuss the various cultural effects of colonization". A l'heure actuelle, Jean Marc Moura propose une définition intéressante des études post-coloniales : « étude des stratégies d'écriture déjouant la vision coloniale ».

Les études post-coloniales ont en tout cas commencé avec l'élaboration d'une théorie critique à propos du discours colonial tel que l'on pouvait le trouver dans des textes littéraires (Edward Saïd).

Quelle validité peut-on accorder à la théorie post-coloniale pour la région Pacifique ?

Après le colonialisme

Il faut penser au problème posé par la Nouvelle Calédonie, la Polynésie française, Nauru qui a du mal à assurer son statut de pays indépendant, mais aussi du peuple aborigène d'Australie ou des Maoris de Nouvelle-Zélande.

D'une manière plus théorique, dans leur dernier ouvrage Ashcroft et alii reconnaissent que la colonisation n'est pas un phénomène historiquement limité à partir duquel on peut définir un « après », mais « a transhistorical thing ».

« Stratégies d'écriture déjouant la vision coloniale »

Je voudrais caractériser de manière générale la position de J.M. Moura, à qui est empruntée la citation, à l'égard des théories postcoloniales, mot qu'il utilise sans tiret, et telles qu'elles apparaissent dans l'orbe anglo-saxonne. En effet, les réflexions théoriques de Ashcroft, Griffiths, et Tiffin par exemple, lui paraissent relever plus largement d'une sociologie de la littérature dans le meilleur des cas que de l'analyse littéraire : *« Le risque de cette approche (...) est le privilège accordé à une lecture idéologique, ignorant le travail d'écriture. La critique postcoloniale peut éviter cet écueil en s'intéressant au champ littéraire qui reste à créer (...) et aux stratégies de soumission transgressive des modèles et genres littéraires européens »* (o.c. p.58)

La grille d'analyse proposée par J.M. Moura s'arrête donc aux aspects formels de la littérature et refuse aussi une approche chronologique. Ce refus d'envisager une dimension historique est encore très présent dans le choix fait par J.M. Moura de distinguer un post-colonialisme avec tiret, synonyme d'après-indépendance et postcolonialisme sans tiret, évoquant un phénomène purement littéraire de *« stratégies d'écriture déjouant la vision coloniale »*. Ces choix d'analyse me semblent singulièrement l'appauvrir même s'ils relèvent de scrupules scientifiques très respectables.
Pour une analyse critique des choix théoriques de J.M. Moura voir : Sylvie André, *Les Littératures francophones du Pacifique à la lumière des théories post-coloniales,* communication présentée au colloque Littératures d'émergence, intérêt local et global, Nouméa 2003.

Selon cette acception, il ne saurait y avoir d'études post-coloniales que pour les arts des pays qui se définissent toujours par rapport à la colonisation.

Or, selon A.Memmi, dans des pays indépendants depuis cinquante ans, il faudrait passer à autre chose : *« Les relations internationales ne sont certes pas régies par la pitié et la philanthropie ; il s'agit d'une autre sorte d'emprise, qu'il faudrait analyser, mais plus de décolonisation ou de néocolonisation »* (o.c.p.38). Selon lui, rester figé dans la mise en cause du colonialisme est une forme de « démission des intellectuels » et des écrivains.

Selon Jean Bessière, *« le postcolonialisme (...) est une idéologie de la levée de l'aliénation, selon une double analyse- celle du pouvoir, celle du statut de l'écriture et de la parole »*. Or, pour lui, la littérature francophone actuelle ne se pose plus la question de la récupération de l'identité *« presque toujours donnée pour recouvrée si elle a jamais été véritablement perdue »*, ni celle de la levée de l'aliénation. L'histoire serait lue comme portant témoignage d'une constante de l'identité en même temps que de l'interdépendance à un autre ou à d'autres.

Toujours selon Jean Bessière, la littérature francophone contemporaine rejetterait une téléologie de l'Histoire. Dans la théorie post-coloniale en revanche, *« il faut reconnaître la contrepartie de la raison occidentale de l'histoire-souci constant de la fin, inquiétude devant l'absence de fin »*. Par opposition au post-colonialisme de Salman Rushdie par exemple qui postule une absence de sens de l'histoire par incapacité de lire l'histoire de l'Inde autrement qu'en référence à la colonisation anglaise, certains écrivains apporteraient une nouvelle lecture du temps historique, placée sous le signe de la continuité, de l'interdépendance, de la survie face à tout pouvoir, de la prise en compte du réel, de la relativisation des concepts de résistance à l'oppression coloniale et de souveraineté nationale à conquérir empruntés à l'histoire occidentale.

L'analyse de Jean Bessière réintroduit le contexte socio-culturel comme déterminant pour les orientations littéraires. Des types de colonisation différents donneraient donc des façons différentes de peindre le monde : ex-colonies anglaises versus ex-colonies françaises, processus de départementalisation largement accepté aux Antilles.

Doit-on en conclure que les études post-coloniales restent particulièrement productives dans le Pacifique, du fait du contexte spécifique de décolonisation, ou bien faut-il aller au-delà?

« The very domain of post-colonial theory is the region of « taboo »

Ashcroft et alii, poursuivent leur réflexion et donnent ce nouvel objectif aux études post-coloniales. Etudier : « the domain of overlap between these imperial binary oppositions, the area in which ambivalence, hybridity and complexity continually disrupt the certainties of imperial logic ».

Adopter cette position théorique, il faut le dire clairement, dans le Pacifique, c'est être en contradiction avec une revendication identitaire très forte : maohi, kanak, aborigènes, maoris. Est-on dès lors fondé à s'appuyer sur le principe théorique du multiculturalisme ?

Les théories du Multiculturalisme

Rendons d'abord un hommage à L.S.Senghor et à son « métissage culturel » si férocement combattu.

Antilles : Ecrire en pays dominé

« Malheur à ceux qui écrivent contre la domination de l'âge dernier : ces balles ont un passé grandiose mais peu de lendemain » (o.c. p.20).

Pour P. Chamoiseau et pour d'autres écrivains antillais, leur richesse est dans la diversité de leur moi : « moi-colons, moi-amérindiens, moi-africains » (o.c. p.102-122). Selon P. Chamoiseau, pour ne pas mener des combats rétrogrades contre une domination qui a changé de face, il faut accepter cette « mosaïque culturelle » et l'utiliser contre le phénomène contemporain d'une mondialisation totalisante.

Amérique du Sud : Transculturation et Hybridisation

Cuba et les pays d'Amérique du Sud ont forgé ces théories pour rendre compte de leur identité, plus de cent ans après leur indépendance. Le métissage culturel est revendiqué comme le signe même de leur identité.

Cependant, ces concepts sont très controversés, comme le démontrent Ashcroft et alii. Selon eux, ils se réfèrent *« à la création de nouvelles formes transculturelles à l'intérieur de la zone de contact produites par la colonisation. »*. Toujours selon les mêmes auteurs il a été reproché à l'hybridation de perpétuer, en utilisant d'autres voies, une lecture raciale des phénomènes. On maintiendrait donc insidieusement la prééminence de la culture occidentale, considérée comme le substrat de l'hybridation. Un simple constat semble corroborer cette critique. Il est remarquable que, en Nouvelle-Zélande, en Nouvelle-Calédonie ou même en Polynésie ce concept d'hybridation ne soit pas revendiqué par les Polynésiens et les Kanak mais davantage par les Pakéha, les Caldoches et certains Popa'a. La reconnaissance d'un mélange d'éléments culturels de diverse origine serait donc une sorte de construction intellectuelle émanant des descendants des colons pour légitimer leur droit à la terre et à être là alors que le discours maori ou kanak est beaucoup plus identitaire.

L'autre reproche fait à ce concept est qu'il est trop général et donc qu'il nie les différences historiques et locales. Toutefois Ashcroft et alii insistent sur son aspect subversif, du fait qu'il attaque les bases mêmes du discours colonial : *« For Bakhtin, for example, hybridity is politicized, made contestatory, so that it embraces the subversion and challenge of division and separation »*. Sans doute peut-on dépasser cette difficulté, en associant la notion à des éléments historiques ou locaux précis qui permettent de la cerner et à une étude rigoureuse des textes.

Un exemple de tentative de théorisation : La francophonie littéraire (M. Beniamino)

Pour M.Beniamino, la production littéraire est *« un des lieux essentiels où tout à la fois s'exprime et se fabrique un « discours identitaire efficace socialement » »*. (o.c.p.124)

« L'Etude des littératures francophones investit trop souvent empiriquement le champ de l'étude des sociétés, en ignorant les réflexions des sciences humaines qui disposent des concepts adéquats pour le faire » (o.c.p.51). Il y a donc un nécessaire recours, non seulement à la linguistique, mais aussi à la géographie, à l'histoire et à l'anthropologie, même si ce recours n'est pas la panacée et si *« les anciens paradigmes théoriques de la détermination de la production littéraire fondés sur la race, la culture, la tradition, la nation, etc. »* doivent être repensés. (o.c.p.70)

A partir d'une réflexion théorique, M. Beniamino propose une typologie des littératures francophones qui bouscule l'un des principes fondamentaux de la linguistique institutionnelle : une langue= un univers symbolique.

Il propose de distinguer les situations de créolisation où *« deux mediums linguistiques (le français et le créole) offrent une égale possibilité de modifier ou de conforter l'univers symbolique de ces sociétés »*, des situations de colonisation où *« différents médiums linguistiques (français et langues vernaculaires) ont à conforter ou à contester différents univers symboliques qui s'affrontent pour devenir hégémoniques »*. Il ajoute *« dans certains cas on peut passer à des situations de « convivialité linguistique » où différents médiums linguistiques servent à conforter ou à contester un seul et même univers symbolique »* (o.c.p.311)

Comment situer selon cette typologie les littératures et les arts du Pacifique ? situations de créolisation (bichlamar au Vanuatu), de colonisation (aborigènes en Australie ?) ou de convivialité linguistique (Polynésie française ?)

Une nécessité s'impose à la suite de ce bref panorama théorique et critique

Il convient d'échapper aux théories globalisantes et institutionnalisées. Pour penser la différence ne faut-il pas réintroduire la dimension historique et anthropologique ?

Les apports de l'histoire : un exemple

Le phénomène littéraire autochtone prend une importance nouvelle en Polynésie française et en Nouvelle Calédonie depuis le début des années 90. Il existait cependant une littérature écrite en français avant cette époque, surtout des fictions narratives écrites par des Caldoches, mais qui étaient peu connues, car elles n'avaient pas été rééditées.

On peut tenter de montrer comment une situation géographique différente, des types de colonisation et d'évangélisation différents, ont donné dans ces deux contrées du Pacifique, territoires français, des paysages littéraires assez éloignés l'un de l'autre, où s'exprime et se construit une revendication identitaire originale. Dans les deux cas, nous avons des sociétés pluriethniques, mais que l'histoire a conduites à des revendications identitaires différentes.

Les apports de l'anthropologie : Vers un multiculturalisme français

En guise de conclusion, il ne semble pas inutile de s'appuyer sur la réflexion menée par l'anthropologue français Jean Loup Amselle, qui a beaucoup écrit sur le multiculturalisme et ses conséquences en France contemporaine. Selon lui, face à l'innovation identitaire des immigrés comme des départements et territoires d'outre-mer : « Face (...) à la recomposition d'ethnies et de communautés, la laïcité républicaine, fondée sur une conception atomistique de la citoyenneté, craque de toutes parts ». C'est bien l'impression que laissent les dernières réformes constitutionnelles relatives aux collectivités d'Outre-mer et à la Nouvelle-Calédonie.

Son analyse va au-delà de ce constat. Pour lui, Les intellectuels, *« en transcrivant les langues, les coutumes, le folklore, la musique, (...) ont contribué à l'émergence des nationalismes européens du XVIII° et du XIX° siècle ainsi qu'à l'apparition de leurs « sous-produits » les cultures des minorités ethniques »*. Ainsi, la culture au sens où l'entend l'anthropologie culturaliste, la nation, l'état bureaucratique centralisé et le colonialisme sont-elles des notions extrêmement liées : *« Comment se constitue une culture ? Cette question ne peut se poser indépendamment de l'interrelation existant entre les différentes cultures, de la fixation de celles-ci par l'écrit et de l'émergence d'une forme d'Etat particulière : L'Etat bureaucratique centralisé »*. Selon lui, au contraire, la culture n'est pas un phénomène stable, comme ont voulu le décrire les premiers anthropologues, un héritage pérenne sur lequel fonder un Etat-nation indépendant, mais plutôt un champ de négociation constant dans les sphères sociale et politique d'une communauté.

Dans la mesure où nous assistons à un mouvement de globalisation et d'internationalisation à peu près général, à la disparition du colonialisme, à la mise en cause de l'Etat-nation hérité du XIX° siècle, ne devrions-nous pas nous interroger sur la validité du schéma utilisé dans les divers statuts

politiques des pays d'Outre-mer qui lie étroitement : culture/nation/état/indépendance, pour penser les représentations esthétiques de la Région Pacifique ?

Références bibliographiques

Amselle, J.L., (1989). Logiques métisses, Payot.

Amselle, J.L., (1996). Vers un multiculturalisme français, Aubier.

André, S., (2002). *La Quête identitaire dans les littératures polynésienne et néo-calédonienne*, in La France et les Outre-mers, revue Hermès, CNRS Editions.

Discours identitaire et statut des langues dans la littérature francophone polynésienne in Littératures du Pacifique, (2004). Panozzo Editore, Rimini.

Les Littératures francophones du Pacifique à la lumière des théories post-coloniales, communication présentée au colloque Littératures d'émergence, intérêt local et global, Nouméa 2003.

Ashcroft, Griffiths, Tiffin, Post-colonial Studies, The Key Concepts, Routledge, 2001

Beniamino, M., (1999)La Francophonie littéraire, L'Harmattan.

Bessière, J., (2001). *Fictions de l'interdépendance et du réel*, in Littératures postcoloniales et francophonie, Champion.

Chamoiseau, P., (1997). Ecrire en pays dominé, Gallimard.

Dauphiné, J., (1989). Les Spoliations foncières en Nouvelle-Calédonie, L'Harmattan.

Kintzler, C., (1996). La République en questions, ed. Minerve.

Memmi, A., (2004). Portrait du décolonisé, Gallimard.

Moura, J.M., (1999). Littératures francophones et théorie postcoloniale, PUF.

Moura, J.M., (2001). *Sur quelques apports et apories de la théorie postcoloniale dans le domaine francophone* in Littératures postcoloniales et francophonie, Champion.

Zorn, J.F., (1993). Le Grand siècle d'une mission protestante, ed. Karthala.

La Géographie au service du développement et de l'environnement ? Bilan de 50 ans de Géographie francophone en Océanie

Jean-Michel LEBIGRE [1] et Patrick D'AQUINO [2]
[1] Université de la Nouvelle-Calédonie, Transcultures, ADES, lebigre@univ-nc.nc
[2] CIRAD, Institut Agronomique néo-Calédonien

Même si elles ont commencé à se développer dès le XIXe siècle (Saussol, 1987), les recherches de Géographie consacrées à l'espace océanien (la Mélanésie, la Polynésie à l'exclusion de la Nouvelle-Zélande, l'Australie, les Galapagos et la Micronésie), n'ont pris de l'ampleur que depuis une cinquantaine d'années. De ce point de vue, l'article de Bastian (1951) sur Nouméa dans les Cahiers d'Outre-Mer est le premier d'une longue liste. Nous nous sommes interrogés sur la place qu'avait le thème « développement et environnement» au sein de la production des géographes ayant publié en langue française. Pour cela, une bibliographie d'environ 200 références a été établie et analysée. Faute de place dans cette publication, on pourra la consulter sur le site http://pages.univ-nc.nc/~lebigre/JMLindex.html. Elle n'a pas la prétention d'être exhaustive ; outre de probables lacunes, elle exclût :

- les mémoires de DEA et ceux de maîtrise ;
- une partie des travaux des chercheurs les plus prolifiques ; ainsi, Joël Bonnemaison a produit une soixantaine de publications concernant le Pacifique mais nous n'en avons retenu ici que six, les plus significatives ;
- les publications dans des langues autres que le français.

Le parti pris de se limiter aux seules publications et thèses écrites en français est lié à la difficulté de recenser les innombrables travaux en langue anglaise, produits principalement en Australie, en Nouvelle-Zélande, à Hawaii et à Fidji. Il est évident que les auteurs francophones ne représentent qu'une part limitée du total. Quelques auteurs anglophones seulement ont publié en français ou ont été traduits (Perry, 1990 ; Horowitz, 2003a, 2003b, 2004). En revanche, on pourrait ajouter de nombreux articles publiés en anglais par les auteurs que nous avons cités ici.

Il est important de noter que ce type de bilan a déjà été réalisé dans le passé sous des formes sensiblement différentes de celle-ci. En 1987, Alain Saussol a produit dans le Journal de la Société des Océanistes une note de trois pages consacrée aux « *Travaux des géographes français dans le Pacifique* ». En 1988, François Doumenge, Alain Huetz de Lemps et Odile Chapuis ont publié dans la collection « *Iles et Archipels* » une « *Contribution française à la connaissance géographique des mers du Sud* » qui recensait la production scientifique française bien au delà de la Géographie et du Pacifique. Un peu plus tard, en 1990, François Doumenge et Jean-Pierre Doumenge, ont dans la même collection limité leur propos au Pacifique (« *Le Pacifique, l'océan, ses rivages et ses îles. Trente ans de recherche scientifique française dans le Pacifique (1960-1990 »)* dans un bilan bibliographique de la recherche française qui fait encore référence.

Une majorité de thèmes, répertoriés un peu plus loin (tabl. 1), est partagée entre diverses disciplines. Cela a pour conséquence que certains géographes sont parfois classés à tort comme

relevant de disciplines autres que la leur. C'est le cas, pour ne citer que deux exemples connus, de Joël Bonnemaison, un spécialiste de géographie culturelle, souvent considéré comme anthropologue, ou de Paolo Pirazzoli, un spécialiste des niveaux marins, parfois classé parmi les géologues ou les océanologues. Inversement, certains non-géographes sont communément pris pour des géographes. C'est le cas notamment de Claude Robineau, un anthropologue, qui a produit de nombreux articles sur l'urbanisation et ses conséquences. Aussi ne sera pas étonné d'apprendre que la plupart des études de Géographie portant sur l'Océanie s'inscrivent dans le cadre de collaborations avec d'autres disciplines, généralement par le biais de programmes pluridisciplinaires : les atlas, remarquables outils au service du développement, sont tout à fait révélateurs du phénomène.

Qui sont les chercheurs en Géographie ?

Il est difficile de parler de recherches sans aborder la question des chercheurs. On peut s'apercevoir qu'il existe de nombreuses catégories de chercheurs en géographie travaillant ou ayant travaillé sur le Pacifique. S'il fallait produire à ce sujet une typologie sommaire, différents critères pourraient être pris. Le statut est le premier d'entre eux : on peut en effet distinguer des chercheurs, appartenant aux grandes institutions que sont l'IRD, le CIRAD ou le CNRS, des enseignants-chercheurs relevant des universités, de simples doctorants, et parfois même des enseignants du secondaire, tout en sachant que certains chercheurs sont passés par plusieurs de ces phases. La période d'activité consacrée à l'espace océanien se présente comme un deuxième critère de différenciation. Si certains ont développé leurs recherches en Océanie au long de toute une carrière, d'autres se sont intéressés à cet espace pendant une période limitée soit en début, soit en fin de carrière, sans parler de ceux qui entament juste leurs recherches dans le Pacifique. Cela conduit à s'interroger sur les caractères propres aux séjours des chercheurs travaillant dans le Pacifique : on peut opposer des résidents de longue durée à des résidents de moyenne durée, mais aussi à des résidents occasionnels, voire même à des « non-résidents » qui dans quelques cas extrêmes n'ont jamais eu l'occasion de séjourner en Océanie.

Un premier phénomène s'impose à l'observateur extérieur : il n'y a encore que très peu de géographes francophones originaires du Pacifique. Le second phénomène mis en lumière est la grande diversité de profils des chercheurs. On compte un petit nombre de chercheurs ayant consacré à l'espace océanien une majeure partie de leur carrière et y ayant réalisé leur(s) thèse(s). Nous citerons dans cette catégorie : François Doumenge, Joël Bonnemaison, Jean-Pierre Doumenge, Alain Saussol et Christian Huetz de Lemps. A l'opposé, on connaît quelques chercheurs reconnus n'ayant consacré qu'une petite partie de leur carrière à l'espace océanien : Richard Maire, Roland Paskoff et Claude Collin-Delavaud sont de ceux-là.

Une multiplicité de thèmes traités

Cela est considéré selon les cas comme le défaut ou la qualité majeure de la discipline : la Géographie s'attache à l'étude d'un grand nombre de thèmes se situant à l'interface des autres sciences humaines et sociales, des sciences de la Terre et des sciences de la vie. La question du développement peut donc être abordée non seulement dans sa seule composante sociale mais aussi à l'interface environnement / société. Nous avons essayé de répertorier quelques uns des thèmes les plus souvent exprimés, en essayant de mettre en évidence la problématique développement / environnement. Il est bien entendu que c'est, sauf exception, pour chaque publication, le thème que nous avons considéré comme majeur qui a été répertorié dans les lignes qui suivent.

Les milieux, leurs composantes naturelles, leurs dynamiques

Il s'agit de travaux portant directement sur l'environnement, classés par entrées géomorphologique, climatique, hydrologique ou biogéographique. On note que de nombreux travaux sont centrés sur les aléas naturels ou sur la gestion de la ressource, ce qui les classe parmi les études en lien étroit avec le développement.

Parmi les travaux à entrée géomorphologique, citons chronologiquement : Guilcher (1965), Paskoff (1978), Maire et Pernette (1980), Maire (1983), Regnauld (1985), Iltis (1986, 1990, 1992), Dupon (1987), Laganier (1994), Jost (1996, 1998).

Parmi les travaux à entrée climatologique ou hydrologique, on peut mettre en lumière : Guilcher (1955), F. Doumenge (1984), Pirazzoli (1988, 1998), Bessat (1997), Bessat et Tabeaud (1997), Dupon (1985, 1987), Iltis et Crozier (1987).

Enfin, on note que les travaux à entrée biogéographique, dus à des géographes, sont plutôt rares : Schäfer (1977), Lebigre (2004).

Les milieux « naturels » gérés et perçus par les communautés humaines

D'autres travaux abordent les milieux dits « naturels » à travers leurs représentations par les communautés qui se les sont appropriés ou travers les questions de gestion de ces milieux. Cela n'implique pas obligatoirement de la part des chercheurs une connaissance poussée des processus naturels. Mais là aussi, nous sommes au cœur de la problématique développement / environnement.

Le thème des représentations de l'espace et de la nature qui relèvent de la géographie culturelle, ainsi que celui du patrimoine ont connu pour l'essentiel, un développement récent : Saussol (1986), Bonnemaison (1972, 1986, 1990-91, 1997), Bachimon (1990), Jacquier (1994), Chanteraud (1999, 2001, 2003), Vacher (2000), Lextreyt (2000), Roosen (2001, 2003), Guillaud *et al* (2003), Lebigre et Angleviel (2003), Decoudras (2003), Siméoni (2003), Horowitz (2003 a et b, 2004).

Il en est de même pour la gestion des espaces naturels : F. Doumenge (1966), David (1991), Grenier (1997, 2000), Jost (1996, 1998, 2003, 2004), Lebigre et Decoudras (2004), Decoudras et Soyé (2004), ainsi que pour celui des risques épidémiologiques auquel on associe les politiques de santé : Fages *et al* (1974), Vigneron (1991, 1995, 1999).

L'analyse régionale, les monographies régionales et les atlas

Si les Géographes n'ont plus le monopole de ces outils fondamentaux de synthèse que sont les atlas, ceux-ci se font généralement avec leur collaboration ou sous leur autorité, tandis que le domaine de l'analyse régionale reste encore leur chasse gardée.

Les principaux atlas francophones, concernant tout ou partie du Pacifique sont les suivants : Fages (1979, pour la Polynésie), Sautter *et al.* (1981, atlas ORSTOM de la Nouvelle-Calédonie), Antheaume et Bonnemaison (1988, pour le Pacifique), Arreghini et Waniez (1993, pour la Nouvelle-Calédonie), Bonvallot, Dupon et Vigneron (1993, atlas ORSTOM de la Polynésie française), Merceron *et al.* (1996, pour la Polynésie française), Cillaurren, David, Grandperrin (2001, atlas des pêches de Vanuatu).

Dans le domaine de l'analyse régionale et du développement, on retiendra les publications suivantes : Panoff (1964), F. Doumenge (1966), Ravault (1970), Roux (1978), Fages (1979), Saussol (1985, 1986), J.P. Doumenge *et al.* (1986), Bonnemaison (1990), Borel (1990), Arreghini (1993), Reite (1993), David (1994), David et Siapo (1994), Le Bourdiec (1996), Herrenschmidt (1999, 2003), Merceron (2000), Lextreyt (2000).

Sont répertoriés également ici, par entité régionale, les travaux qui peuvent être considérées comme des monographies régionales, quelque en soit l'échelle et le volume de la synthèse :

- pour l'ensemble de l'Océanie : F. Doumenge, (1966), A. Huetz de Lemps (1966), Guilcher (1969), Antheaume et Bonnemaison (1995), Doumenge, Bonnemaison, Dupon (1995).
- Nouvelle-Calédonie : Bastian (1954), Le Borgne (1959), F. Doumenge (1961b), Doumenge, Métais, Saussol (1986), J.P. Doumenge (1990), Jost (1996), Capecchi (1996), David *et al.* (1999) ;
- Polynésie française : Guilcher (1964), Vigneron (1995), Le Bourdiec (1996), Cerveau (2002) ;
- Vanuatu : Bonnemaison (1986, 1997) ;
- Hawaii : Ch. Huetz de Lemps (1977) ;
- Papouasie : Guilcher (1968) ;
- Samoa : Perry (1990) ;
- Galapagos : Grenier (2000) ;
- Wallis et Futuna : Roux (1991) ;
- Fidji : A. Huetz de Lemps (1953) ;
- Salomon : Ch. Huetz de Lemps (1984) ;
- Ile de Pâques : A. Huetz de Lemps (1982)
- Clipperton : Jost (2004).

La géopolitique

Dans le domaine de la géopolitique locale ou internationale, en relation directe avec le thème du développement régional, on note l'existence d'un certain nombre de publications écrites par des géographes : Saussol (1984), Ravault (1985), C. Collin-Delavaud (1987), F. Doumenge et al. (1989), J.P. Doumenge (1989), F. Doumenge (1990), Colard (1994), David et Pillon (1995), Le Bourdiec (1996), Bonnemaison et Waddell (1997), Merceron (2000), Taglioni (2004).

Autres thèmes et autres approches sociales

Nous avons retenu trois autres grands thèmes que l'on trouvera ci-dessous. Ils correspondent à des approches déjà anciennes de la Géographie mais toujours actuelles. Le lien avec l'environnement se présente parfois comme ténu, compensé par une forte attache avec la sphère « développement ».

Les territoires, la population, ses dynamiques, ses activités, notamment l'agriculture et la pêche : F. Doumenge (1964, 1965), Saussol (1967, 1979, 1985), Ravault (1967), Fages (1968, 1972), Bonnemaison (1972), J.P. Doumenge (1974a, 1974b, 1982), Roux (1984, 1985), Bachimon (1990), Péhaut (1990), Borel (1990), Guillaud (1999), Mapou (1999), Chanteraud (2001), Le Guillou (2002), Guillaud (2003), Siméoni (2003), Horowitz (2004).

La ville, l'aménagement urbain : Bastian (1954), Fages *et al.* (1970), Bonnemaison (1974), Fages (1975), Tetiarahi (1983, 1984), Antheaume (1981), J.P. Doumenge (1982).

Le tourisme : Ch. Huetz de Lemps (1964), Thomas (1980), A. Collin-Delavaud (1987), Gay (1990-91, 1994, 1995, 1999), Vacher (1993), Bachimon (1996), Grenier (1997), Poncet (2002), D'Hauteserre (2003).

Conclusion : quel bilan ?

De cette analyse bibliographique, on pourra tirer les conclusions suivantes :

- une relative faiblesse de la coopération interrégionale en dehors de la sphère francophone ;
- un affichage encore peu satisfaisant de la problématique développement ;
- une bonne intégration des géographes dans les programmes multidisciplinaires ;
- une bonne coopération interuniversitaire et interorganismes dans un cadre franco-français.

Même si elle est parfois insuffisamment, voire pas du tout affichée, la problématique « développement » apparaît en filigrane dans la presque totalité des travaux de Géographie concernant le Pacifique. La problématique « développement / environnement », quant à elle, concerne une partie importante des travaux. Il y a certainement lieu d'améliorer cet affichage et de constituer enfin une véritable équipe autour de programmes axés sur le développement local.

Longtemps l'ORSTOM, avant de devenir l'IRD, a été le moteur des recherches en Géographie dans le Pacifique. Désormais les universités (UNC à Nouméa, UPF à Faaa) prennent le relais, de même que d'autres instituts comme l'IAC avec l'appui du CIRAD, du moins en ce qui concerne la Nouvelle-Calédonie.

Un master « Développement territorial et aménagement du territoire » (DEVTAT) sera proposé dès 2005 à l'UNC. De vocation sous-régionale, il met à la disposition des acteurs du développement une connaissance sur ces thèmes, en rassemblant des intervenants des universités de Nouvelle Calédonie, de Polynésie française, de Fidji, de Canberra, d'Hawaii et de métropole ainsi que de divers instituts (IAC, CIRAD, CNEARC...).

Cependant une grave carence de personnel pose problème : on compte seulement deux enseignants-chercheurs en géographie à l'UNC, et deux autres à l'UPF à Faaa (Tahiti). Et il n'existe que peu de chercheurs, hors université, travaillant sur le thème « développement et société ». Il y en a seulement deux à l'IAC, l'un des deux étant économiste.

De la nouvelle dynamique engendrée par ce master va cependant bientôt émerger

- un programme de recherches en sciences humaines sur les effets du développement minier sur l'espace et la société ;

- une université d'été à Fidji sur les thèmes de ce master ;
- une implication accrue des universités sur les enjeux locaux de société.

Il y a donc lieu de faire preuve d'un optimisme mesuré.

Tableau 1 : Répertoire des géographes ayant travaillé sur le monde océanien

	Principaux thèmes	Principaux terrains	Niveau (1)	Date (2)
Antheaume, Benoît	atlas, urbaine, rurale	Salomon, NC, Tahiti		1977
Arreghini, Louis	analyse régionale	NC	thèse	1991
Bachimon, Philippe	représentations, tourisme	Tahiti	thèse	1990
Bastian, G.	régionale, urbaine	NC		1951
Beaujeu-Garnier, Jacqueline	développement	NC		1965
Bessat, Frédéric	climatologie	Polynésie	thèse	1997
Bonnemaison, Joël	culturel	Vanuatu, Papouasie	thèse E	1972
Bonvallot Jacques	régionale	Polynésie		1994
Borel, G.	espace maritime	Polynésie	thèse	1990
Capecchi, Bernard	risques, physique	Futuna, NC		1994
Champaud, J.	urbaine	Tahiti		1981
	culturel	Vanuatu	thèse	1998
	régionale : biblio	Océanie		1988
	régionale	Marquises		2000
	géopolitique	NC	thèse	1994
	géopolitique	Pacifique		1987
	tourisme	Galapagos		1987
D'Aquino, Patrick	développement local	NC		
D'Hauteserre, Anne-Marie	tourisme	Polynésie		
David, Gilbert	pêche, société	Vanuatu, NC		1991
Decoudras Pierre-Marie	développement local	Polynésie		2003
Doumenge, François	activités mer	Pacifique	thèse E	1961
Doumenge, Jean-Pierre	dynamiques sociales	NC	Th, th E	1971
Dupon, Jean-François	risques	Vanuatu, NC, Wallis	thèse	1977
Fages, Jean	urbaine	Polynésie	thèse	1971
Gaillot, M.	kava, pêche	Futuna		1961
Gay, Jean-Christophe	tourisme			
Gourou, Pierre	régionale	Hawaii		1963
Grenier, Christophe	aires protégées	Galapagos	thèse	
Guilcher, André	milieux littoraux	NC, Polynésie, PNG		1955
Guillaud, Dominique	représentations, territoires	Nouvelle-Calédonie		1999
Horowitz, Leah	représentations nature	NC	thèse	2004
Huetz de Lemps, Alain	régionale	Fidji, Pacifique		1953
Huetz de Lemps, Christian	société, économie, régionale	Hawaii, Salomon	thèse	1964
Iltis, Jacques	environnement, risques	NC		1978
Jost, Christian	environnement	NC, Wallis, Clipperton		1994
Laganier, Richard	environnement	NC, Salomon	thèse	1994
Lebigre, Jean-Michel	littoral, patrimoine	NC		2003
Le Bourdiec, Paul	régionale	Tahiti		1994
Le Guillou, Chantal	population	NC		2002
Lextreyt, Michel	analyse régionale	Polynésie		2000
Maire, Richard	géomorphologie	Papouasie		1984
Ménard, P.	développement	Wallis	thèse	1978
Merceron, François	régional	Tahiti		1986
Panhoff, M.	rurale	Polynésie		1964
Paskoff, Roland	morphologie	Ile de Pâques		1978
Pehaut, Yves	commerce	Nouvelle-Guinée		1990
Perry, P.J.	géopolitique, régionale	Samoa		1990
Pirazzoli, Paolo	littoral	Polynésie		
Poncet, P.	tourisme	Australie	thèse	2002
Ravault, F.	organisation espace, santé	Polynésie	thèse	1967
Regnauld, H	géomorphologie	Galapagos		1985
Reite, B.	transports	Océanie	thèse	1993
Roosen, Sylvie	société	Australie	thèse	

Roux, Jean-Claude	développement, dynamiques sociales	Wallis, Futuna, NC	thèse E	1974
Saussol, Alain	colonisation, foncier	NC, Wallis		1967
Schäfer, P.	végétation	Marquises	thèse	1977
Siméoni, Patricia	kava	Vanuatu	thèse	2000
Tabeaud, Martine	climatologie	Océanie		
Taglioni, François	géopolitique	Pacifique		2003
Tetiarahi, Gabriel	urbaine	Tahiti	thèse	1983
Vacher, Luc	tourisme	Australie	thèse	1993
Vigneron, Emmanuel	santé, régional	Polynésie	thèse	1985
Waddell, Eric	géopolitique	Mélanésie		1993
Waniez, Philippe	atlas	NC		1993

(1) le terme « thèse » ou « thèse E » indique que le chercheur a soutenu une thèse ou une thèse d'Etat portant sur les espaces océaniens
(2) date présumée de la première publication sur l'Océanie

Résumé : Ont été répertoriés à l'usage de cette communication une cinquantaine de géographes ayant soutenu des thèses de doctorat ou publié en langue française sur l'Océanie. Après un brève esquisse chronologique des étapes de la recherche dans cette discipline, est présentée une typologie des principaux thèmes abordés, fondée sur une bibliographie de plus de 120 références : géographie régionale (par entité territoriale), géomorphologie, climatologie, biogéographie, risques naturels, conservation du patrimoine, géopolitique, géographie culturelle, géographie historique, géographie urbaine, géographie rurale, analyse régionale, géographie sociale, géographie du développement et des activités (pêche, tourisme notamment). Il est remarquable que de nombreux travaux s'inscrivent à l'interface de disciplines aussi distantes que l'hydrologie marine (une partie des travaux d'André Guilcher), la géologie (exemple des travaux de Richard Maire sur les karsts de Nouvelle-Guinée) ou l'anthropologie (comme dans le cas des travaux de Joël Bonnemaison). Il n'est donc par étonnant que la plupart des études de Géographie s'inscrivent dans le cadre de collaborations avec d'autres disciplines, généralement par le biais de programmes pluridisciplinaires : les atlas, remarquables outils au service du développement, sont tout à fait révélateurs du phénomène. Dans ce contexte, l'ORSTOM, avant de devenir IRD, a joué un rôle considérable, qui ne pourra être repris par les jeunes universités de langue française que lorsque celles-ci pourront enfin disposer du personnel nécessaire.

En fait, la recherche francophone en Géographie dans le Pacifique a été marquée pendant ces 50 dernières années par son caractère éclectique. Cette affirmation vaut aussi bien d'un point de vue thématique que de celui des espaces et lieux concernés, même si les espaces francophones (Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Wallis et Futuna, Vanuatu) ont été largement privilégiés. Cette relative dispersion découle de la nature même de la discipline, du petit nombre de chercheurs et du caractère souvent pionnier, à l'échelle de cette immense région, de la plupart des études. A l'image de ce que montrent les atlas de la Nouvelle-Calédonie et de la Polynésie française, la volonté de faire le lien entre les composantes environnementales et sociales des régions étudiées est sans doute davantage mise en avant que celle de travailler au service du développement, idée implicite mais, dans un cas sur deux, mal affichée. Aujourd'hui cependant, la prise de conscience de la nécessité de recentrer les recherches de géographie sur le développement local en mettant fortement en avant la gestion de l'environnement tend à s'imposer.

Prendre en compte la culture insulaire indigène dans les opérations d'aménagement et de développement local

Luciano MINERBI [1] et Pierre-Marie DECOUDRAS [2]
[1] Université d'Hawaii, luciano@hawaii.edu
[2] Université de la Polynésie française

Résumé

La production de développement, au niveau des communautés insulaires, nécessite de tenir compte et d'incorporer tous les éléments de culture locale, dans chaque décision, qu'il s'agisse de protection de l'environnement, de planification, d'anthropisation des paysages, etc. La culture indigène devient ainsi un élément fondamental du développement. Sa prise en compte participe d'une collaboration avec les communautés détentrices des terres. En résulte un échange multiculturel entre les partenaires exogènes et indigènes dans les opérations d'aménagement local. La législation doit aller dans ce sens et faire en sorte que cette prise de conscience devienne une réalité dans l'ensemble du Pacifique insulaire.

L'université peut jouer un rôle constructif fondamental dans la mise en place des partenariats, associant formation continue et recherche à niveau des actions participatives, dans la conduite des étapes de médiation, des opérations de terrain impliquant les communautés locales, s'attachant à ce que ce rôle soit progressivement reconnu et institutionnalisé.

En 2002, un bureau d'études de Papeete faisait un constat et nous posait la question suivante : lorsqu'on fait un lotissement en Polynésie française, des engins de travaux publics nivellent tout et les habitations sont ensuite placées sur un espace aussi vide qu'horizontal. Ne pourrait-on conserver, lors des opérations d'aménagement, des éléments de végétation, de topographie, qui soient en rapport avec le rapport spécifique à l'espace de la culture polynésienne ?

Espace d'océan et de terres rares, le Pacifique insulaire présente une spécificité incontestable. Son occupation progressive peut être considérée comme l'un des processus migratoires et sociologiques parmi les plus remarquables. Des îles hautes volcaniques aux atolls coralliens, des écosystèmes variés ont imposé des contraintes et offert aux premières sociétés humaines les possibilités d'une installation durable. Avec la colonisation occidentale, les archipels sont devenus des espaces d'enjeux intégrés à l'espace monde, progressivement pénétrés par une culture exogène. D'une décennie à l'autre, de nouvelles élites et de nouveaux groupes d'acteurs émergent, se positionnant en continuité ou en rupture avec la société préexistante. Pour faire valoir leurs droits, les communautés locales tentent de valoriser un discours identitaire profondément ancré dans le foncier : la question de la terre devient le lieu où la législation moderne est opposée à la légitimité que confère l'histoire. Bien enracinée, l'identité océanienne est attachée à des lieux de mémoire, des lieux de références, fortement appropriés par les communautés locales, confortés avec le temps, selon des modes culturels et des modes d'organisation sociale spécifiques. Alors que deux grands types de discours coexistent de nos jours, celui de l'importation nécessaire de modèles hégémoniques et celui de la primauté du culturel, l'émergence de modèles alternatifs de développement reste à conforter.

Planification participative ?

La planification participative se situe dans la suite logique des travaux de recherche sur les actions participatives (PAR, Participatory Action Research) conduites ces dernières années (Decoudras, 1997). C'est une pratique courante dans les opérations contemporaines d'aménagement, mais son application est inégale selon les Etats insulaires du Pacifique : en dépit de la résistance de certains décideurs ou élus politiques, l'association des communautés locales au processus de décision est désormais obligatoire dans l'archipel des îles Hawaii, aux Samoa, à Fidji. Elle est moins évidente dans les Territoires français du Pacifique où une longue tradition de centralisatrice ajoutée à un déficit de formation et de compréhension des enjeux empêche les groupes de prendre réellement en main l'évolution de leur espace insulaire pour l'avenir.

La planification participative emprunte à des éléments de culture, de philosophie, d'histoire, etc. Elle a recours à l'analyse des classes sociales de Marx et de Engels, à la sociologie des savoirs, à l'étude des pauvres et des minorités, à la pédagogie des opprimés, aux efforts pour donner de la formation et de l'éducation aux classes sociales historiquement exclues, aux débats sur la nature du développement, à la phénoménologie justifiant le savoir par les actes et non par des évaluations scolaires écrites et orales (Lammerink, Bury and Bolt, 2002). La PAR est une recherche dont le résultat se construit en collaboration et par solidarité avec les communautés locales. Conduire des opérations d'aménagement selon ses principes nécessite d'être attentif aux cosmologies, aux métaphores, aux symboles que les communautés utilisent afin d'exprimer leur rapport au monde, de donner du sens aux lieux et à ce qu'ils y font. La PAR produit des résultats de recherche/action, des propositions et des documents d'aménagement établis par un partenariat entre les acteurs exogènes publics et privés et les communautés. La PAR donne de ce fait du pouvoir aux communautés locales qui peuvent mettre en avant leurs priorités pour le développement local (Community Based Economic Development, CBED) et engager une médiation avec le gouvernement central.

La PAR diffère des formes conventionnelles de recherche universitaire en s'appuyant sur l'interdisciplinarité. Le dialogue des disciplines devient indispensable, comme culture de groupe. L'Université de Hawaii a dans ce domaine une avance certaine. Les recherches conduites auprès des communautés rurales éloignées de l'archipel (L. Minerbi) éclairent bien cette approche, au niveau de la méthodologie, de la pédagogie employée.

Le patrimoine culturel, ressource pour l'aménagement

Alors que le *progrès* s'inscrit souvent dans une logique de rupture avec les pratiques et les organisations sociales anciennes, la recherche conduite à l'Université de Hawaii s'appuie sur le concept de *continuité culturelle* : *d'où venons-nous ? Où sommes-nous arrivés ? Vers où allons-nous ?* L'enjeu de la prise en compte de la *Culture* dans l'aménagement est de trouver à concilier les codes culturels anciens en vigueur, la conception contemporaine de protection durable de l'environnement et le développement local. Pour être efficace un programme d'aménagement attentif aux paramètres culturels devrait prendre en compte : l'histoire et les événements majeurs de la communauté, les réseaux familiaux d'alliance et leur fonctionnement, les croyances et les codes culturels, l'environnement naturel et son utilisation, les activités économiques selon les savoir-faire culturels, le droit indigène, les médecines traditionnelles, etc. (Mc Gregor, Minerbi, Matsuoka, 1998).

Les recherches ont permis de mettre en valeur les éléments de cultures qui doivent faire l'objet d'une attention particulière dans les opérations d'aménagement : il y a chez les Polynésiens de tous les archipels des liens entre identité, parenté, terre des ancêtres. Le taro a une signification religieuse et explique le lien familial des Hawaïens avec la terre (*'a/ina*) qui nourrit la famille élargie (*'ohana*) qui en prend en soin (*ma/lama*). Certains lieux ont un pouvoir spirituel (*mana*) et peuvent être le centre de manifestation de divinités multiples (*kainolau*). D'autres endroits sont sacrés (*wahi kapu*) ou connus comme lieux de célébration (*wahi pana*), associés à des personnes et des événements importants. Les sociétés ont traduit les manifestations naturelles de la vie par des présages, augures, des signes surnaturels (*ho/ailona*) et l'écoute de voix surnaturelles (*'u/laleo*) Les Hawaiens, poètes et

observateurs avisés de la nature (ce qui apparaît dans leurs chants, *hula*) connaissaient intimement et savent nommer la plupart des niches écologiques qui permettent leur survie sur terre et sur mer.

Les recherches sur la culture hawaienne ont été conduites dans les petites îles et les espaces ruraux isolés, restés à l'écart du développement et de l'acculturation moderne. Ces derniers sont des oasis (*ki/puka*) culturelles à partir desquels la culture hawaïenne se régénère. Des alignements bien conservés d'anciens lieux sacrés, d'anciennes exploitations agricoles, d'habitations et de pistes existant à Hawaii témoignent de la diffusion de la culture *ahupua'a*. Le concept ancien de district par exemple, y est toujours utilisé : Intégrant l'aménagement des ressources naturelles du sommet de la montagne à l'océan (*mauka-maki*) ce concept est reconnu par les scientifiques contemporains comme un modèle de mise en valeur de bassins hydrographiques. De fait, les conseils *ahupua'a* pourraient être un outil de *ré appropriation hawaïenne* du développement. Ces conseils pourraient s'appuyer sur les plus âgés (*kau/puna*) pour déterminer les objectifs de développement et sur les familles élargies (*'ohana*) pour faire valoir les pratiques indigènes de gestion et de protection des ressources. Les familles élargies pourraient elles-mêmes se constituer en regroupement de communautés pour entreprendre des restaurations à caractère culturel telles que les parcs à poissons, etc. A chaque fois que l'opportunité se présente, on voit les communautés locales bâtir leur programme d'aménagement foncier selon les codes de la culture *ahupua'a*. Tout cela n'est possible que parce qu'existe une réglementation qui va dans le sens de la prise en compte du patrimoine culturel, soutenue par le gouvernement central.

La législation américaine au secours de la participation

Même si tout le monde s'accorde à reconnaître que la prise en compte des éléments de culture locale dans les opérations d'aménagement est essentielle, cela ne va pas de soi et c'est la réglementation produite par le gouvernement central qui oblige à cette reconnaissance. L'archipel des Hawaii est en avance sur les autres Etats micro-insulaires du Pacifique parce les prises de position de la Cour Suprême de Hawaii, qui au cours des dernières décennies a donné raison aux associations de défense de la culture hawaienne, oblige à la compréhension des pratiques culturelles traditionnelles et du code *ahupua'a* dans le respect du droit indigène, protégé par la constitution hawaïenne. Se conformer au code *ahupua'a* ne signifie pas pour autant se tourner vers le passé mais signifie protéger ce qu'il reste de la culture hawaïenne et restaurer ce qui a été perdu en l'adaptant à la modernité, avec l'objectif d'assurer la continuité de la majorité des pratiques hawaïennes qui perduraient depuis des siècles. La législation fédérale traite des ressources et de l'impact de la culture et donne des conseils pour intégrer la culture dans les processus d'aménagement :

- Dès 1906, les vestiges du passé sur les terres fédérales étaient protégés par l'*Antiquity Act.*
- Depuis 1935, le *History Site Act* protège les ruines ayant une portée nationale.
- Les lieux ayant du sens pour les populations hawaïennes et indiennes sont protégés par le *National Historic Preservation Act* (NHPA, 1966), qui a également créé le *National Register of Historic Places* (NRHP) et le *State Historic Preservation Office* (SHPO).
- Le lien entre culture et environnement a commencé à être renforcé en 1969, dans *le National Environmental Policy Act.*
- La nécessité de prendre en compte, dans les projets fédéraux d'aménagement, le patrimoine historique et archéologique a été renforcée par l'*Archeological and Historic Preservation Act* (AHPA, 1974).
- Les aspects historiques, culturels et naturels sont protégés par le *National Environnemental Policy Act* (NEPA, 1969) à travers le *Cultural Impact Assessment* faisant partie intégrante de l'Environnemental *Assessment* (EA) et du *Environnemantal Impact Statement* (EIS).
- Le *Coastal Zone Management Act* réglemente depuis 1972 l'urbanisation des espaces insulaires tels que Oahu pour que l'habitat côtier se développe en relation avec la culture.
- En 1978, les droits des Américains d'origine à exercer leur religion traditionnelle, incluant la prise en compte des lieux, des objets sacrés et des cérémonies ont été reconnus par l'*American Indian Religious Freedom Act* (AIRFA).
- La protection des cimetières indiens et leur déplacement sont organisés depuis 1990 par le *Native American Grave Protection and Repatriation Act.*

- Les sites archéologiques et historiques sont pris en compte selon le *Department of Transportation Act* depuis 1966.
- Depuis 2001, le NHPA oblige les agences fédérales à mettre en place un processus participatif pour rendre compte de l'impact de leurs interventions sur le patrimoine historique et culturel.

Un accord *ahupua'a* à l'échelle de l'Etat plaide pour la protection de l'environnement insulaire selon la culture *ahupua'a* (Minerbi, mars 1977) et Le *National Park Service* (NPS) préserve les patrimoines naturels et culturels et les valeurs du parc national grâce à différents programmes disposant de bases de données sur les paysages et héritages culturels.

De la déclaration de principe à l'aménagement participatif

Alors que les points de vue entre communautés locales et décideurs exogènes, sur ce qu'il faut entreprendre pour l'avenir, devaient être rapprochés, les équipes de recherche de l'université se sont attachées à proposer des étapes de processus d'aménagement, en accord avec la législation fédérale, se positionnant de fait en situation de médiation :

- *Décider d'aménager :* Les décideurs institutionnels, les agences de développements, les représentants des différentes communautés culturelles négocient pour s'engager dans un processus d'aménagement. Ils partent d'une situation apathique ou conflictuelle pour arriver à une démarche consensuelle. Ils se sont mis d'accord sur leur rôle respectif et leur place dans le groupe et dans le processus. Les directions d'aménagement sont codifiées et mises en accord avec les valeurs culturelles, les centres d'intérêts et les inquiétudes de la communauté. La négociation préalable débouche sur des concessions mutuelles, préalables à toute démarche consensuelle.
- *Mobiliser des leaders :* Les leaders publics, privés, des communautés locales, des agences de développement sont invités à la mise en place du processus. Ils mobilisent les membres de leurs groupes, de leurs familles et servent de relais pour faire passer l'information. Le message du projet d'aménagement est traduit culturellement, en utilisant la langue locale. Les réactions qui remontent des consultations de base obligent à rediscuter des modalités et à les redéfinir pour adapter au mieux le projet à la situation. La démarche de redéfinition tient compte en priorité des points de vue culturels des participants. Une attention toute particulière est portée à tout ce qui dans le projet pourrait générer des conflits au sein des groupes.
- *Collecter des données sur les communautés et les espaces concernés :* Il s'agit, non pas d'un inventaire exhaustif, mais de définir le type de données à collecter, utiles pour la prise en compte du patrimoine culturel dans le projet, de définir l'identité de la communauté concernée, la dimension de son territoire et son rapport aux lieux. Cette étape passe par une critique des bases de données préexistantes et par la mise en place de différents types d'enquêtes permettant de récupérer la « parole » des communautés locales (Decoudras, 1997). Le groupe de recherche de l'université associée au projet aide à rédiger les conclusions de cette phase, à laquelle il aura été associé à titre d'observateur. Il aide à comprendre l'identité des communautés, leur organisation sociale, les réseaux d'alliance, la manière d'utiliser les ressources locales, etc.
- *Se projeter dans le futur et produire des scénarios pour l'avenir :* Les différents intervenants négocient, à la recherche des différents scénarios possibles, en organisant des réunions de groupes. En tenant prioritairement compte des lieux et de la population, ils gardent à l'esprit que le fil conducteur de leur recherche est de savoir *d'où venons-nous* ? *Où sommes-nous arrivés* ? *Vers où allons-nous ?* Le processus de réflexion et de décision associe toutes les classes d'âge, hommes et femmes, avec le souci de mettre en avant le patrimoine culturel. Les objectifs communs sont identifiés et négociés de manière à ce que chacun y trouve sa place, même si les valeurs des uns et des autres diffèrent.
- *Développer des stratégies alternatives :* Il est nécessaire de proposer des stratégies alternatives dans tous les secteurs, socioculturels, économiques, environnementaux. Une expertise extérieure est nécessaire pour évaluer la faisabilité des projets, sur le plan du Droit, des financements, des techniques. Les points de vue des acteurs extérieurs et des communautés locales doivent être rapprochés par des actions de médiation.
- *Evaluer l'impact du projet et mettre en place des mesures pour en atténuer les effets négatifs :* bien que toutes les opérations soient conduites avec les plus grandes précautions, les projets les

plus souhaitables ont des impacts socioculturels, économiques et environnementaux. Il s'agit d'évaluer ces impacts, sur l'accès et l'utilisation des ressources par les communautés locales, sur les écosystèmes marins et terrestres, sur l'utilisation des terres indigènes, sur le patrimoine, sur l'organisation sociale. Il faut ensuite mettre en place les mesures pour atténuer ces impacts.

- *Sélectionner et échelonner les stratégies :* Il y a toujours des solutions multiples et des alternatives pour l'avenir. Les priorités qui guident le processus d'intervention, le choix des stratégies doit s'effectuer en gardant à l'esprit la priorité donnée à l'approche participative et à la valorisation du patrimoine culturel.
- *Etayer et soigner les documents de planification de projet :* Le programme doit être rédigé dans le but d'être compris et accepté par la communauté concernée. On doit s'assurer qu'il reflète bien les intérêts culturels et les impératifs de tous les bénéficiaires du projet, de telle manière qu'ils considèrent le projet comme le leur. Un soin particulier est apporté à la présentation, à l'expression dans la langue locale. Pour être compris, le document doit s'inspirer du rapport spécifique au monde de la communauté, légendes, histoires rattachées aux lieux, etc.
- *Passer à la réalisation du projet :* L'implantation du projet dans la communauté peut se traduire par un rejet, comme une greffe mal faite, si les codes culturels ne sont pas respectés. La direction et la gestion doivent être partagées. Il est nécessaire de s'assurer de la participation des différents groupes et de leurs leaders. La participation à l'exécution des taches doit être négociée en partenariat avec eux. Droits et devoirs doivent être identifiés très clairement.
- *Mettre en place un programme et des actions de suivi/évaluation :* Selon le même esprit de collaboration entre communautés locales et décideurs extérieurs, des comités de surveillance, de suivi et d'évaluation du projet doivent être constitués.

Conclusion

La prise en compte de l'identité et de l'héritage culturel des communautés dans leur parenté avec la terre devrait être la priorité de tout projet d'aménagement. Le succès de ces opérations dépend du niveau de construction du dialogue et d'un apprentissage mutuel entre jeunes et anciennes générations, communautés locales et acteurs extérieurs. Multiculturalisme, apprentissage mutuel, processus participatifs changent la manière dont sont conçues les opérations d'aménagement, conduisent à une meilleure mobilisation de ressources locales souvent limitées, avec le souci de promouvoir un développement local durable et de protéger l'environnement. Ce changement ne peut se faire sans révision des méthodes de planification, trop souvent abandonnées à l'initiative seule des gouvernements centraux. Il suppose la mise en place de réglementations et de procédures effectives d'intégration de la culture locale dans les processus d'aménagement.

L'Université de Hawaii a joué un rôle constructif fondamental dans les partenariats, afin de conduire des opérations de terrain impliquant les populations insulaires, associant formation continue de leaders et recherche sur les actions participatives, s'attachant à ce que ce rôle soit progressivement institutionnalisé. Chercheur, observateur, témoin, facilitateur, conseiller, formateur, les fonctions de l'universitaire peuvent être multiples. Au sein des équipes, le rapprochement des disciplines est fondamental, afin de valoriser le savoir-faire par une collaboration efficace permanente au service des communautés locales.

Références bibliographiques

Chambers, R. (1983). *Rural Development: Putting the Last First*. Longman Press, London.

Decoudras PM. (1997). *A la recherche des logiques paysannes*. Karthala, Paris, 146 p.

Decoudras PM. (1999). *La négociation, outil du programme national d'action environnementale en République Centrafricaine*. PNUD, Bangui, New York, 43 p.

Decoudras PM. (2001). *La réserve de biosphère des Tuamotu : propositions de zonage de l'atoll de Fakarava*. IRDIP, IFRECOR, DyMSET, 89 p.

Decoudras PM. (2002). Espace, temps et société de Tikehau (Tuamotu) : interrogation sur la dynamique d'un territoire. In : *îles rêvées*, PRODIG, PACIFICA, Paris 4, pp. 197-219.

Decoudras PM. (2004). L'extension de la réserve de biosphère des Tuamotu : recomposition territoriale et impact sur la société locale. In : *Actes du colloque Aires protégées*, Bordeaux 3, collection Iles et Archipels, 18 p.

Decoudras PM. (2004). Shark feeding à Moorea : Conflits d'utilisation et négociations du partage de l'espace lagonaire. In : *Actes du colloque Aires protégées*, Bordeaux 3, collection Iles et Archipels, 16 p.

Decoudras PM et Saura B. (2003). *Cultural conveyors and rope throwers*. University of Hawaii at Manoa, Workshop Learning oceania,.

Freire, P. (1972). Pedagogy of the Oppressed, Harmondsworth: Middlesex Penguin.

Guerrero, JL. (1995). *Research Paradigm Shift: Participatory Action Research*. Rehabilitation Research and Training Center of the Pacific. San Diego State University, Interwork Institute. Working Paper No. 2.

Habermas, J. (1971). *Knowledge and Human Interests*. Beacon, Boston.

Fals-Borda O. (1985). *Knowledge and People's Power*. New Delhi, Indian Social Institute.

Kaho'olawe Island Conveyance Commission. (1993). *Kaho'olawe Island: Restoring a Cultural Treasure*. Honolulu.

Lammerink, M., Bury P. and Bolt E.. (2002). *An Introduction to Participatory Action Development (PAD)*. International Water and Sanitation Centre.

Matsuoka, J., McGregor D. and Minerbi L. (1998). Moloka'i: A Study of Hawaiian Subsistence and Community Sustainability. In : Marie Hoff ed. *Sustainable Community Development: Case Studies in Economic, Environmental and Cultural Revitalization*. New York: CRC Press / Lewis Publishers.

McGregor D., Minerbi L. and Matsuoka J. (1998). A Holistic Assessment Method of Health and Well-being for Native Hawaiian Communities. *Pacific Health Dialogue: Journal of Community Health and Clinical Medicine for the Pacific*. Vol. 5 no. 1: 361-369.

Minerbi, L. (2003). Cultural Assessment and the Planning Process. *Planning Advisory Service: PAS Memo*. pp. 6.

Minerbi, L., McGregor D. and Matsuoka J. (2003). GIS applications in SIA. In Henk Becker and Frank Vanclay *International Handbook of Social Impact Assessment: Conceptual and Methodological Advances*. E. Elgar Publishing, UK.

Minerbi, L., McGregor D. and Matusoka J., (1993). *Native Hawaiian and Local Cultural Assessment Project*. Honolulu: University of Hawai'i.

Minerbi, L. Village Planning in America Samoa. Jin-Ho-Park ed. In : *Proceedings Creating Livable Communities in Asia Pacific: Value, Relevance and Connectivity*. Fifth International Symposium on Asia Pacific Architecture April 9-11, 2003. Honolulu: School of Architecture University of Hawaii pp. 33-38. NE

Minerbi, L. Modern Watershed Planning and Traditional Ahupua'a Management in Waipi'o Valley, Hawai'i. *Proceedings Seventh National Watershed Conference*, May 20-23 2001, Richmond, VA.

Minerbi L. Cultural Resource Planning in Hawai'I. *Hawaii Planning*. Hawai'i Chapter, American Planning Association Vol. XVIII No. 3, March 1977. pp. 1-4.

Minerbi L. Cultural Resource Planning on Moloka'i. *Hawaii Planning*. Hawai'i Chapter, American Planning Association Vol. XVIII No. 3, March 1997. pp. 9-13.

National Park Service. (1990). *Guidelines for Evaluating and Documenting Traditional Cultural*, Hawaii.

Schön D. (1983). *The Reflective Practitioner - How Professionals Think in Practice*. New York: Basic Books.

Seymour-Rolls, Kaye and Hughes. (1995). *Participatory Action Research : Getting the Job Done*. The University of Sydney. Action Research Electronic Reader.

Solomon, R.C. (1987). *From Hegel to Existentialism*. New York: Oxford University Press.

Tandon, R. (1988). *Social Transformation and Participatory Research*. Overview article in special issue of Convergence, Vol. XXI, No. 2-3

Thaman, K.H. (1993). *Culture and curriculum in the South Pacific*. Comparative Education Vol 29, No. 3, pp.249-260.

USEPA. (2002). *Community Culture and the Environment: A Guide to Understanding a Sense of Place*. Washington D.C.: U.S. EPA (EPA 842-B-01-003). Office of Water.

Web page :
www.achp.gov
www.acra-crm.org/index.htlm
www.cr.nps.gov/nr
www.nationaltrust.org
www.state.hi.us/health/oeqc/guidance/cultural.htm
www.wipcehawaii.org/papers/LucianoMinerbi.html.

Identités post-coloniales en Mélanésie

Michel NAEPELS
CNRS-EHESS, Paris, France, naepels@ehess.fr

L'émergence de la question de l'identité, de la culture ou plus spécifiquement de la « coutume » a constitué indissociablement un processus social (en Nouvelle-Calédonie et en Mélanésie, mais bien plus largement aussi dans la réflexion sur la mondialisation), et une évolution des objets d'étude dans les sciences sociales. Les identités apparaissent ainsi tout à la fois comme un objet scientifique et comme le support de demandes de reconnaissance et de revendications de droits. Ainsi, la mise en avant d'identités régionales en Mélanésie (à Malaita ou à Bougainville, par exemple) ou de différences culturelles (en Nouvelle-Calédonie ou à Fidji, par exemple) témoigne d'un mouvement général. La thématique de l'identité pose un certain nombre de problèmes théoriques. Ainsi, comment s'articulent les identités individuelles et les identités collectives, et parmi elles, l'identité culturelle ou ethnique — sachant qu'il ne peut pas y avoir de voix et de perspective unique au sein d'une identité collective, quelle qu'elle soit ? L'identité ethnique ou culturelle est-elle toujours le mode principal d'identification personnelle ? Qu'en est-il, alors, de l'identité sexuelle (le genre) ou sociale (la classe) ? Et enfin, peut-on définir l'identité ethnique ou culturelle hors d'un cadre théorique racial — alors que la culture n'est pas transmise passivement, qu'elle n'est pas inscrite dans les gènes ou dans le sang, mais construite et mise en forme activement dans le présent ?

Sans entrer plus avant dans ces questions, j'aimerais aborder la façon dont la recherche en sciences sociales portant sur la Mélanésie aborde depuis vingt ans au moins le thème de « l'invention de la tradition », c'est-à-dire la façon dont la revendication des droits de minorités comme la création de nouvelles citoyennetés se sont appuyées sur la référence à des valeurs traditionnelles ou à des spécificités culturelles, bref à des identités originales. A vrai dire, l'impulsion de ces travaux est massivement anglo-saxonne, et la « recherche française » n'en a fait que relativement récemment un thème d'intérêt. Le point central de ces travaux consiste à montrer le caractère oppositionnel de la construction identitaire : la condition principale de l'émergence d'un discours sur l'identité, la culture ou la « coutume », c'est la situation (notamment coloniale) de contact du groupe social considéré. L'apparition du concept de « coutume » ou de « kastom » en Mélanésie est ainsi liée à la colonisation, et pour une part à la mise en place étatique d'institutions coutumières (conseils des anciens, conseils d'aires coutumières, Sénat coutumier en Nouvelle-Calédonie). La « culture » prend alors deux sens, dont la relation ne va pas de soi : elle est d'un côté un symbole abstrait dans un discours identitaire, éventuellement nationaliste, en même temps que réalité vécue de manière différenciée. La notion d'« invention » a été largement discutée (notamment à partir de l'article d'Hanson sur le cas maori de Nouvelle-Zélande), mise en cause, et est pratiquement abandonnée désormais : la construction identitaire n'implique aucune conclusion quant à l'inauthenticité de la culture considérée. Parler de construction ne signifie pas qu'il s'agit d'une invention (impliquant fausseté et mystification), ni qu'il n'y a pas de continuité historique des traditions (entre le passé et le présent). Plus généralement, poser la question de l'authenticité d'une culture présuppose une vision statique, hors du temps et unitaire des sociétés à laquelle on ne peut guère souscrire. De manière évidente, l'image d'une culture authentique et autonome est très problématique dans le contexte de la « mondialisation », en raison des interdépendances, des prêts et des emprunts qui rendent poreuses les frontières culturelles. D'autant

plus que l'emprunt culturel et l'échange sont des caractéristiques relevées depuis longtemps de la Mélanésie, ou même du Pacifique en général.

Ainsi, l'objet de l'anthropologie, et des sciences sociales en général, n'est pas d'identifier les traits caractéristiques de telle ou telle « culture » ; même si elles peuvent, bien sûr, étudier les processus sociaux de construction des identités. Mais on peut également remarquer que parler de cultures et d'identités, c'est un bon moyen d'éviter d'aborder les questions sociologiques. De ce point de vue, la suppression de la question relative au sentiment d'appartenance communautaire dans le recensement de la Nouvelle-Calédonie est une catastrophe scientifique pour percevoir les évolutions sociales récentes. Sans instrument de mesure, les inégalités sociales que recouvrent les différenciations ethniques sont réduites à de simples différences culturelles ou mentales.

Ainsi, il est important de ne pas réifier les « cultures », pour s'interroger sur les processus sociaux de construction des identités, de transmission du savoir, de définition oppositionnelle de soi par rapport à l'autre, dans les constructions juridiques de l'État autant, si ce n'est plus, que dans les mentalités. De ce point de vue, un travail comparatif considérable resterait à entreprendre, selon plusieurs axes : un comparatisme « mélanésien » (on connaît le nom de certains de ceux qui ont théorisé la « Melanesian Way » : Bernard Narokobi en Papouasie, Walter Lini au Vanuatu, Jean-Marie Tjibaou en Nouvelle-Calédonie, Ratu Mara à Fidji). Un autre fil directeur serait de percevoir les spécificités de la construction identitaire dans les différents territoires français du Pacifique (Nouvelle-Calédonie, Polynésie Française et Wallis et Futuna) et au-delà (DOM-TOM). On tirerait des enseignements plus spécifiques sans doute de l'étude comparée des colonies de peuplement du Pacifique (Nouvelle-Calédonie, Australie, Nouvelle-Zélande, Hawaii), ou d'ailleurs (Afrique du Sud, Canada, etc.). On pourrait encore s'intéresser aux territoires du Pacifique marqués par des équilibres ethniques tendus, tels que Fidji et la Nouvelle-Calédonie. Ce questionnement peut être caractérisé comme « post-colonial » parce qu'il montre le poids de l'histoire coloniale dans la définition des identités en Mélanésie aujourd'hui. En Nouvelle-Calédonie, on sait que l'apparition de la revendication indépendantiste kanake s'est en partie faite au nom de l'identité culturelle. Mais plus largement, le contexte des accords de Nouméa définit un projet de nouvelle communauté, qui dans les faits s'oppose non pas tant à la forme de la modernité occidentale, que spécifiquement à la Métropole. Mais que tous se déclarent victimes (du colonialisme ou de l'histoire), cela constitue cependant une bien étrange lecture de l'histoire coloniale. Quel est le rapport entre identité et souveraineté ? Qui sont les « indigènes », les « autochtones » en Nouvelle-Calédonie aujourd'hui ? S'identifient-ils aux « locaux » ? Quand devient-on local ? L'État joue un rôle décisif en la matière : les réalités juridiques que sont le statut coutumier et la citoyenneté calédonienne paraissent ainsi au moins aussi importantes que les réalités « culturelles » ou les sentiments « identitaires ». Le débat sur le multiculturalisme ne porte ainsi pas sur l'existence et la connaissance de la diversité des communautés, des « cultures » ou des « identités », mais sur leur reconnaissance en termes de droits : l'appartenance à un collectif doit-il ouvrir en tant que tel des « droits » légaux reconnus par l'État ? Et on doit se demander réciproquement dans cette logique de la reconnaissance quels individus parlent et revendiquent au nom de ces identités collectives, et qui sont les exclus de ces groupes.

Plutôt que de se focaliser sur les définitions identitaires, l'anthropologie, l'histoire sociale et la sociologie, mais aussi la géographie, les sciences politiques et l'économie peuvent se combiner pour étudier les processus sociaux contemporains. L'autonomie grandissante de la Nouvelle-Calédonie s'accompagne d'interdépendances accrues avec des acteurs institutionnels et économiques divers, notamment par son insertion dans des réseaux économiques mondiaux (en particulier en raison des richesses minières du pays). Les conséquences de ces évolutions sur les systèmes sociaux villageois et ruraux, comme les transformations du Grand Nouméa sont perceptibles par tous et nécessitent d'être étudiés précisément — le foncier comme l'urbanisation restent des questions centrales en Nouvelle-Calédonie. Le programme scientifique du groupement de recherche que j'anime au CNRS vise à contextualiser et à suivre certaines de ces évolutions sociales contemporaines, autour de trois thèmes. Je les cite rapidement : 1) *Institutions : local, colonial, post-colonial* (sous la responsabilité de Marie Pineau-Salaün) : il s'agit de comprendre comment, depuis 1853, les structures sociales et politiques kanakes se sont adaptées aux situations coloniales tout en étant pensées et remodelées par les autorités françaises. De ce processus complexe d'interactions sont nées des formes institutionnelles et

juridiques telles que la tribu, la chefferie administrative, la réserve, le statut de droit particulier ou, plus récemment, le Sénat coutumier. 2) *Travail : de l'Indigénat à la mine* (sous la responsabilité de Christine Demmer) : la question du travail est au cœur des politiques de « rééquilibrage » entre les communautés telles qu'elles ont été définies par les Accords de Matignon et de Nouméa. Comprendre ce qui se joue aujourd'hui implique aussi de réaliser une histoire d'un monde du travail calédonien extrêmement diversifié (dans lequel les Kanaks doivent être situés en relation avec Européens, Vietnamiens, Javanais, Néo-Hébridais, Wallisiens et Futuniens, etc.). 3) *Rapports sociaux de sexe et d'âge* (sous la responsabilité de Christine Salomon) : Deux questions sont particulièrement importantes à l'échelle domestique : la redéfinition de la distinction privé-public et l'individualisation des comportements sociaux. Nous essayons de les étudier à la fois sous l'angle des investissements familiaux dans l'éducation des enfants et sous celui de la mise en cause par les femmes calédoniennes des violences sexuelles et domestiques, et de leur volonté de s'impliquer dans la vie politique.

Mais au-delà de ce programme, les perspectives de recherche en sciences humaines et sociales sont marquées aujourd'hui en Nouvelle-Calédonie par le contexte de revendication identitaire multiculturelle. La recherche en sciences humaines et sociales doit-elle être « identitaire » ou sociologique ? L'identité implique-t-elle une compréhension intuitive de soi-même ? Pour qui, pourquoi produisons-nous du savoir ? Depuis la signature des Accords de Nouméa, et alors même que les habitants de Nouvelle-Calédonie s'interrogent sur les évolutions sociales qu'ils vivent, les sciences humaines et sociales se trouvent à la recherche d'un second souffle. Un nouvel élan ne pourra s'accomplir qu'à travers l'articulation entre institutions et chercheurs néo-calédoniens, originaires d'États océaniens, métropolitains et européens, pour faire naître une continuité plus grande des recherches, et un partenariat véritable, notamment dans sa dimension de formation. Il faut faire émerger et se croiser de nouveaux univers de discussion, de formation et de travail en commun, pour sortir d'un face à face étouffant entre Métropole et Nouvelle-Calédonie. Réinsérer la Nouvelle-Calédonie dans l'ensemble océanien constitue ainsi un moyen de renforcer les capacités d'analyse, de négociation, de mobilisation, de proposition des acteurs locaux — par la comparaison et l'accumulation des expériences. L'ADCK, l'IAC, l'UNC, le musée sont en Nouvelle-Calédonie des partenaires centraux dans cette perspective. Passer au post-colonial, ou décoloniser la recherche, que cela signifie-t-il ? Éviter un style paternaliste dans lequel les Métropolitains ont toujours raison, les locaux toujours tort, bien sûr. Mais au-delà ? Comment ouvrir le champ de la recherche ? Comment définir des passerelles de collaboration claires entre institutions diverses ? Comment assurer une forme de présence kanake (en termes d'association aux étapes de la recherche, de restitution des résultats, mais aussi de formation) — on doit remarquer qu'aucun Kanak ne faisait partie des intervenants dans les exposés de l'atelier « Sciences humaines et sociales » des Assises.

J'aimerais clore mes remarques pas deux thèses simples, mais dont l'articulation est problématique et devra être débattue : toute recherche a des conditions sociales d'exercice, qui s'inscrivent dans un contexte politique et financier spécifique — en Nouvelle-Calédonie aujourd'hui, celui que définissent les Accords de Nouméa. Mais par ailleurs, dans les sciences sociales comme dans les autres sciences, l'autorité ne procède pas d'une identité, mais du respect de procédures contrôlables, vérifiables au sein d'univers de discussion conflictuels (les séminaires, les revues, les forums de discussion électronique notamment). Rien ne va moins de soi que l'articulation entre pratique de la recherche et souveraineté politique. L'accès au terrain ou aux financements doit-il être défini sous condition d'utilité, en fonction des besoins ? Mais qui établit et évalue alors l'utilité ? Les recherches locales sont-elles plus « utiles » que les autres ? Le récent mouvement des chercheurs en Métropole (« Sauvons la recherche ») a insisté sur la nécessité de l'autonomie des chercheurs au sein d'une politique de la recherche : une part importante de l'innovation scientifique — et à terme de son intérêt pratique — provient de l'imagination, et de la liberté laissée dans l'investigation. C'est pourquoi il me semble qu'il faut défendre le pluralisme et le perspectivisme en matière de recherche, en même temps qu'une préoccupation constante pour les intérêts du pays, dans ses différentes composantes, doit accompagner la recherche.

Références bibliographiques

Babadzan, A., (1988). « Kastom and nation building in the South Pacific », dans R. Guidieri, F. Pellizzi & S. Tambiah (éds), *Ethnicities and Nations*, Houston, Rothko Chapel and University of Texas Press, p. 199-228.

Babadzan, A., (éd.), (1999). *Les politiques de la tradition. Identités culturelles et identités nationales dans le Pacifique, Journal de la Société des Océanistes*, 109.

Bolé, J., Ouétcho, A. & Sand, C., (2003). « Les aléas de la construction identitaire multi-ethnique en Nouvelle-Calédonie : quel passé pour un avenir commun ? », *Journal de la Société des Océanistes*, 117, p. 147-169.

Brubaker, R. & Cooper, F., (2000). « Beyond « identity » », *Theory and Society*, 29, p. 1-47.

Chakarbarty, D., (1992). « Postcoloniality and the Artifice of History : Who speaks for « Indian » pasts ? », *Representations*, 37, p. 1-26.

France, P., (1969). *The Charter of the Land : Custom and Colonization in Fiji*, Melbourne, Oxford University Press.

Friedman, J., (2002). « Y a-t-il un véritable Hawaiien dans la salle ? Anthropologues et « indigènes » face à la question de l'identité », dans Hamelin & Wittersheim (2002), p. 207-245.

Hamelin, C. & Wittersheim, E., (éds), (2002). *La tradition et l'Etat*, Paris, L'Harmattan (« Les Cahiers du Pacifique Sud Contemporain », 2).

Hanson, A., (1989). « The making of the Maori : Culture invention and its logic », *American Anthropologist*, 91, p. 890-902.

Haudricourt, A.G., (1964). « Nature et culture dans la civilisation de l'igname : l'origine des clones et des clans », *L'Homme*, 4 (1), p. 93-104.

Hau'ofa, E., (1994). « Our sea of islands », *The Contemporary Pacific*, 6 (1), 1994, p. 147-161.

Jolly, M., (1992). « Specters of Inauthenticity », *The Contemporary Pacific*, 4 (1), p. 49-72.

Jolly, M. & Thomas, N., (éds), (1992). *The politics of tradition in the Pacific, Oceania*, 62 (4).

Keesing, R., (1989). « Creating the past : Custom and identity in the Contemporary Pacific », *The Contemporary Pacific*, 1 (1-2), p. 19-42.

Keesing, R. & Tonkinson, R., (éds), (1982). *Reinventing traditional culture : the politics of kastom in island Melanesia, Mankind*, 13 (4).

Kuper, A., (1994). « Culture, Identity and the Project of a Cosmopolitan Anthropology », *Man*, 29 (3), p. 537-554.

Linnekin, J., (1983). « Defining tradition : Variations on the Hawaiian Identity », *American Ethnologist*, 10 (2), p. 241-252.

Linnekin, J., (1992). « On the theory and politics of cultural construction in the Pacific », dans Jolly & Thomas (1992), p. 249-263.

Linnekin, J. & Poyer, L., (éds), (1990). *Cultural Identity and Ethnicity in the Pacific*, Honolulu, University of Hawaii Press.

Mapou, L., (2003). « Sur le terrain de la recherche », *Mwà Véé*, 40, p. 5-10.

Mwa Vee, Revue culturelle kanak, 2003, 40 (*À la recherche des savoirs kanak*).

Narayan, K., (1993). « How native is a « native » anthropologist ? », *American Anthropologist*, 95 (3), p. 671-686.

Narokobi, B., (1980). *The Melanesian Way*, Boroko-Suva, University of South Pacific.

Norton, R., (1993). « Culture and identity in the South Pacific : A Comparative Analysis », *Man*, 28 (4), p. 741-759.

Tabani, M., (2002). *Les pouvoirs de la coutume à Vanuatu. Traditionalisme et édification nationale*, Paris, L'Harmattan.

Thomas, N., (1992). « The inversion of tradition », *American Ethnologist*, 19 (2), p. 213-232.

Tjibaou, J.M., (1996). *La présence kanak*, A. Bensa & E. Wittersheim (éds), Paris, Odile Jacob.

Trask, H.K., (1991). « Natives and Anthropologists : The Colonial Struggle », *The Contemporary Pacific*, 3 (1), p. 159-167.

Van Meijl, T., (1999). « Fractures culturelles et identités fragmentées. La confrontation avec la culture traditionnelle dans la société maori post-coloniale », dans Babadzan (1999), p. 53-70.

Wittersheim, E., (1999). « Les chemins de l'authenticité. Les anthropologues et la Renaissance mélanésienne », *L'Homme*, 151, p. 181-206.

THEME 5 :

SANTE ET ENVIRONNEMENT

De la grippe au SRAS, la plasticité génétique virale est facteur d'émergence

Jean-Claude MANUGUERRA
Cellule d'Intervention Biologique d'Urgence (CIBU), Institut Pasteur, Paris, France, jmanugu@pasteur.fr

Résumé

L'émergence de nouveaux virus, chez l'homme ou une espèce animale, résulte de l'interaction complexe de facteurs qui peuvent se grouper en quatre catégories: écologiques, zootechniques ou agro-pastorales, démographiques et virologiques. Les déterminants virologiques ne sont pas suffisants mais sont nécessaires. La plasticité génétique de beaucoup de virus à ARN, conséquence de la nature de leur ARN polymérases enclines aux erreurs de synthèse et dépourvues (ou presque) d'activité d'édition est un élément majeur de variation qui contribue au passage de la barrière d'espèce. Les mutations qu'elles engendrent sont, en effet, à l'origine des populations de génomes viraux différents qui définissent des quasi-espèces et c'est dans cette diversité génomique que sont "puisés" les génomes viraux les plus adaptés au nouvel hôte. La diversité génomique peut exister dans une ou plusieurs espèces hôtes, alors véritables réservoirs. La dynamique des populations humaines et animales, qu'elles soient sauvages ou domestiques, peut conduire à leur augmentation ou à leur renouvellement incessant, offrant autant d'individus capables d'héberger les virus. L'accroissement des populations d'individus sains favorise celui des populations virales et les évènements génétiques de très faible probabilité deviennent possibles. S'ajoutent aux mutations ponctuelles, aux délétions et aux insertions, des phénomènes génétiques souvent plus spectaculaires dans leurs conséquences : les réassortiments ou les recombinaisons génomiques. Les premiers sont observés chez les virus grippaux humains et animaux, les seconds sont décrits chez les coronavirus. Au cours des années 2002 et 2003, l'épidémie causée par le virus du SARS a fourni un exemple éclatant de vraie émergence, dont on ne connaît pas encore les origines et pas non plus les mécanismes. En 2003 et 2004, les épizooties à virus grippaux aviaires hautement pathogènes A(H7N7) et A(H5N1) associées à des cas humains d'infection ont fait planer le spectre de la prochaine pandémie grippale.

Introduction

C'est Stephen Morse qui a donné la première définition de l'émergence d'un nouvel agent pathogène. Depuis, sans changer fondamentalement, elle a été remaniée et complétée pour devenir la suivante: un agent émergent est un agent qui est nouvellement identifié ou qui a évolué ou encore qui existait déjà sous la même forme mais qui augmente en incidence ou qui étend sa distribution géographique ou dont le spectre d'hôtes ou de vecteurs se modifie (adapté du rapport de la consultation sur les zoonoses émergentes organisées du 3 au 5 mai 2004 par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) à Genève, Suisse).

Le phénomène d'émergence n'est pas nouveau puisqu'il a émaillé l'évolution et l'histoire de l'humanité. Il est vraisemblable par exemple que le virus de la rougeole a été introduit chez l'homme au néolithique entre 8000 et 5000 avant Jésus Christ au moment où l'homme se sédentarisait dans les plaines de ce qui est aujourd'hui l'Irak. La domestication des petits et grands ruminants a conduit l'homme à une promiscuité jamais atteinte avec ces animaux. Le virus le plus proche du virus de la

rougeole est le virus de la peste bovine, lui-même proche du virus de la peste des petits ruminants. L'argument le plus fort soutenant cette hypothèse réside dans la position relative taxinomique et phylogénétique des espèces animales et humaines entre elles et des morbillivirus qui les infectent respectivement. La topologie des arbres correspondant se superpose à l'exception de l'homme et du virus de la rougeole. Depuis son introduction chez l'homme, il y a entre 7000 et 10 000 ans, ce virus a évolué chez l'homme et s'est "spécifié" pour être aujourd'hui distinct de son ancêtre. Sans réservoir animal, ce virus est sur la liste des virus "éradicables" de l'OMS. Ainsi l'émergence du virus de la rougeole chez l'homme correspond-il à un tournant de son évolution. Une deuxième émergence, au sens d'extension géographique cette fois, s'est déroulée au seizième siècle où la rougeole aurait été introduite, entre autres maladies, chez les populations indemnes d'Amérique du sud et centrale. En effet, ces populations auraient colonisé le continent sud américain après être passées, grâce à la mer gelée à cet endroit à cette époque, du continent eurasien vers l'Amérique par le détroit de Behring vers 10 000 avant JC au moment où le virus de la rougeole n'avait pas encore émergé chez l'homme.
Depuis le dernier quart du vingtième siècle, l'émergence virale semble augmenter en fréquence, sans doute en partie en raison des progrès dans leur détection. Si certaines peuvent être qualifiée "d'émergences de connaissance" comme celle de l'hépatite C en 1989 (le virus n'était pas découvert mais la maladie existait englobée dans les hépatites non A non B) ou des rotavirus en 1973, le siècle dernier a connu de vraies émergences: virus Ebola en 1976, virus Hantaan en 1977, virus Guanarito causant la fièvre hémorragique du Venezuela en 1991, Hantavirus Sin nombre en 1993. En 1998, le virus Nipah causait sa première épidémie en Malaisie. La plus dramatique des vraies émergences est celle des virus du SIDA qui ont été découverts en 1983 et 1985 à l'Institut Pasteur par l'équipe qui a travaillé autour de Luc Montagnier, Jean-Claude Cherman et Françoise Barré-Sinoussi. Plus récemment le syndrome respiratoire aigu sévère ou SRAS causé par un virus à ARN ou ribovirus ainsi que la menace de la grippe aviaire à virus A(H5N1), un ribovirus, nous rappellent particulièrement encore une fois le potentiel des micro-organismes à passer et à s'adapter chez l'homme.

Les facteurs d'émergence

Un ensemble d'interactions complexes

L'émergence virale intervient lorsque quatre grands types de circonstances lui sont favorables; elles sont de nature virologique, écologique, zootechnique ou agropastorale et enfin socioculturelle et démographique. C'est leur conjonction qui ouvre la brèche dans les barrières d'espèce et permet leur transgression. Ces circonstances sont liées entre elles et les changements de l'une affecteront le poids de l'autre dans la chaîne des évènements qui conduit à l'infection de l'homme par un virus nouveau pour lui. Cet essai présente et discute principalement les facteurs virologiques.

Les facteurs virologiques

Les capacités de passage de la barrière des espèces et d'adaptation des virus tiennent 1/ à leur plasticité génétique liée directement à la nature de leurs polymérases (surtout pour les virus à ARN) et de leurs génomes, 2/ à leur diversité, 3/ à leur spectres d'hôtes et 4/ enfin à la taille possible des populations virales. Ces aspects sont liés entre eux.

La plasticité génétique des ribovirus

Les ribovirus varient naturellement par un mécanisme qui leur est commun: la mutation génétique qui peut être sélectionnée positivement ou contre-sélectionnée au contraire en fonction de son environnement et de l'évolution de celui-ci. Les virus sont des entités qui ont leurs propres déterminisme et dynamique de réplication dans leur cellule hôte. Les ribovirus en particulier sont contraints d'utiliser leur propre polymérase pour multiplier leur matériel génétique car il n'y a pas dans les cellules hôtes d'ARN polymérase ARN dépendante (c'est-à-dire une enzyme capable de synthétiser de l'ARN en partant de l'ARN). Ces mutations dues à des erreurs au moment de la synthèse vont conduire à l'apparition de génomes différents les uns des autres et les ribovirus existent chez leur hôte sous forme d'une distribution de génomes plus ou moins différents en fonctions des mutations. Un ribovirus a été très étudié pour décrire l'existence de cette distribution de population génomique virale appelée quasi-espèce, c'est le virus de la fièvre aphteuse. Ce virus est constitué d'un génome de 8500 nucléotides. Le taux de mutation au niveau génomique a été estimé entre 0.9 * 10–2 et 7.4 * 10–2 par nucléotide et par an. (Domingo *et al.*, 1992)Ainsi selon les auteurs de cette estimation, au cours d'une

épizootie les virus isolés dans le foyer diffèrent entre eux de 0,7 à 2,2% au niveau génomique. Ils ont aussi évalué que dans leur hôte, les virus de la fièvre aphteuse subissaient entre 0,6 et 2 changements de nucléotides par cycle de réplication. Ces mutations associées à la taille des populations virales sont les moteurs essentiels de la diversité génétique. Taux de mutation accru et taille de population augmentée conduisent à un élargissement du spectre des propriétés de la descendance, expliquant leur adaptabilité.

Les autres mécanismes utilisés par les virus peuvent aussi avoir des effets très importants sur l'émergence d'un nouveau virus chez l'homme. Il s'agit du réassortiment et de la recombinaison qui dépendent du virus et de la nature de son génome. Le premier sera développé avec l'exemple des virus grippaux. Les *Coronavirus* auxquels appartient le virus du SRAS utilisent la recombinaison.

Les virus grippaux et la menace pandémique à virus aviaire A(H5N1)

Les virus grippaux sont des virus à ARN monobrin segmenté (ils comportent 7 ou 8 segments "indépendants physiquement") dit négatifs (le génome est le miroir de la séquence qui code les protéines). Ces virus sont enveloppés, ce qui les rend sensibles aux détergents et aux solvants des lipides et relativement fragiles, et portent à leur surface une ou deux glycoprotéines. Ils sont divisés en trois types A, B et C en fonction de l'antigénicité de leur nucléoprotéine et de leur protéine de matrice. Ces types sont superposables aux trois genres définis dans la taxinomie actuelle: *Influenzavirus A*, *Influenzavirus B* et *Influenzavirus C*. Les virus de type A, seuls à être développés ici, sont classés en sous-types sérologiques déterminés par la nature de leur deux glycoprotéines de surface H et N dont il existe respectivement 15 et 9 types moléculaires numérotés à partir de 1. Chez l'homme circulent actuellement les sous-types H1N1, H3N2 et depuis 2001 le réassortant H1N2.

"La cosmogonie grippale" est centrée sur les oiseaux aquatiques sauvages, et principalement sur les *Ansériformes*, un des quelques cinquante ordres de la classe des Oiseaux qui regroupe les genres et espèces d'oies et de canards. Au sein de la classe des Oiseaux, le spectre d'hôtes est déjà grand car il a été rapporté qu'au moins onze autres ordres d'oiseaux sont infectés naturellement par les virus grippaux notamment celui qui regroupent les poules, les dindes et les cailles, celui qui contient les mouettes et goélands ou encore celui des perruches et perroquets - pour revue (Manuguerra, 2001).

Ces quatre ordres sont particulièrement importants soit en termes de fréquence d'infection soit en termes de pouvoir de dissémination géographique soit enfin en termes de sensibilité, de taille de population et de contact avec les hommes. Les volailles domestiques qui comptent les poules, les dindes et les canards notamment apparaissent certainement comme des intermédiaires entre les oiseaux aquatiques migrateurs sauvages et les autres animaux domestiques comme les porcs (Halvorson *et al.* 1983)ou l'homme pour les transmissions interspécifiques de virus grippaux.

Le spectre d'hôte des virus grippaux va donc au-delà de la Classe des *Oiseaux* et comprend celle des *Mammifères* puisque le porc, l'homme ou encore le cheval sont des espèces chez lesquels les virus grippaux sont capables de circuler en s'y inféodant et en évoluant ainsi selon leur propre lignage. Chez d'autres espèces mammaliennes, notamment les cétacés, les virus grippaux circulent et causent des épizooties mais sans jamais s'y installer et toujours à la suite d'une infection par un virus aviaire - pour revue (Manuguerra, 2001).

D'habitude chez l'homme, les virus grippaux de type A évoluent par accumulation de mutations ponctuelles. Les mutations peuvent être silencieuses ou synonymes, c'est à dire qu'elles n'entraînent pas de modification dans la nature ou la fonction de l'acide aminé codé. Elles peuvent s'exprimer au niveau de la séquence du polypeptide correspondant. Les mutations exprimées peuvent être défavorables au virus si, par exemple, elles détruisent un site fonctionnel ou structural essentiel. En revanche, elles peuvent être "bénéfiques" pour le virus si elles affectent un site antigénique en lui permettant d'échapper à l'immunité humorale antigrippale. Lorsqu'une mutation aboutit à la modification d'un site antigénique, on parle de glissement antigénique. Le taux de mutations au niveau des gènes codant l'HA atteint 10^{-3} (5,7 10^{-3} par site et par an pour le domaine HA1 de l'HA des virus A(H3N2) humains isolés entre 1984 et 1996) (Fitch *et al.*, 1997), ce qui est considérable, comparé au

taux de 10^{-6} qui est un taux rencontré pour les synthèses normales des cellules eucaryotes. Ce mécanisme explique que, d'une année sur l'autre, la séquence des gènes codant la H3 des virus de grippe A humaine varie d'environ 0,6% : ainsi après 5 ans les séquences diffèrent de près de 3%. En effet, les mutations s'accumulent dans le temps (moins pour les virus de type B et encore moins pour les virus de type C) et aboutissent à l'émergence progressive et continue de nouvelles lignées de virus de grippe A chez l'homme par pression de sélection positive de type darwinien. Pour suivre cette évolution, la composition du vaccin contre la grippe est revue chaque année, en février pour l'hémisphère nord et en septembre pour l'hémisphère sud.

Les mutations exprimées peuvent aussi être favorables au virus en ne touchant pas un site antigénique mas en affectant par exemple un caractère phénotypique comme la reconnaissance par le virus de son récepteur à la surface de la cellule hôte. Les virus grippaux reconnaissent les acides sialiques sur leur cellule hôte. Cet acide sialique peut être de diverses natures NeuAc ou Neu Gc et branché à la chaîne sous-jacente de sucres de manière diverse α2,3, α2,6 pour les glycoprotéines ou encore α2,8 pour les gangliosides. Pour ce qui concerne les glycoprotéines, les virus humains se lient préférentiellement aux NeuAcα2,6Gal, prépondérants à la surface des cellules humaines, alors que les virus aviaires se lient plutôt aux NeuAcα2,3Gal, largement majoritaires à la surface des cellules aviaires. (Rogers & Paulson, 1983) Les mutations peuvent donc intervenir dans le passage de la barrière d'espèce. Cependant, la transmission directe de virus aviaire à l'homme dans le cas de l'épisode dit de la « grippe du poulet » qui s'est déroulé à Hong Kong en 1997, suggère que d'autres facteurs sont probablement nécessaires à la transmission interspécifique des virus grippaux. (Claas *et al.* 1998, Suarez *et al.* 1998, Subbarao *et al.* 1998)

C'est probablement par l'accumulation de mutations que se sont diversifiés à partir d'un ancêtre commun les quinze types moléculaires d'hémagglutinine. (Gorman O T *et al.*, 1992) Cette diversité des segments 4 qui codent l'hémagglutinine ainsi que celle des neuraminidases des virus grippaux de type A permet les changements de molécules complètes par le jeu du mécanisme de réassortiment. Il est rendu possible pour tous les virus grippaux des types A, B et C par le caractère fragmenté de leur génome. La cassure antigénique *sensu stricto*, par remplacement de l'HA et/ou de la NA par une HA et/ou une NA d'un type moléculaire différent, n'existe que pour le type A, au sein duquel elle génère de nouveaux sous-types.

Les virus d'oiseaux, s'ils sont capables d'infecter directement les humains se répliquent souvent peu efficacement chez l'homme et se transmettent très difficilement d'un individu à l'autre. En effet, le déterminisme d'adaptation à l'hôte est multigénique et concerne les gènes dits internes (par exemple, ceux qui codent la nucléoprotéine et au moins une des protéines du complexe polymérase). Il ne suffit donc pas à un virus aviaire d'être enveloppé d'antigènes inconnus des populations humaines, faut-il encore qu'il soit doué d'une bonne capacité à se répliquer chez son nouvel hôte potentiel. Ce sont ces deux propriétés que cumulent les virus hybrides issus d'un réassortiment entre deux virus parentaux, l'un humain et l'autre aviaire. Le principe est le suivant. A l'occasion d'une co-infection d'un porc par un virus humain et un virus aviaire, comme les brins d'ARN génomiques viraux sont "physiquement indépendants" les uns des autres, il peut se former une particule virale hybride, au moment de la formation par bourgeonnement du néovirion. Il semble que les combinaisons des huit ou sept segments ne soient pas toutes possibles et que les assortiments réussis se réalisent en respectant des ensembles de gènes, formant des "constellations". Le virus hybride, ou virus réassortant, peut emprunter les gènes "internes d'adaptation" à l'homme et les gènes HA et/ou NA de virus d'oiseau. Le virus réassortant détient le pouvoir de se répliquer efficacement chez l'homme chez qui il ne rencontre pas de défense spécifique car son HA et éventuellement aussi sa NA, d'origine aviaire, ne sont pas reconnues par les anticorps qui pré-existent dans les populations humaines. C'est en effet un virus nouveau chez l'homme, potentiellement capable de provoquer une pandémie. C'est le mécanisme initial hypothétique ayant été à l'origine des deux dernières pandémies de grippe en date. Peu avant 1957, le virus humain de type A de sous-type H1N1, alors en circulation, aurait substitué trois de ses huit segments de gènes en acquérant les gènes PB1, HA (une H2) et NA (une N2) de virus de canard probablement lors d'une co-infection chez le porc pour aboutir à une cassure antigénique avec l'émergence chez l'homme du sous-type H2N2. C'est le virus qui a causé la grippe asiatique, pandémie qui débuta en 1957 en Asie et qui a supplanté le virus H1N1 sans doute par avantage sélectif. Peu

avant 1968, le virus humain de type A en circulation depuis 1957 de sous-type H2N2 aurait substitué deux de ses huit segments de gènes en acquérant les gènes PB1, HA (une H3) de virus de canard probablement lors d'une co-infection chez le porc pour aboutir à une cassure antigénique avec l'émergence chez l'homme du sous-type H3N2. C'est le virus qui a causé la grippe de Hong Kong, pandémie qui débuta dans cette région du monde en 1968 et qui n'atteignit la France que l'hiver suivant 1969/1970 - pour revue (Manuguerra, 1999).

La raison pour laquelle une pandémie grippale est si crainte est que celles du passé sont associées à une mortalité élevée d'au moins 2 millions d'individus dans l'an et demi qu'elles ont environ mis à faire le tour de la terre (Oxford, 2000).

Avant l'épisode de la grippe du poulet de 1997 qui avait touché 18 personnes en tuant 6, il n'y avait pas eu de transmission rapportée zoonotique de virus d'oiseaux à l'homme associée à un syndrome respiratoire aigu. Seules des conjonctivites à virus aviaires avaient été rapportées. Après cet épisode dit de "la grippe du poulet", des cas humains sporadiques et rares ont été détectés en Chine et à Hong Kong notamment en janvier et février 2003. Sur un fond d'épizooties extensives chez les oiseaux non seulement domestiques mais aussi sauvages à virus grippal aviaire hautement pathogène A(H5N1) qui a atteint d'abord un arc allant de la Corée du Sud et du Japon en passant par le sud de la Chine, le Vietnam, le Laos, le Cambodge et la Thaïlande puis la Malaisie et l'Indonésie, des cas humains ont été rapportés. Une première vague entre décembre 2003 et avril 2004 a touché 34 personnes au Vietnam et en Thaïlande dont 23 sont décédés (OMS, 2004). Le taux de létalité était donc très élevé (67,6%) pour une infection respiratoire. Une première publication décrivant des cas humains au Vietnam en 2003/2004 a montré que dans tous les cas analysés, l'infection avait été acquise apparemment directement par la volaille. Elle a aussi montré que parmi les huit patients décédés de l'étude, aucun ne souffrait de pathologie pré-existante connue. (Tran *et al.*, 2004) A ce jour, les données génétiques disponibles indiquent qu'il n'y a pas eu de réassortiment entre des virus humains A(H1N1), A(H1N2) ou A(H3N2) et le virus aviaire dominant actuel A(H5N1) responsable des épizooties. En revanche, une étude récente montre que les hémagglutinine et les neuraminidases des virus actuels ont dérivé génétiquement de celle du virus A(H5N1) de 1997 mais que le génotype actuellement dominant est différent de celui de 1997. (Li *et al.*, 2004) En effet cette étude montre une série de réassortiments depuis le virus A(H5N1) de génotype Gs/Gd qui a causé les cas humain en 1997 en passant par les virus A(H5N1) responsables d'épizooties en 2001 et 2002 où le génotype Z a été détecté pour la première fois jusqu'à 2003 et enfin 2004 où ce génotype s'est imposé. (Li *et al.*, 2004) Cette étude suggère que les canards domestiques du sud de la Chine auraient joué un rôle central dans la genèse du génotype Z et sa perpétuation. Elle indique aussi que les oiseaux sauvages pourraient être impliqués dans la vaste étendue de distribution de ces virus en Asie. Ces résultats suggèrent que les virus A(H5N1) sont devenus endémiques en Asie et la situation que nous avons observée en 2004 montre que ces virus sont difficilement" éradicables" et qu'ils continuent de constituer une épée de Damoclès au dessus de nos têtes. Une deuxième vague de cas humain entre juillet et septembre 2004 a illustré cette menace en Thaïlande et au Vietnam faisant passer le nombre de cas de 34 à 43 et le nombre de morts de 23 à 31.

Le réassortiment constituant le risque le plus grave, une étude récente a essayé de le quantifier. Ainsi s'il ont admet que pendant la circulation épidémique de virus humain de type A, 10% de la population est infectée, si l'on estime que la fenêtre de co-infection d'un humain par à la fois un virus humain et le virus H5N1 est de un jour et si l'on admet que le réassortiment se produit dans tous les cas de co-infection (ce qui est très pessimiste) alors la proportion de la population susceptible de jouer le rôle de creuset de mélange est de 0,12% et la probabilité de réassortiment est de $1-(1-0{,}0012)^n$. (Ferguson *et al.*, 2004) Ainsi, pour 45 cas humains, le risque de réassortiment est de 5% et il passe à 50% pour 600 cas humains d'infection rapportée à virus aviaire A(H5N1). Eviter les infections humaines, c'est tenter d'éviter le réassortiment d'où les campagnes de destruction des animaux et cheptels infectés. Les auteurs de cette étude indique que calculer le risque de réassortiment de cette manière doit être complété par un indicateur qui devrait permettre d'alerter sur le fait qu'un évènement anormal s'est produit et particulièrement sur le plan virologique à investiguer en toute urgence. Ces auteurs suggèrent de prendre en compte la taille des foyers de cas groupés. En se basant sur des hypothèses de taux de reproduction de base R_0 de l'infection, ils proposent des seuils au-delà desquels

les données épidémiologiques montreraient la survenue d'un phénomène virologique anormal, le réassortiment par exemple. (Ferguson *et al.* 2004)

Comme en 1997, les virus A(H5N1) ne se sont pas encore établis chez l'homme car ils ont été incapables d'initier une chaîne épidémique chez lui. La destruction de million de volailles était nécessaire et jusqu'à ce jour s'est montrée efficace à prévenir le pire en cantonnant les infections A(H5N1) à la transmission zoonotique et en évitant le réassortiment viral et l'accumulation de mutations. (2004)

L'épée de Damoclès que représente la grippe aviaire à virus A(H5N1) en Asie ne doit pas nous faire oublier l'épisode épidémique de pneumopathies atypiques vite baptisé Syndrome Respiratoire Aigu Sévère ou SRAS par l'OMS de 2003 et qui pourrait bien resurgir un jour.

L'émergence d'un nouveau virus chez l'homme: le coronavirus du Syndrome Respiratoire Aigu Sévère

Bilan et phases de l'épidémie de SRAS

L'épidémie de pneumonie atypique ou syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) a fait à ce jour 8098 victimes dont 774 sont mortes. Elle a touché vingt-neuf pays mais l'épidémie mais a été concentrée à la Chine avec deux tiers des cas, à Hong Kong avec un cinquième des cas et dans une moindre mesure à Taiwan, à Singapour, au Vietnam et au Canada (Toronto). Comme toutes les épidémies, elle a connu quatre phases: introduction, diffusion, amplification et régression. En réalité, la phase d'amplification a été de courte durée car les caractères inhérents des infections dues au virus du SRAS et les actions de santé publique mises en œuvre n'ont pas permis une explosion épidémique globale et ont conduit à la régression rapide de l'épidémie partout dans le monde.

- *Phase d'introduction de la maladie chez l'homme et diffusion locale*

Les premiers cas de pneumonie atypique dans la province de Canton remontent à la mi-novembre 2002 tandis que le premier rapport officiel de l'OMS date de mi-février 2003. La phase de diffusion du nouveau virus dans la population humaine avait alors déjà commencé. A la mi-février, les autorités sanitaires de la province de Canton avaient rapporté, pour la période du 16 novembre 2002 au 9 février 2003, 305 cas de pneumopathies atypiques dont cinq étaient décédés. En date du 12 février 2003, alors que la grippe avait été évoquée, aucun virus grippal n'avait été isolé ou seulement détecté de ces 305 cas, rapportés dans 6 municipalités de la province de Canton (Guangdong): Foshan, Guangzhou, Heyuan, Jiangmen, Shenzhen et Zhongshan. Il semble que plusieurs foyers de pneumonies atypiques ont démarré indépendamment dans la province de Canton. Au moins sept foyers initiaux ont été identifiés, dont six n'ont donné qu'une chaîne de transmission à 2 ou 3 niveaux.

En Chine, la diffusion s'est faite localement puis régionalement dans la province de Canton qui a compté au total un peu moins du tiers des cas de Chine. Le SARS a ensuite diffusé à distance vers le nord de la république populaire, dans quatre provinces disposées en croissant autour de Pékin. La quasi-totalité des cas hors du Guangdong a été enregistrée dans ces régions du nord de la Chine.

- *Diffusion internationale du SRAS et de son virus*

Parti du Guangdong, le SRAS et son virus ont atteint Hong Kong au mois de février 2003. En effet, le 21 de ce mois, un médecin, souffrant d'une infection respiratoire aiguë depuis le 15 et venant du Guangdong pour rendre visite à sa famille a séjourné au neuvième étage de l'hôtel M à Hong Kong. Dès le lendemain, il fut admis à l'hôpital 1 de Hong Kong où il mourut le jour suivant. Quatre personnels soignants et deux membres de sa famille sont ensuite tombés malades, un membre de sa famille décéda. Dix autres personnes qui ont contracté le SRAS ont séjournés eux aussi le 21 février à l'hôtel M. Deux autres malades du SRAS ont également été clients de cet hôtel au moment où au moins un des autres clients était symptomatique. Neufs des treize malades, incluant le premier cas, ont occupé une chambre au neuvième étage, l'un a séjourné à la fois au neuvième et au quatorzième étage, tandis deux autres avaient séjournés aux étages 11 ou 14. A partir de cet hôtel, ont essaimé onze cas de SRAS: 1/ trois vers les hôpitaux 1, 2 et 3 de Hong Kong, 2/ deux vers le Canada dont l'un sera associé à 16 cas à la source de l'épidémie de Toronto, 3/ un vers Hanoi, cas index de l'hôpital français associé à 59 cas dans le personnel de l'hôpital français, les autres contacts, y compris Dr Carlo Urbani (OMS)

parti pour Bangkok et indirectement cinq cas probables en France, 4/ trois vers Singapore où a commencé ensuite l'épidémie avec 70 cas associés, y compris l'un des soignants qui est ensuite allé en Allemagne et a infecté deux autres personnes, 5/ enfin, un client de l'hôtel M est parti en Irlande, 6/ et un aux Etats-Unis (avec deux cas directement associés). C'est d'Hanoi, grâce à la perspicacité des collègues vietnamiens et français épaulés par le bureau de l'OMS dans cette ville et les autorités Vietnamiennes, qu'est parti le signal fort qui a conduit l'OMS à émettre une alerte globale contre le SRAS.

La découverte d'un nouveau virus: le coronavirus du SRAS

Le virus a été identifié formellement le 22 avril 2003, comme un nouveau CoV cause du SARS. Les *Coronavirus*, un des deux genres de la famille des *Coronaviridae,* regroupent des virus enveloppés à ARN simple brin de polarité positive. Leur génome est le plus grand de ceux des virus à ARN connus à ce jour et la réplication/transcription se déroule selon un mécanisme original qui résulte en de fréquentes recombinaisons. Les CoV ont été d'abord classés selon la morphologie des virions en microscopie électronique. Leur enveloppe est hérissée de spicules en forme de petits pétales, ce qui donne aux virions une allure de couronne (corona en latin). Sont aussi caractéristiques de cette famille virale: l'organisation d'un ensemble d'éléments génétiques nichés avec une extrémité 3' commune, leur stratégie de transcription, l'organisation de leur génome, l'homologie de séquence et les propriétés de leur protéines structurales. Jusqu'à la découverte du virus du SRAS, le genre *Coronavirus* était divisé en trois groupes distincts. Les CoV n'infectent généralement qu'une espèce ou un nombre limité d'espèces apparentées mais globalement le spectre d'hôtes de ce genre viral est large : des dindes à l'homme. Ils sont généralement associés à des syndromes respiratoires, digestifs, hépatiques voire du système nerveux.

Les analyses phylogéniques réalisées sur les tout premiers 330 et 405 Nt disponibles au moment de la découverte du virus étaient situés dans une région très conservée du gène de la polymérase (ORF1a et ORF1b) ont suggéré que le CoV du SRAS était distinct des trois groupes de CoV décrits alors. Selon certains auteurs qui ont utilisé d'autres régions ou d'autres approches, le CoV du SRAS est un virus qui aurait divergé il y a déjà longtemps du groupe 2 et aurait depuis lors évolué indépendamment de ce groupe. L'analyse de nombreux génomes viraux issus de cas qui sont survenus à différentes phases de l'épidémie incluant deux séquences de virus de civette palmiste masquée montre que des génotypes viraux se distinguent en fonction de la phase épidémique (précoce, moyenne et tardive) et que les génotypes les plus précoces sont les plus proches des virus animaux. Elle montre aussi que le virus a évolué au cours du temps en commençant et en terminant par une délétion majeure dans l'ORF8. L'évolution a été plus rapide au départ puis s'est ralentie pour aboutir à un génome stabilisé. (Chinese (Chinese Consortium for the Epidemiology of SARS, 2004) Les mutations étaient plus particulièrement concentrées dans la région codant la protéine de spicule S. (Chinese Consortium for the Epidemiology of SARS, 2004) Parmi les génotypes viraux, les virus descendants du virus qui a circulé à l'hôtel M de Hong Kong en février 2003 qui ont essaimé dans le monde entier forment un groupe phylogénique distinct et peu varié.

Réservoir et origine du virus

Dans la plupart des foyers dans la province du Guangdong, le cas index avait été en contact avec des animaux, particulièrement des animaux sauvages. De plus, dans une étude menée à Canton la séroprévalence des anticorps croisant avec le CoV du SRAS s'élevait à près de 40% chez les marchands d'animaux sauvages sur les marchés. En revanche ce taux était très faible (5%) voire nul respectivement chez les vendeurs de fruits et légumes du même marché et chez les personnes dont le sang avait été prélevé dans des hôpitaux de la région avant l'épisode du SRAS. (Guan *et al.*, 2003) L'isolement de virus proches du virus humain du SRAS, mais différents notamment par l'absence de la délétion de 29 Nt à 246 Nt en amont de la région codant la protéine N a été réalisé à partir de prélèvements sur certains animaux. Ceci conforte l'hypothèse d'une source animale à l'émergence du virus du SRAS. Certains parlent même de réservoir. L'isolement de virus analogues à celui du SRAS a été rapporté chez d'autres espèces animales mais pas confirmées. L'espèce pour laquelle, les arguments

(Guan *et al.*, 2003) Des études plus longues et précises sont nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

Perspective

Malgré la fin de l'épidémie de 2003, la vigilance contre le SRAS ne faiblit pas. Outre trois évènements de contamination de laboratoire (deux en 2003 et un en 2004), les trois cas confirmés dans le Guangdong en décembre 2003/janvier 2004, sans lien avec l'épidémie précédente, montrent que les conditions d'émergence, encore mal ou pas connues, existent toujours à l'interface entre les hommes et les animaux sauvages.

La lutte contre le SRAS et en particulier la découverte du nouveau virus tout comme la mobilisation contre la grippe aviaire souligne l'importance primordiale de la coopération internationale. Si cette dernière est si forte, orchestrée par les agences internationales en premier lieu l'OMS et relayé par les autorités des différents pays menacés c'est que nous avons tous compris le message que Charles Nicolle écrivait ainsi dans "le destin des maladies infectieuses": "*La connaissance des maladies infectieuses enseigne aux hommes qu'ils sont frères et solidaires. Nous sommes frères parce que le même danger nous menace, solidaires parce que la contagion nous vient le plus souvent de nos semblables*".

Références bibliographiques

OMS (2004). Assessment of risk to human health associated with outbreaks of highly pathogenic H5N1 avian influenza in poultry--situation as at 14 May 2004. *Wkly Epidemiol Rec* 79, 203-4.

Chinese, S. M. E. C. (2004). Molecular evolution of the SARS coronavirus during the course of the SARS epidemic in China. *Science* 303, 1666-9. Epub 2004 Jan 29

Claas, E. C., Osterhaus, A. D., van Beek, R., De Jong, J. C., Rimmelzwaan, G. F., Senne, D. A., Krauss, S., Shortridge, K. F. & Webster, R. G. (1998). Human influenza A H5N1 virus related to a highly pathogenic avian influenza virus [see comments] [published erratum appears in Lancet 1998 Apr 25;351(9111):1292]. *Lancet* 351, 472-7.

Domingo, E., Escarmis, C., Martinez, M. A., Martinez-Salas, E. & Mateu, M. G. (1992). Foot-and-mouth disease virus populations are quasispecies. *Curr Top Microbiol Immunol* 176, 33-47.

Ferguson, N. M., Fraser, C., Donnelly, C. A., Ghani, A. C. & Anderson, R. M. (2004). Public health. Public health risk from the avian H5N1 influenza epidemic. *Science* 304, 968-9.

Fitch, W. M., Bush, R. M., Bender, C. A. & Cox, N. J. (1997). Long term trends in the evolution of H(3) HA1 human influenza type A. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94, 7712-8.

Gorman O T, Bean W J & Webster, R. G. (1992). Evolutionary processes in influenza viruses: divergence, rapid evolution, and stasis. In *Genetic diversity of RNA viruses*, pp. 75-98. Edited by Compans R W, Cooper M, Koprowski H, McConnell I, Melchers F, Nussenzweig V, Oldstone M, Olsnes S, Potter M, Saedler H, Vogt P K, Wagner H & W. I: Springer-Verlag.

Guan, Y., Zheng, B. J., He, Y. Q., Liu, X. L., Zhuang, Z. X., Cheung, C. L., Luo, S. W., Li, P. H., Zhang, L. J., Guan, Y. J., Butt, K. M., Wong, K. L., Chan, K. W., Lim, W., Shortridge, K. F., Yuen, K. Y., Peiris, J. S. & Poon, L. L. (2003). Isolation and characterization of viruses related to the SARS coronavirus from animals in southern China. *Science* 302, 276-8. Epub 2003 Sep 04.

Halvorson, D., Karunakaran, D., Senne, D., Kelleher, C., Bailey, C., Abraham, A., Hinshaw, V. & Newman, J. (1983). Epizootiology of avian influenza--simultaneous monitoring of sentinel ducks and turkeys in Minnesota. *Avian Diseases* 27, 77-85.

Li, K. S., Guan, Y., Wang, J., Smith, G. J., Xu, K. M., Duan, L., Rahardjo, A. P., Puthavathana, P., Buranathai, C., Nguyen, T. D., Estoepangestie, A. T., Chaisingh, A., Auewarakul, P., Long, H. T., Hanh, N. T., Webby, R. J., Poon, L. L., Chen, H., Shortridge, K. F., Yuen, K. Y., Webster, R. G. & Peiris, J. S. (2004). Genesis of a highly pathogenic and potentially pandemic H5N1 influenza virus in eastern Asia. *Nature* 430, 209-13.

Manuguerra, J.-C. (2001). Ecologie, biodiversité et évolution des virus grippaux. *Virologie* 5, 195-205.

Manuguerra, J. C. (1999). New influenza viruses. *Bulletin de l' Academie Nationale de Médecine* 183, 1377-1390.

Oxford, J. S. (2000). Influenza A pandemics of the 20th century with special reference to 1918: virology, pathology and epidemiology. *Rev Med Virol* 10, 119-33.

Rogers, G. N. & Paulson, J. C. (1983). Receptor determinants of human and animal influenza virus isolates: differences in receptor specificity of the H3 hemagglutinin based on species of origin. *Virology* 127, 361-73.

Suarez, D. L., Perdue, M. L., Cox, N., Rowe, T., Bender, C., Huang, J. & Swayne, D. E. (1998). Comparisons of highly virulent H5N1 influenza A viruses isolated from humans and chickens from Hong Kong. *Journal of Virology* 72, 6678-88.

Subbarao, K., Klimov, A., Katz, J., Regnery, H., Lim, W., Hall, H., Perdue, M., Swayne, D., Bender, C., Huang, J., Hemphill, M., Rowe, T., Shaw, M., Xu, X., Fukuda, K. & Cox, N. (1998). Characterization of an avian influenza A (H5N1) virus isolated from a child with a fatal respiratory illness. *Science* 279, 393-6.

Tran, T. H., Nguyen, T. L., Nguyen, T. D., Luong, T. S., Pham, P. M., Nguyen, V. C., Pham, T. S., Vo, C. D., Le, T. Q., Ngo, T. T., Dao, B. K., Le, P. P., Nguyen, T. T., Hoang, T. L., Cao, V. T., Le, T. G., Nguyen, D. T., Le, H. N., Nguyen, K. T., Le, H. S., Le, V. T., Christiane, D., Tran, T. T., Menno de, J., Schultsz, C., Cheng, P., Lim, W., Horby, P. & Farrar, J. (2004). Avian influenza A (H5N1) in 10 patients in Vietnam. *N Engl J Med* 350, 1179-88. Epub 2004 Feb 25.

Aedes aegypti : une histoire de dengue

Anna-Bella FAILLOUX, Marie VAZEILLE, Laurence MOUSSON et François RODHAIN
Unité d'Ecologie des Systèmes Vectoriels / Unité des Insectes et Maladies Infectieuses, Institut Pasteur à Paris, France,
afaillou@pasteur.fr

La dengue et son épidémiologie

La dengue est l'arbovirose humaine la plus importante en terme de morbidité et de mortalité. Elle menace la santé de près de 2,5 milliards d'individus et survient dans plus de 100 pays. L'infection d'homme à homme est assurée par un moustique du genre *Aedes* et principalement, *Aedes aegypti*. Les tableaux cliniques liés à la dengue sont variables allant de la forme asymptomatique, la forme classique avec une guérison se faisant généralement sans séquelle et suivie d'une immunité spécifique envers le sérotype viral en cause, et enfin à la dengue hémorragique parfois accompagnée d'un syndrome de choc hypovolémique pouvant conduire au décès du malade. Alors que la dengue classique survient dans presque toute l'aire de distribution du vecteur d'écologie urbaine, *Ae. aegypti*, la dengue hémorragique est, quant à elle, plus largement décrite en Asie du Sud-Est et en Amérique tropicale. L'Asie du Sud-Est est ainsi devenue le foyer majeur des virus de la dengue avec une co-circulation des quatre sérotypes de dengue. En Amérique tropicale et dans les îles du Pacifique Sud, la situation tend à se calquer sur celle de l'Asie du Sud-Est avec une recrudescence des cas de dengue hémorragique. En Afrique, les épidémies de dengue sont essentiellement cantonnées à l'Afrique de l'Est (le Kenya, le Mozambique). Au Sénégal, le virus circule en région forestière selon un cycle selvatique dont l'homme est exclu de manière générale.

Le vecteur *Aedes aegypti*

Sur la base de critères morphologiques et éco-éthologiques, on peut définir deux formes majeures d'*Ae. aegypti* : (1) les populations primitives, *Ae. ae. formosus,* d'écologie plutôt rurale, observées en Afrique tropicale et dans quelques îles de l'Océan indien et (2) les populations domestiques, *Ae. ae. aegypti,* hautement anthropophiles, présentes en Asie tropicale, Amérique tropicale et dans la région du Pacifique Sud. Cette distinction a pu être confortée par une différence dans le patron de différenciation génétique des populations ainsi que dans leur compétence vectorielle vis à vis des virus de la dengue. *Ae. ae. formosus* est très rarement incriminé dans une épidémie de dengue alors qu'*Ae. ae. aegypti* en est le vecteur majeur.

La forme ancestrale *d'Ae. aegypti* semble être originaire d'Afrique tropicale. L'assèchement du Sahara en contraignant les populations humaines à stocker l'eau dans de petits contenants artificiels, a favorisé la différenciation de populations de moustiques plus adaptées à l'environnement domestique. Grâce aux vagues successives de migrations humaines à l'intérieur comme à l'extérieur du continent africain, la forme domestique d'*Ae. aegypti* a envahi la ceinture intertropicale. La première vague décrite irait d'Afrique vers le Nouveau Monde lors de la traite des esclaves dès le 15ème siècle. La seconde vers l'Asie aurait été favorisée par le développement du commerce maritime à partir du 18ème siècle. La troisième se serait déroulée à l'intérieur de l'Asie puis dans le Pacifique lors de la

seconde guerre mondiale. Aujourd'hui, le transport d'*Ae. ae. aegypti* continue sans sens privilégié grâce à l'intensification des trafics commerciaux.

La capacité vectorielle et la compétence vectorielle

La capacité vectorielle se définit à partir de la compétence vectorielle (i.e. aptitude intrinsèque du moustique à transmettre en conditions de laboratoire) modulée par certains facteurs environnementaux.

La compétence vectorielle mesure la capacité de l'insecte à ingérer, à répliquer et à transmettre le virus ou le parasite à son hôte vertébré. Elle peut être mesurée grâce aux infections expérimentales en laboratoire. Un moustique est compétent vis à vis des virus de la dengue lorsqu'il réalise avec succès : (1) l'ingestion du virus par le moustique et l'infection du tube digestif (la présence de récepteurs semble réguler cette phase de l'infection), (2) la réplication du virus dans les différents organes internes du moustique, et (3) la transmission du virus à l'homme lors d'un repas de sang (le virus présent dans les glandes salivaires du vecteur est transmis à l'homme lors de la piqûre).

Les populations d'un même vecteur ne présentent pas la même compétence vectorielle vis à vis d'un virus. La réceptivité à l'infection est sous le contrôle de plusieurs groupes de gènes dont l'expression dépendrait de la dose de virus ingérée et de la température durant la phase de réplication virale dans le moustique (la période d'incubation extrinsèque).

La structure génétique des populations

L'analyse de la structure spatiale des populations et l'intensité des migrations entre populations sont des questions aux retombées importantes dans le domaine de la lutte anti-vectorielle. Les modifications anthropiques du milieu ont des conséquences sur les structures d'échanges génétiques qui assurent le brassage des gènes au sein des populations d'une espèce. Ainsi, *Ae. aegypti* qui est une espèce fortement associée à l'homme a vu son aire de répartition s'agrandir de façon spectaculaire et la fréquence des migrations inter-populations s'accroître sensiblement affectant l'épidémiologie de la dengue dont l'espèce est vectrice. Pour estimer la dispersion des populations, deux types d'approche sont traditionnellement adoptées : une approche directe qui vise à observer les mouvements des individus (c'est la dynamique des populations), et une approche indirecte qui consiste à déduire les mouvements efficaces des populations à partir de l'observation des « traces » génétiques (c'est la génétique des populations).

Ce que l'on sait sur *Aedes aegypti*

Pour illustrer la contribution des études de génétique des populations dans la compréhension de l'évolution d'une maladie à transmission vectorielle telle que la dengue, quatre situations épidémiologiques ont été examinées : (1) la situation d'hyperendémicité qui est actuellement observée en Asie du Sud-Est, (2) la situation épidémique des îles de Pacifique où les épidémies surviennent à la saison de fortes densités de vecteurs pendant la saison des pluies, (3) la situation du continent américain où la dengue sévit de façon endémique, et (4) le cas particulier de Madagascar qui illustre la situation d'un « Aedisme » sans dengue.

La dengue en Asie du Sud-Est

Avant 1960, les épidémies de dengue ne survenaient en Asie que de manière sporadique. Après la seconde guerre mondiale, la dengue hémorragique fait son apparition ; cette survenue a suivi l'implantation d'*Ae. ae. aegypti* dans les grandes villes d'Asie. A Ho Chi Minh Ville au Vietnam, la dengue sévit de façon permanente. Dans le centre ville, le grand nombre de contenants susceptibles de se transformer en gîtes larvaires dès leur mise en eau et la forte densité humaine à proximité, tendent à limiter la dispersion des moustiques à la recherche d'un site de ponte et d'une source pour leur repas de sang. De plus, les traitements insecticides plus fréquemment menés en période d'épidémies en zone urbaine, tendent à accentuer la différenciation génétique des populations de moustiques. Par contre, en banlieue, l'absence d'adduction d'eau potable dans les habitations impose la nécessité de stocker l'eau

de pluie dans des jarres qui forment des gîtes permanents hébergeant des moustiques tout le long de l'année. La divergence génétique des populations y est limitée.

La dengue dans les îles du Pacifique

A partir des pays du Sud-Est asiatique identifiés comme étant le réservoir des virus de la dengue, des épidémies se propagent chaque année (à la saison des pluies) de proche en proche dans les îles du Pacifique. La Polynésie française connaît, depuis l'ouverture de l'aéroport international de Faaa (Tahiti) en 1961, un développement accéléré de l'urbanisme. Sur l'île de Tahiti, la zone urbaine qui englobe près de 50% de la population du territoire héberge de nombreux gîtes péri-domestiques propices à la pullulation d'*Ae. ae. aegypti ;* les populations de moustiques y sont génétiquement structurées, très probablement à la suite des extinctions de populations après d'importants traitements insecticides. Le reste de l'île abrite des populations d'*Ae. ae. aegypti* en plus faibles densités qui sont moins soumises aux traitements insecticides ; les flux de gènes y sont plus intenses et les populations moins différenciées.

La dengue en Amérique

Dans le but d'éradiquer la fièvre jaune des Amériques, la Fondation Rockefeller initia, dès 1915, le contrôle d'*Ae. ae. aegypti*, suivi par la PAHO (Pan American Health Organization) en 1947. En 1970, on assiste à la fin des programmes de contrôle. L'espèce ré-envahit le continent et les premières épidémies de dengue apparaissent. Les populations d'*Ae. ae. aegypti* récoltées en Guyane sont très différenciées et présentent des taux d'infection élevés vis à vis de la dengue. Il semblerait qu'après les campagnes d'éradication d'*Ae. aegypti*, des ré-invasions de l'espèce se seraient produites à partir des pays où l'élimination du vecteur n'a pas été totale. Ces ré-introductions multiples et successives peuvent expliquer l'hétérogénéité génétique des populations du vecteur.

La dengue à Madagascar

Ae. ae. formosus est présent sur la côte Ouest de Madagascar. La dengue est absente de Madagascar alors qu'elle est régulièrement observée dans les pays voisins, et notamment en Afrique orientale et dans les îles de l'Océan Indien. La compétence vectorielle des populations malgaches d'*Ae. aegypti* (correspondant à la forme rurale, *Ae. ae. formosus*) est très faible, avec des taux d'infection variant de 25 à 40%. Ces populations sont également génétiquement très différenciées.

Au bilan, une analyse exhaustive de la structure génétique de plus d'une centaine de populations d'*Ae. aegypti* récoltées sur les cinq continents a permis de démontrer que les pressions à l'origine de la structuration d'*Ae. ae. aegypti* sont principalement les traitements insecticides, la densité humaine et le mode de stockage de l'eau. Par leur différence de compétence vectorielle et de composition génétique, les deux formes d'*Ae. aegypti* (*formosus* et *aegypti*) correspondent à deux entités parfaitement distinctes. La forme domestique *Ae. ae. aegypti*, très réceptive à la dengue, a réussi à envahir presque tout le monde inter-tropicale et devrait continuer à évoluer en association étroite avec l'homme dont les déplacements n'iront qu'en s'amplifiant grâce à l'intensification des moyens de transports rapides actuels.

Ciguatéra : état des connaissances dans le Pacifique et approche diagnostique actuelle

M. CHINAIN [1] & S. PAUILLAC [2]
[1] Institut Louis Malardé, BP 30, Papeete Tahiti – Polynésie Française, mchinain@ilm.pf
[2] Institut Pasteur de Nouvelle Calédonie, BP 61, 98845 Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Introduction

La ciguatéra est une intoxication alimentaire qui touche les régions tropicales et sub-tropicales du globe comprises entre les parallèles 32° N et 32° S. Elle est consécutive à la consommation de poissons de récifs coralliens appartenant à des espèces habituellement comestibles et en parfait état de fraîcheur mais qui ont accumulé au travers de leur régime alimentaire de redoutables neurotoxines : les ciguatoxines (CTXs). Son incidence mondiale estimée entre 20000 à 50000 cas / an la maintient au premier rang des intoxications alimentaires causées par les produits de la mer.

/ Les 3 grandes régions d'endémicité de la ciguatéra sont le Pacifique, les Caraïbes et l'Océan Indien, où la diversité et l'intensité des symptômes observés sont un reflet de la multiplicité des CTXs impliquées. La ciguatéra se caractérise par l'apparition de troubles neurologiques, gastro-intestinaux et cardiovasculaires dans les affections graves. Dans le Pacifique et l'Océan Indien, elle est à dominance neurologique alors que dans les Caraïbes, on note une prédominance des troubles gastro-intestinaux. C'est une maladie rarement fatale, il n'existe pas d'antidote connu actuellement et le traitement est à visée purement symptomatique (à base d'un cocktail vitaminé et d'atropine ou de mannitol en iv). En Polynésie Française son incidence annuelle est d'environ 500 cas / 100000 habitants et en raison du mode de vie des populations insulaires, la ciguatéra constitue non seulement un problème de santé publique mais également un problème économique. En Polynésie, 616 cas de ciguatéra ont été déclarés officiellement en 2003, mais ce nombre de cas est très certainement sous-évalué. D'une manière générale, l'incidence sanitaire et les conséquences socio-économiques de la ciguatéra dans toutes les régions insulaires du globe, notamment dans le Pacifique, ont motivé la mise en place de programmes de recherches pluridisciplinaires.

La Chaîne trophique ciguatérique

La ciguatéra a pour origine une micro-algue unicellulaire, appartenant au genre *Gambierdiscus*, susceptible de proliférer de façon épisodique sur les macro-algues colonisant les coraux morts. Les CTXs, élaborées par ce dinoflagellé, se transmettent le long de la chaîne alimentaire: de la micro-algue vers les poissons herbivores microphages par broutage, puis aux poissons carnivores ichtyophages par prédation. Durant ce transfert, les CTXs subissent un processus d'oxydation s'accompagnant d'une augmentation de leur toxicité pour les consommateurs.

Les acquis de 30 ans de recherche

L'Institut Louis Malardé de Tahiti (ILM) est engagé dans les recherches sur la ciguatéra depuis plus de 30 ans maintenant. Plusieurs découvertes sont à inscrire à son actif, en particulier l'identification de l'agent causal de la maladie, le dinoflagellé *Gambierdiscus* isolé en 1976 dans

l'archipel des Gambiers. La première décennie de ses recherches a été consacrée essentiellement à l'étude clinique et thérapeutique de la maladie ainsi qu'à l'inventaire des principales espèces pisciaires à risque. La seconde décennie a permis la purification puis la caractérisation structurale des CTXs, notamment de la CTX de référence, la CTX-1B isolée du foie de murène. Depuis 1990, et en collaboration avec l'Institut Pasteur, c'est une approche pluridisciplinaire qui a été privilégiée, avec 2 axes de recherche principaux: 1°) l'étude de la biodiversité chez *Gambierdiscus* et des bases de sa toxinogénèse, et 2°) la mise au point d'outils de détection et de dosage des CTXs dans les matrices biologiques susceptibles d'être contaminées par ces biotoxines marines.

La Biodiversité de l'agent causal

Identifié dès 1976 comme l'agent causal de la ciguatéra, le dinoflagellé *G. toxicus* fut longtemps considéré comme une espèce unique. A partir de 1995, 2 nouvelles espèces endémiques respectivement de l'Asie du Sud-Est (*G. yasumotoi*) et des Caraïbes (*G. belizeanus)* ont été décrites sur la base de critères purement morphologiques. Entre temps, les travaux menés à l'ILM ont abouti à la description de 3 nouvelles espèces endémiques dans les eaux polynésiennes: *G. australes*, *G. polynesiensis* et *G. pacificus*. Les 4 espèces présentes en Polynésie ont été caractérisées à la fois d'un point de vue morphologique (par examen de leurs plaques thécales au microscope électronique), et moléculaire (par séquençage d'une partie de leur opéron ribosomal).

Caractérisation de marqueurs d'espèces

Dans un premier temps, nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux régions hypervariables D8D10 du gène codant pour l'ARN ribosomique 28S de la grande sous-unité ribosomale L'analyse phylogénétique des séquences obtenues a permis de confirmer que *G. australes*, *G polynesiensis* et *G yasumotoi* formaient bien des groupes génétiquement distincts. En revanche, pour pouvoir discriminer l'espèce *G. toxicus* de *G. pacificus*, il nous a fallu séquencer, dans un second temps, les régions hypervariables D1D3. L'ensemble de ces données nous a permis en définitive de caractériser des marqueurs moléculaires d'espèces chez *Gambierdiscus* sous la forme d'amorces utilisables en PCR. En d'autres termes, nous avons pu élaborer, d'une part 3 jeux d'amorce spécifiques respectivement des espèces *G. polynesiensis, G. australes* et *G. yasumotoi* en nous basant sur les séquences D8D10, et d'autre part 2 jeux d'amorces spécifiques respectivement des espèces *G. pacificus* et *G. toxicus* à partir des séquences D1D3. Ces amorces ont été dessinées de telle sorte que les amplicons générés aient des tailles bien distinctes. Nous avons en premier lieu procédé à l'optimisation des conditions réactionnelles en mode PCR (en déterminant notamment les t° d'hybridation et les concentrations optimales en $MgCl_2$ pour chaque jeu d'amorce). Puis, avons poursuivi nos investigations par le criblage taxonomique de l'algothèque de l'ILM riche d'une trentaine de souches de *Gambierdiscus*. Enfin, l'intérêt de ces amorces en vue d'un criblage des efflorescences à *Gambierdiscus in natura*, notamment au moyen de techniques d'hybridation *in situ,* est en cours d'évaluation.

Toxinogénèse de Gambierdiscus sp.

S'agissant de la toxinogenèse de *Gambierdiscus*, un criblage toxinique exhaustif des souches de l'algothèque a montré qu'en réalité, seules certaines lignées cellulaires sont génétiquement capables de synthétiser les CTXs algales. En particulier, nous avons pu identifier 2 souches fortement toxiques notées CTX(+) (appartenant toutes deux à l'espèce *G. polynesiensis*: TB4 et RG1, et qui produisent entre 3 à 5 Unités Souris/1.000 cellules), ainsi que 2 souches atoxiques. Une collaboration avec le Centre Ifremer de Vairao (Polynésie Française), nous donne aujourd'hui la possibilité de produire en masse des CTXs algales (dans des unités de 300 litres chacune), ce qui nous assure d'une source continue en CTXs nécessaires notamment pour le volet immunochimique du programme ciguatéra. (NB: environ 3,5 mg de CTXs ont été produits à partir de 2 milliards de cellules !!). Par ailleurs, la coexistence de lignées toxiques et atoxiques au sein des efflorescences à *Gambierdiscus*, à l'origine des fortes variations observées dans la toxicité de ces efflorescences, souligne la nécessité de disposer d'outils moléculaires permettant la détection et la quantification de ces lignées toxiques *in natura*, puisque leur abondance au sein des efflorescences va conditionner directement le niveau du risque ciguatérique associé à une zone donnée.

La multiplicité des toxines en jeu

Les procédures d'extraction et de purification des CTXs sont longues et coûteuses, mais ces travaux ont permis de mettre en évidence la multiplicité des toxines en jeu grâce à l'utilisation de la Chromatographie Liquide à Haute Performance couplée à un détecteur en spectrométrie de masse (LC/MS). Trois grandes familles de CTXs ont ainsi été caractérisées, qui correspondent aux 3 grandes régions d'endémie de la ciguatéra. Les CTXs du Pacifique ou P-CTXs sont les mieux connues, avec la CTX de référence (CTX-1B) prédominante chez les carnivores. Ce sont des polyéthers à 13 cycles désignés de A à M. A ce jour, environ une vingtaine d'analogues structuraux ont pu être caractérisés, ils se distinguent par leur appartenance à 2 types en fonction de leur squelette oxycarboné, tandis qu'au sein d'un même type la diversité est générée par la position ou le nombre de radicaux oxygénés présents aux deux extrémités de la molécule. Il est important de souligner qu'au sein d'un même type, les structures moléculaires des cycles B à K (10 cycles) sont identiques ce qui en font des cibles potentielles pour l'immunodétection. Une autre famille de CTXs possédant le même squelette oxycarboné mais avec 14 cycles (C-CTXs) a été isolé chez les poissons des caraïbes. Très récemment, les CTXs de l'océan indien (I-CTXs) ont pu être isolées et caractérisées en LC, mais leur structure n'a pas encore été élucidée.

Les méthodes de détection et de dosage des CTXs

Le challenge est de détecter une famille d'analogues structuraux de toxicité variable et présents parfois à l'état de traces dans des matrices biologiques complexes. Cette rareté combinée aux difficultés de synthèse de molécules aussi complexes constituent des obstacles majeurs au développement de méthodes de détection et de dosage des CTXs.
Actuellement, il existe 2 types de tests de détection, utilisables en routine au laboratoire:

- soit des tests *in vivo*, avec le fameux test de toxicité aiguë sur souris,
- soit toute une batterie de tests *in vitro*, basés respectivement sur des méthodes chimique, neuro-pharmacologique, immuno-chimique ou de cytotoxicité.

Tests in vivo: le test de toxicité aiguë sur souris

Le test de toxicité aiguë sur souris consiste en l'injection intra-péritonéale d'extraits toxiques partiellement purifiés à des lots de souris. Les résultats sont déduits à partir d'une courbe dose-temps de survie. Ainsi, plus un extrait est toxique, plus le temps de survie des souris injectées sera court. La toxicité est exprimée en Unités Souris (U.S.). En pratique, un poisson présentant une toxicité de 1 US/g de chair équivaut à dire qu'1 g de ce poisson est capable de tuer "1 gramme" de souris. Outre le problème posé par l'expérimentation sur animaux vivants, le principal inconvénient du test souris réside dans sa forte consommation de matériel biologique initial. En outre, il s'avère beaucoup moins sensible que les tests *in vitro*.

Méthodes chimiques: HPLC, RMN, LC/MS....

Les méthodes chimiques de détection des CTXs permettent de caractériser ces molécules en fonction de leurs propriétés structurales. Elles consistent essentiellement en des techniques de chromatographie liquide: en basse pression dans un premier temps, puis par HPLC dans un second temps, couplées à un détecteur. Plus récemment, la généralisation de la détection par spectrométrie de masse (LC/MS) a permis de mettre en évidence l'existence de profils toxiniques distincts aux différents étages de la chaîne trophique de la ciguatéra (soulignons au passage que la CTX-3C est commune aux 3 compartiments trophiques: micro-algue, herbivores et carnivores).

Test neuro-pharmacologique ("binding")

Le test de détection neuro-pharmacologique ou "binding" est basé sur l'affinité des CTXs et des PbTxs (autres toxines marines de type polyéther) pour des récepteurs membranaires de type "canal sodique". Il est applicable sur des échantillons ayant subi une extraction rapide mais efficace. Ce test alliant grandes sensibilités et spécificité, présente également l'avantage d'être automatisable. La liaison spécifique sur le récepteur d'une concentration fixe de Radioligand ([H^3]-PbTx-3) est inhibée par des concentrations croissantes d'Inhibiteur (e.g. CTXs) présent dans les extraits, d'où une diminution de la concentration en Radio-complexe retenu sur le filtre en fin d'incubation. Les toxicités relatives sont

exprimées en IC_{50} (concentration inhibitrice à 50%) ou "équivalent CTX-1B ou –3C" selon le type d'échantillons analysés (respectivement, -1B pour les échantillons. pisciaires et –3C pour les échantillons algaux). En pratique plus un extrait est toxique plus faible sera sa valeur d'IC_{50}. Notons que cet outil, actuellement utilisé en routine à l'ILM, fait l'objet d'une validation à grande échelle grâce à une étude-pilote menée aux Australes et aux Marquises, et financée par le IIème Contrat de Développement.

Détection immunochimique

Ce type de détection, bien sûr automatisable, est basé sur le principe des réactions Antigènes-Anticorps avec amplification du signal généré. Du point de vue immunologique, les CTXs sont des haptènes lipidiques dont le couplage aux protéines (pour les rendre immunogènes) nécessite généralement l'emploi d'une phase semi-organique pour favoriser la rencontre entre les deux partenaires. Compte tenu des limitations inhérentes à l'extrême rareté et à la complexité structurale des CTXs, et surtout devant l'échec des techniques classiques de couplage disponibles, il était nécessaire de développer des microtechniques originales de préparation et d'analyse de tels conjugués. Aussi, nous avons utilisé le détergent AOT en solution dans l'octane pour produire un système micellaire inverse (Phase Aqueuse Interne / Phase Organique Externe) afin de protéger la protéine de l'environnement organique, tandis que l'haptène activé est à son tour protégé de l'hydrolyse jusqu'à la réaction de couplage qui a lieu dans la phase aqueuse à l'intérieur des microvésicules. De plus le rendement de la réaction est augmenté en raison d'un effet de concentration des réactifs dans une sorte de microréacteur. Cette stratégie a déjà été validée sur des molécules modèles plus ou moins proches des CTXs (cholestérol, acide domoïque, PbTxs, fragment synthétique de CTX) certains anticorps monoclonaux produits ont d'ailleurs été protégés par des brevets. Nous l'appliquerons prochainement aux CTXs algales disponibles en masse depuis peu.

Tests de cytotoxicité

Enfin, les tests de cytotoxicité permettent de doser les effets des CTXs présentes dans les matrices contaminées, par mesure de la viabilité de cellules cibles. La lignée cellulaire utilisée, HEK-u1, est celle du laboratoire du Dr. John S. Ramsdell (USA); il s'agit de cellules HEK (Human Embryonic Kidney cells) transfectées par du cDNA de canaux sodiques de cellules cardiaques humaines. C'est un test beaucoup plus sensible que le test "binding", très facile à mettre en œuvre et également automatisable. Un nombre identique de cellules HEK-u1 sont incubées en présence de concentrations décroissantes de CTX-1B pure et de 10 µM de vératridine qui potentialise les effets des CTXs. La viabilité cellulaire est évaluée par la mesure spectrophotomètrique de la transformation d'un sel de tétrazolium en formazan, témoin de l'activité mitochondriale des cellules vivantes. En pratique, les puits de couleur foncée sont ceux où la viabilité cellulaire est la plus élevée et qui contiennent donc le moins de CTXs.

Critères de sélection d'un test de détection des CTXs

Pour être adopté, le test de détection idéal devrait remplir plusieurs critères :

* Bonne sensibilité (3,3 ng CTX-1B Eq / 100 g de chair de poisson)
* Grandes précision et spécificité (absence de réaction croisée avec des composés non toxiques)
* Corrélation avec d'autres méthodes de référence (pas de faux-négatifs et très peu de faux-positifs)
* Mise en place rapide (appareillage simple et peu coûteux)
* Utilisation et interprétation aisées
* Grande capacité de traitement couplée à une procédure d'extraction rapide mais très efficace (automatisation)
* Application à un usage privé ou à grande échelle (industrie, surveillance ou régulation)

Conclusion et perspectives

En conclusion, la meilleure stratégie possible pour une évaluation optimale du risque ciguatérique reste un double contrôle, à la fois sur la micro-algue et les poissons inféodés à une zone géographique donnée. S'agissant du contrôle sur la micro-algue, un suivi limité aux seules densités ne suffit pas. Une quantification des lignées toxiques présentes *in situ* au moyen de sondes moléculaires est préconisée.

Concernant le contrôle sur la faune pisciaire, compte tenu de la multiplicité des toxines en jeu, l'utilisation combinée d'une batterie de tests est recommandée.

Une fois les diverses composantes techniques de cette approche multidisciplinaire validées, son implémentation à grande échelle, au niveau d'antennes de pêche réparties dans les îles, constituerait la première barrière aux risques d'intoxication. Elle pourrait ensuite être suivie de tests de confirmation par LC/MS dans un laboratoire central pour une identification et un dosage précis, si nécessaires. Dans un avenir plus lointain, un tel dispositif de surveillance pourrait fonctionner sur le principe de biocapteurs suffisamment robustes pour l'emploi sur le terrain. Ils seraient constitués de récepteurs des CTXs (sous-unité α du canal sodium, anticorps polyclonaux ou monoclonaux ou anticorps recombinants) ou de sondes génétiques spécifiques de *Gambierdiscus* CTX(+), combinés à un transducteur de signal biologique (cellule électrochimique, potentiomètre, thermistance, photomètre...).

Leptospirose : avancées diagnostiques récentes et perspectives

Fabrice MERIEN
Laboratoire de Recherche des leptospires
Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie, BP 61, 98845 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie, fmerien@pasteur.nc

La leptospirose est une zoonose dont la prévalence est particulièrement élevée en zone tropicale. Les leptospires trouvent dans ces zones chaudes et humides les conditions propices à leur multiplication et leur diffusion à partir des réservoirs primaires que sont les rongeurs. Sur le plan clinique toute la difficulté réside dans le diagnostic de cette maladie extrêmement protéiforme, il n'existe aucun symptôme spécifique de la leptospirose. Les formes cliniques vont du simple épisode pseudo-grippal avec fièvres, céphalées et douleurs musculaires jusqu'à la classique maladie de Weil caractérisée par une atteinte hépatique et rénale avec ictère et hémorragies pouvant entraîner le décès du patient. Sur un plan purement clinique, le diagnostic différentiel avec d'autres pathologies comme la dengue s'avère extrêmement difficile.

Pour recentrer cette présentation sur l'Océanie il apparaît clairement que les données disponibles sont relativement hétérogènes en fonction des zones géographiques concernées. Des données complètes comprenant l'incidence, la prévalence, la nature des souches circulantes et la description des populations à risque sont disponibles pour l'Australie, la Nouvelle-Zélande, Hawaii et la Nouvelle-Calédonie. En revanche, les données sont encore partielles ou en cours d'obtention pour d'autres zones comme la Polynésie Française, le Vanuatu, Wallis et Futuna. Ceci montre d'une part la nécessité d'une sensibilisation des populations à cette infection et d'autre part la disparité de l'accès aux techniques de diagnostic biologique de cette maladie.

Il est utile de rappeler ici la complexité de la classification du genre *Leptospira*. En fonction de critères sérotypiques le taxon de base est le sérovar. Il en existe plus de 200 qui sur la base d'agglutinogènes communs sont rassemblés en une vingtaine de sérogroupes. S'il est d'usage d'associer un sérovar donné à un hôte particulier, cette relation n'est absolument pas exclusive. Ce qui veut dire que chaque écosystème à ses réservoirs primaires et donc ses souches de leptospires en circulation. Par exemple les sérogroupes identifiés au Vanuatu sont différents de ceux identifiés en Nouvelle-Calédonie ou en Polynésie française. Depuis quelques années nous utilisons en parallèle une classification s'appuyant sur le concept d'espèce génomique.

Dans le cadre du diagnostic biologique de la leptospirose, deux volets peuvent être définis. Le premier comprend la sérologie et la bactériologie. Il comprend des techniques anciennes qui sont toujours d'actualité comme le test de microagglutination qui demeure la technique de référence. Le dernier volet qui s'appuie sur des considérations moléculaires est plus récent et comprend principalement l'amplification génique avec comme développement actuel la technique de PCR en temps réel.

Parmi les techniques de diagnostic, on retrouve en première ligne la culture qui malgré sa lenteur et sa difficulté doit être conservée pour des raisons d'identification. Les trois techniques suivantes sont des techniques de sérologie : test de microagglutination (MAT), ELISA, et Dispstick

Assay. Enfin, les deux dernières sont des méthodes issues de la biologie moléculaire comme l'amplification génique (PCR) et tout récemment la PCR dite en temps réel.

La culture est un examen biologique trop peu demandé du fait de la lenteur de la croissance des leptospires et du faible rendement. Les leptospires utilisent les acides gras comme source de carbone et nécessitent un milieu spécifique réservé à des laboratoires spécialisés. La culture constitue un examen biologique de confirmation tardive. S'il est peu utile pour le praticien qui souhaite une réponse rapide, il est en revanche essentiel pour les études d'épidémiologie moléculaire.

Le MAT est en diagnostic sérologique la technique de référence qui correspond à l'ancienne réaction d'agglutination lyse de Martin et Pettit. Il permet le titrage des anticorps sériques et aussi le sérotypage des souches isolées. Ce test se positive 8 à 10 jours après l'apparition des premiers signes cliniques. La relative difficulté de ce test réside dans son manque d'automatisation et l'utilisation d'une batterie de souches réprésentatives des sérogroupes rencontrés localement. Par exemple en Nouvelle-Calédonie une douzaine de sérogroupes sont testés. Mais cette gamme est élargie à l'ensemble des sérogroupes lorsque des prélèvements proviennent d'autres zones géographiques où l'écosystème a été peu étudié.

L'ELISA permet de détecter les IgM 4 à 6 jours après l'apparition des premiers signes cliniques et est donc plus précoce que le test de microagglutination. Il est aussi de réalisation plus facile, automatisable et est adapté à l'étude de grandes séries d'échantillons. Cette technique présente une excellente sensibilité. Toutefois il faut être prudent face aux faux négatifs pouvant être obtenus en cas de leptospirose à *Australis* et *Grippotyphosa*. D'où encore une fois l'intérêt de l'isolement des souches et de leur sérotypage pour identifier les sérogroupes infectants.

Un autre test permettant la détection des anticorps est le dipstick assay qui a la particularité de ne pas nécessiter une technicité élevée pour sa réalisation. Il peut donc être réalisé dans une première approche pour réaliser un diagnostic biologique différentiel présomptif et devra ensuite être confirmé par les techniques de référence. Il a l'avantage d'être facile à utiliser, réalisable sur le terrain et a bénéficié d'une large évaluation.

Avec l'amplification génique ou PCR (Polymerase Chain Reaction) nous abordons les techniques de diagnostic faisant appel à la biologie moléculaire. Nous utilisons à l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie une PCR permettant d'amplifier une portion du gène codant pour l'ARN 16S mise au point en 1992. Cette technique est extrêmement sensible et permet de détecter les leptospires en très petit nombre dans différents types d'échantillons biologiques, principalement le sang. A noter l'utilisation possible de liquide céphalo-rachidien et l'humeur aqueuse pour le diagnostic respectif des formes neurologiques et oculaires de la leptospirose. Nous sommes la première équipe à avoir mis en évidence des leptospires dans l'humeur aqueuse d'un patient atteint d'uvéite consécutive à une leptospirose. Et depuis d'autres études à plus grande échelle, notamment en Inde, ont corroboré ces résultats. C'est la technique de diagnostic la plus précoce, avant l'apparition des premiers anticorps agglutinants. Cette technique fait appel à du matériel spécifique et du personnel qualifié et peut être réalisé uniquement dans des laboratoires hautement spécialisés.

La real time PCR ou PCR en temps réel est une évolution récente de la PCR traditionnelle. La dernière donnait un résultat qualitatif, absence ou présence de leptospires. La PCR en temps réel offre un résultat quantitatif, intéressant pour suivre l'évolution de la leptospirémie en fonction de l'antibiothérapie. Le volume d'échantillon biologique est très faible : par exemple 200 µl de sérum. Les délais de réalisation sont beaucoup plus courts puisque nous passons de 36 h à 3 heures, on comprend plus facilement l'intérêt pour le praticien et la patient en cas de pic épidémique conjoint leptospirose-dengue, où la nécessité d'un diagnostic différentiel s'impose. Cette technologie est encore plus réservée à des laboratoires hautement spécialisés et est en cours de validation à l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie. Elle sera disponible au cours du dernier trimestre 2004.

Il est évident qu'une bonne utilisation des techniques passe par un choix rationnel des échantillons et de leur prélèvement au décours de la maladie. Les techniques qui mettent en évidence

l'agent pathogène comme la culture, la PCR et la PCR en temps réel, s'intéresseront à des échantillons prélevés dans les tout premiers jours qui suivent l'apparition des signes cliniques. Les techniques sérologiques trouveront leur intérêt plus tardivement.

En conclusion, les outils de diagnostic biologique de la leptospirose ont évolué pour certains en sensibilité, en spécificité et en rapidité. Toutefois, ces techniques ne sont pas accessibles à toutes les régions de la zone Océanie du fait d'une certaine sophistication et aussi du coût matériel. D'où l'intérêt d'une mise en commun du savoir faire et des possibilités locales pour une meilleure disponibilité. Dans ce contexte géographique particulier, le terme de réseau tel le ROSSP (Réseau Océanien de Surveillance de la Santé Publique) prend toute son importance. Il est nécessaire de comprendre que ces techniques bactériologiques, sérologiques, moléculaires sont complémentaires et doivent être utilisées de manière judicieuse pour optimiser le diagnostic.

Apport des satellites au suivi des épidémies

Antonio GÜELL
Responsable des Programmes Sciences de la Vie
CNES, Délégation à l'Etude et l'Exploration de l'Univers, 18 avenue Edouard Belin, 31401 Toulouse cedex 9, France,
antonio.guell@cnes.fr

Parmi les différents axes identifiés par les professionnels de santé pouvant bénéficier de l'apport des systèmes spatiaux d'aujourd'hui et de demain (satellites météorologiques, d'observation de la terre, scientifiques, de navigation ou encore de télécommunication), la prévention et le suivi des maladies réémergentes liées à des modifications de l'environnement, climatique en particulier, constitue une priorité en matière de santé publique [I] : il est clair que ce phénomène va aller en s'amplifiant dans les années à venir, conséquence, d'une part, de la croissance de la population mondiale et surtout de sa mobilité extrême, et d'autre part, de l'importance des fluctuations climatiques et de la violence des phénomènes climatologiques extrêmes. Par ailleurs, il existe de nos jours très peu de travaux publiés sur les impacts des modifications environnementales au niveau de la santé.

Définition et contexte

La "télé-épidémiologie" consiste en la conception d'un ensemble d'outils numériques et de méthodes épidémiologiques dont le caractère générique doit permettre d'assurer une veille sanitaire, notamment de certaines maladies réémergentes transmises dans la plupart des cas par des vecteurs animaux (moustiques et mouches en particulier) et fortement liées à des modifications environnementales chez des populations à risque dans les exemples suivants.

- En Afrique : la fièvre de la vallée du Rift de part et d'autre du fleuve Sénégal avec plus d'une centaine de décès humains par an et un large impact socio – économique en termes de survie de troupeaux d'ovins, bovins et camelins est apparue en 1997 : elle s'est étendue à l'Egypte à la suite de la déviation des eaux du Nil ; des cas ont été également signalés au Yémen et en Arabie Saoudite ; la trypanosomiase (maladie du sommeil) est devenue un véritable fléau en Côte d'Ivoire, pays dans lequel le taux de mortalité humaine est très élevé ; par ailleurs, cette dernière pathologie semble commencer à envahir le sud du Sénégal depuis le début de l'année 2003, se traduisant par un nombre très important de décès d'équins ; l'onchocercose touche principalement les populations africaines vivant près des rivières et points d'eaux ; enfin, concernant le paludisme, on estime à environ 100 millions le nombre de personnes qui vivent dans des zones impaludées de 23 pays d'Afrique et qui ne sont pas immunes contre le *Plasmodium falciparum ou vivax* [2]. · En Amérique du Sud : la recrudescence de la dengue hémorragique, en Guyane en particulier et dans la partie Nord-Est du Brésil, a comme conséquence un afflux quotidien important dans les structures hospitalières de Cayenne, de patients guyanais et d'immigrés clandestins venant se faire soigner ; cette pathologie est en train de s'étendre à travers le Brésil vers l'Argentine.
- En Asie : le paludisme, et plus particulièrement sa forme neurologique chez le nouveau-né et l'enfant, dont la résistance aux traitements classiques va en s'accroissant, continue à poser d'importants problèmes en matière de santé publique.

- Une autre pathologie comme le choléra dans le Golfe du Bengale et en Afrique de l'Est rejoint depuis peu le groupe des maladies réémergentes environnemento – dépendantes ; des cas de choléra apparaissent depuis peu sur le pourtour du bassin méditerranéen.
- Pour l'ensemble des ces six types de pathologies transmissibles, la population à risque, dans le monde, est aujourd'hui évaluée entre 3 et 4 milliards d'individus ; le nombre annuel de décès est compris entre 4 et 5 millions dont plus de 50 % sont des enfants de moins de cinq ans.

Objectifs

Recueil de données épidémiologiques

Un premier objectif de la "télé-épidémiologie" [3] concerne le recueil de données épidémiologiques non seulement humaines mais aussi animales, socio-économiques à partir de réseaux sentinelles sol utilisant les nouvelles technologies de l'information et de la communication comprenant :

- la saisie et la concentration des ces données, le plus souvent en l'absence de communications de surface, utilisant les moyens satellitaires comme par exemple les systèmes du type Inmarsat, Vsat ou encore Thuraya ;
- le cheminement, le stockage et la possibilité de consultation de ces données géo-référencées ou plus généralement de méga-banques de données.

Modèles mathématiques prédictifs

Le second objectif, complémentaire du premier, consiste à concevoir des modèles mathématiques prédictifs en termes d'évolution géographique d'une épidémie considérée ; ceci sera obtenu en fusionnant : · les données d'épidémiologie de clinique humaine et animale (symptomatologie, sérologie, bilans biologiques...) ;

- les caractéristiques hydrologiques des zones sous surveillance ou zones à risque épidémique élevé : gestion des barrages, niveau d'eau dans les fleuves, présence ou non de mare, cinétique de vidange des mares après les pluies, eaux stagnantes, pluviométrie, etc, ... ;
- les données entomologiques : type et quantité de moustiques, repérage des larves, code génétique, etc, ... ;
- les données socio – économiques des régions concernées : caractéristiques des zones habitées, types d'urbanisation, mode de vie, traditions ;
- et les données satellitaires :
  - d'observation de la terre : indices de végétation, surfaces agraires, niveau de déforestation, types d'habitats, caractéristiques des zones habitées, détection des mares et plus particulièrement des eaux stagnantes où se développent les populations de moustiques, amélioration des fonds cartographiques permettant de mieux cerner les zones à risques, etc, ... ; tous ces paramètres sont utilisés dans la modélisation de la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal et en Egypte ou encore de la dengue hémorragique sur le continent Sud-Américain (Guyane française, Brésil, Argentine) ;
  - de positionnement pour apprécier les flux migratoires de populations et de troupeaux à la suite de périodes de forte sécheresse ou de pluies anormalement diluviennes ;
  - de météorologie :
    - o caractéristiques des masses nuageuses, en particulier hauteur et température des nuages froids dont les caractéristiques peuvent constituer des paramètres prédictifs en termes de pluies anormalement diluviennes ;
    - o importance et direction des vents surtout dans les régions désertiques dont les poussières sont à l'origine d'irritations des muqueuses buccale et nasale chez les populations à risque facilitant ainsi la pénétration des germes comme le méningocoque ;
  - scientifiques comme par exemple la température à la surface des océans : c'est ainsi que les épidémies de choléra au Bengladesh ont pu être étudiées grâce à des images satellitaires : en effet, le réservoir du vibrion cholérique est le zooplancton dont l'abondance est estimée par le capteur couleur de l'eau SeaWifs ; les images NOAA/AVHRR (Administration Nationale de l'Océan et de l'Atmosphère / Radiomètre à très haute résolution) des champs de température superficielle du Golfe du Bengale associés à l'imagerie Topex/Poséidon permettent d'établir les cartes des risques des inondations dans cette région et donc des risques de choléra.

Cette approche qui consiste à utiliser des données environnementales afin de mieux comprendre la progression des épidémies n'est pas récente : en effet, un certain nombre de travaux [4, 5] avaient initialisé dès le début du XX e siècle l'intérêt d'utiliser des modèles mathématiques applicables au suivi d'épidémies en fonction des variations climatiques et des modifications environnementales.

Le Consortium S2E : surveillance, suivi des épidémies

Un certain nombre de structures, en association avec le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), ont décidé de mettre en commun leurs efforts en créant le consortium S2E (Surveillance Spatiale des Epidémies) de façon à développer cette nouvelle approche que constitue la "télé -épidémiologie" :

- l'Unité de biomathématiques de l'école vétérinaire de Lyon, l'Institut National de la Recherche Agronomique et l'Institut pasteur assurent la direction scientifique en te rme de suivi épidémiologique des maladies émergentes ;
- les aspects techniques relatifs à l'approche télémédecine ainsi que les aspects opérationnels ont été confiés au Médès, filiale du CNES ;
- l'approche environnementale (recueil, mise en forme, traitement des données environnementales) est la responsabilité de Médias-France en association avec CLS – Argos pour les aspects de positionnement et de navigation ;
- un certain nombre d'autres entités publiques de recherche participent à cette approche : le Centre national de la Recherche Scientifique, le Commissariat à l'Energie Atomique, les Universités de Lyon, Marseille, Grenoble ainsi que le Centre de Recherche du Service de Santé des Armées à Lyon et le groupe de médecine tropicale du Pharao à Marseille ;
- des petites et moyennes entreprises comme Calystène à Meylan, Géosys à Toulouse participent également à ces travaux ;
- enfin, un accord de partenariat a été signé entre le CNES, l'INRA, l'Ecole Vétérinaire de Lyon et l'Institut Pasteur.

Les méthodes utilisées

Deux aspects sont à considérer : la modélisation mathématique et la mise en place sur le terrain de réseaux sentinelles de surveillance épidémique utilisant les nouvelles technologies de l'information et de la communication associées aux systèmes de transmission satellitaire les plus performants, notamment en termes de coûts de fonctionnement.

Modélisation épidémiologique

La modélisation épidémiologique est un système complexe : il mobilise différentes spécialités pour sa compréhension. Pour assembler des hypothèses ou des données appartenant à des champs disciplinaires aussi différents que la climatologie, l'entomologie, l'immunologie ou la virologie, il est nécessaire de recourir à la modélisation qui par ailleurs est un système en permanente évolution.

Si l'on prend comme exemple le cas de la dengue hémorragique et si l'on considère uniquement le rôle du moustique *Aedes*, la modélisation permet de définir deux notions qui se traduisent par des équations : la capacité vectorielle et la capacité vectorielle utile.

Capacité vectorielle utile

$$Cv = bc\left[\sum_{i=0}^{n} m_i a_i s_i\right]\left[a_3 / \delta_3 + a_4 / \delta_4\right]$$

b = taux d'infection des moustiques femelles
c = probabilité pour un moustique d'être infecté (bc = V)
mi = densité de moustiques femelles dans l'état i (a2 =0)
si = fraction des moustiques infectants appartenant à l'état i (incluant n)
d3 = I (T2?2T3) – [a3 + a4?33 T4] = temps de séjour effectif dans l'état 3 après le passage au travers des différents états physiologiques.
d4 = I/(T2?2T3 ?3T4) – a4 = temps de séjour effectif dans l'état 4 après le passage au travers des différents états physiologiques.

Capacité vectorielle

C = Nombre de cas attendus pour 1 cas :

C = ma 2 Vpn / -logcp

m = densité de moustiques vecteur par être humain.
p = probabilité journalière de survie pour un moustique.
a = nombre de reaps sanguins sur hôte humain par moustique.
V = compétence vectorielle (proportion de moustiques infectés).
n = durée du cycle extrinsèque du virus dans le moustique.

Le déploiement de réseaux sentinelles

Dans le cas de la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal et afin de proposer une solution technique efficace et réaliste en matière de technologie, de coût d'investissement et de fonctionnement et surtout d'efficacité dans les échanges d'information, il a été entamé une phase d'analyse de l'existant avec l'ensemble des partenaires en Afrique et en France. Ce travail a permis de définir une architecture télématique permettant d'intégrer les protocoles scientifiques de terrain avec une saisie à la source directement par les agents présents au contact des éleveurs et des troupeaux, de gérer les flux d'informations entre les diverses équipes scientifiques et techniques, d'intégrer les données environnementales et d'assurer une interface du système d'information S2E avec les systèmes préexistants des partenaires du projet. En fonction des informations disponibles sur les infrastructures locales, une architecture mixte a été proposée pour coller au mieux aux ressources locales. L'utilisation d'assistants personnels électroniques (Palm0S) pour la saisie et la transmission de données par téléphone satellite pour les sites les plus isolés a été proposée pour équiper les agents vétérinaires. Des portables connectés par téléphone rural vont compléter le dispositif pour les inspecteurs vétérinaires ; enfin, l'adaptation d'une station portable de télémédecine avec téléphone satellitaire a été proposée pour une équipe mobile de vétérinaires qui, venant de Dakar, est amenée à se déplacer sur les sites où sont signalés des cas de la maladie.

L'ensemble de ces trois types de terminaux est relié à un serveur, situé dans les locaux de la Direction de l'élevage à Dakar, qui va gérer l'ensemble des informations échangées par les acteurs de terrain dans la région de Saint Louis du Sénégal, chargée de collecter toutes les informations sur les maladies animales dans la région, et va également permettre la mise à jour d'une base de données de la FAO *(Food and Agriculture Organisati*on) chargée de collecter toutes les informations sur les maladies animales dans la région, et, enfin, permettre l'échange bilatéral de données avec le serveur du consortium S2E situé à Toulouse .

Expérimentations en cours

Le Consortium S2E a ainsi initialisé un certain nombre de travaux de démonstration de l'intérêt de l'utilisation de données satellitaires dans un but de modélisation mathématique afin de pouvoir obtenir des éléments de prédictibilité en termes d'évolution géographique d'un certain nombre d'épidémies.

Fièvre de la vallée du Rift

Une première expérimentation sur le terrain par la mise en place d'un réseau sentinelle sur dix sites dits à risques concernant la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal a débuté en octobre 2000 et se poursuivra jusqu'à fin 2003 : dans cette région caractérisée par une courte saison des pluies de juillet à septembre (350 mm), les mares temporaires se remplissent dès les premières pluies. Les œufs des vecteurs de cette fièvre (le moustique *Aedes vexan*s), qui s'accumulent sur les bords de ces mares temporaires, donnent, quelques jours après leur remplissage, des adultes potentiellement infectés.

D'une année sur l'autre, ces œufs assurent ainsi la transmission de la maladie des adultes à leurs descendants ; un ralentissement du remplissage de ces mares temporaires ou un aménagement hydraulique de zones irrigables peut ainsi conduire à une amplification importante du cycle vectoriel et de la circulation virale, ce qui semble être le cas en Egypte. La dernière épidémie du delta du fleuve

D'une année sur l'autre, ces oeufs assurent ainsi la transmission de la maladie des adultes à leurs descendants ; un ralentissement du remplissage de ces mares temporaires ou un aménagement hydraulique de zones irrigables peut ainsi conduire à une amplification importante du cycle vectoriel et de la circulation virale, ce qui semble être le cas en Egypte. La dernière épidémie du delta du fleuve Sénégal a été précédée un an avant par la mise en fonctionnement des barrages de Diama et de Manatali. Cette étude est en cours de généralisation à d'autres pathologies non seulement humaines mais également animales (bovins, ovins, camelins, ...) et ainsi devenir pérenne à partir de mi-2003 grâce à des financements provenant d'une part du Gouvernement Sénégalais et complémentés par la Banque Mondiale : le réseau sentinelle développé à l'occasion de l'étude sur la fièvre de la vallée du Rift dans le nord du pays va ainsi passer de 11 postes sentinelles à plus de 100.

Dengue hémorragique

Une seconde approche qui consiste à monitorer l'évolution de la dengue hémorragique en Guyane française a débuté en septembre 2002 : c'est ainsi que pourra être précisé le rôle du type d'urbanisation dans l'extension de la maladie. En effet, l'urbanisation croissante permet de nouveaux contacts entre la ville et la forêt qui peuvent favoriser l'émergence de zoonoses en perturbant des équilibres écologiques complexes.

Ces observations peuvent être faites sur le littoral, avec la construction de zones d'habitation à la périphérie des villes au contact immédiat de la forêt, mais aussi à l'intérieur de la Guyane avec l'expansion de petites agglomérations situées au milieu de la forêt. Dans le cas de la dengue, c'est la maladie qui peut, à partir des villes, entrer en contact avec les habitants de la forêt.

Cette étude sera étendue à partir de janvier 2004 à l'Argentine, en partenariat avec la Conae et un support du CNES et de la Communauté Européenne.

Méningites à méningocoque

Un troisième type d'étude qui consiste à monitorer les méningites à méningocoque au Nigéria, au Burkina Faso et au Mali a débuté en janvier 2003. Ce travail intègre une nouvelle approche basée sur un système de transmission de données associé à un système de localisation développé par CLS-Argos ; c'est ainsi que le rôle du vent et des grains de sable qu'il transporte pourra être déterminé de manière plus précise comme facteur favorisant la pénétration du méningocoque dans les muqueuses buccale et nasale qui auront été fragilisé par la poussière.

Choléra

Enfin, une approche constituant à évaluer le risque d'apparition du choléra en fonctions de données d'océanographie (température, niveau de la mer) sur le pourtour du bassin méditerranéen est en cours de définition et devrait débuter dès la fin 2003.

Aspects prospectifs

La modélisation des interactions climatiques, écologiques, cliniques (épidémiologiques en particulier), socio-culturelles et socio-économiques devrait permettre non seulement de définir les mesures à prendre en terme de prévention de telle ou telle maladie réémergente, mais aussi de préciser leur dynamique et plus précisément l'évolution géographique permettant ainsi la mise en place d'une prévention plus efficace.

Il nous semble que, dans un but de prospective à court terme, deux aspects doivent être considérés comme prioritaires.

Les fièvres aviaires d'origine asiatique

Dans le domaine de la recherche opérationnelle, il s'agit du problème des fièvres aviaires d'origine asiatique : les réservoirs d'animaux (notamment aviaires) et les écosystèmes naturels (notamment les zones deltaïques) sont fréquemment mis en avant pour expliquer l'émergence ou la réémergence des maladies infectieuses (c'est-à-dire les syndromes grippaux). Le CNES avec le support de ses trois filiales CLS-Argos, Médias-France et Médès et en partenariat avec l'Institut Pasteur, l'INRA et l'Ecole Vétérinaire de Lyon, propose dans le cadre du Consortium "Surveillance Spatiale des Epidémies" (S2E), d'élargir la surveillance sanitaire des maladies émergentes aux paramètres environnementaux et climatiques. Le projet BIRD propose spécifiquement de développer des indicateurs spatiaux relatifs au *monitoring* : (1) des réservoirs aviaires ; et (2) des environnements

avec lesquels ils sont en interaction : biologiques, par les biotopes impliqués (moustiques vecteurs, faune sauvage, etc, ...), et physiques par le climat (température, précipitation, vent, etc, ...). L'objectif de ce projet est de développer des modèles de prévision des risques sanitaires liés à l'environnement (ici aux migrations aviaires), et de promouvoir des systèmes de surveillance épidémiologique permettant unealerte précoce (produits relatifs à la localisation et à l'observation de la terre). Les oiseaux migrateurs permettent une circulation des virus sur de longues distances et entre espèces très diversifiées [6]. L'épidémie de West-Nile qui s'est propagée au Etats-Unis depuis 1999, faisant 3293 cas et 254 morts dans 40 états durant l'été 2002, a probablement été introduite par des oiseaux. Si 1 % des 4 milliards d'oiseaux qui descendent chaque automne de l'Eurasie vers l'Afrique étaient infectés, ce serait des centaines de millions d'agents viraux qui migreraient avec eux. Les études sur la grippe, dont le virus appartient à la famille des *Orthomyxoviridiae*, ont également mis en évidence que les épidémies humaines étaient la conséquence secondaire du passage de virus d'oiseaux plus ou moins modifiés transmis éventuellement à un mammifère intermédiaire (probablement le porc) [7]. La situation de la Chine, où élevage de poules, de canards et de porcs se côtoient dans des régions subtropicales très peuplées, est très favorable à la circulation de ces virus toute l'année ("épicentre de la grippe"). Le projet BIRD propose de suivre le parcours d'une espèce spécifique d'oiseaux susceptible d'être le vecteur de maladies. Ce suivi sera assuré par des biologistes espagnols et allemands grâce à l'utilisation des balises de localisation ARGOS. L'étude des trajectoires des oiseaux sera corrélée avec les conditions environnementales (conditions climatiques, oscillations de températures) et permettra une meilleure analyse de la transmission des maladies. Des indices, développés essentiellement dans le projet GEOLAND (conduit par Médias-France) en collaboration avec les partenaires de S2E permettront d'obtenir des études plus affinées sur les fièvres aviaires, leur réémergence et leurs mécanismes de transmission et de prévention. Les indices environnementaux (indices de végétation, des sols et des indices de couvert marin) couvriront deux types de zones ayant des liens potentiels avec les fièvres aviaires. Cette phase du projet permettra d'assurer la combinaison des indices climatiques et environnementaux (en ajoutant ceux qui ont été spécifiquement développés) pour l'Europe. La distribution de données se fera en temps quasi réel. Les bases de données et les indices seront disponibles sur le site web de BIRD qui sera développé chez Médias–France. Il s'agira dans cette phase d'assurer un échange dynamique d'informations d'ordre climatique, environnemental et de santé (humaine et animale) permettant l'identification de paramètres environnement aux clés liés aux maladies aviaires sélectionnées. Ces paramètres seront la clé d'entrée qui conduira ensuite à la mise en place d'un système européen d'alerte précoce de maladies.

Le projet BIRD doit donc contribuer :

- à améliorer la qualité et la pertinence des indicateurs à utiliser pour prédire les risques sanitaires ;
- à tester des dispositifs de surveillance des risques sanitaires des conditions environnementales dans des zones européennes bien spécifiées ;
- à développer des compétences spécifiques et techniques qui seront mises à la disposition des services de santé publique et permettront de développer des collaborations avec des partenaires nationaux, européens et avec des organisations internationales ;
- à l'approche pluridisciplinaire, et avec la participation d'épidémiologistes, d'écologistes, de climatologues et de modélisateurs, visant à apporter des réponses à la prévision des épidémies ;
- à la création sur le plan européen de systèmes d'alerte précoce spécifiques aux maladies transmissibles environnemento-dépendantes.

Création d'un système d'alerte précoce en Europe

A la suite du sommet de Johannesburg en septembre 2002, les partenaires du consortium S2E ont décidé de créer une "méga-banque de données" sur les maladies réémergentes environnemento-dépendantes intégrant aussi bien des paramètres classiques spécifiques aux maladies que des paramètres de la biosphère, de l'hydrosphère et de l'atmosphère ; l'ensemble de ces données devrait permettre aux autorités sanitaires de disposer de systèmes de veille sanitaire grâce à un site Web spécifique. Une première étape a été franchie par le consortium : les blocs correspondants aux quatre maladies suivantes sont en cours de construction et seront disponibles dans les mois à venir :

- la dengue hémorragique en Guyane ;

- la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal ;
- la méningite à méningocoque au Burkina Faso ;
- le choléra sur le pourtour du Bassin méditerranéen.

Cette initiative devrait logiquement aboutir à moyen terme à la création en Europe d'un système d'alerte précoce *(Heath Arly Warning Syste*m, HEWS) destiné à informer les populations et les responsables de santé de la réémergence d'un certain nombre de maladies ; il s'agirait là de la première étape vers la création à plus long terme d'un *Control Disse Centre* (CDC) européen spécifique aux maladies transmissibles réémergentes comme celui qui existe aux Etats-Unis à Atlanta.

Références bibliographiques

Gûell A. ; Remote sensing and public health. Space Forum. Johannesburg International Summit. 2002

Le Sueur D, Binka F, Lengelec C, de Savigny D, Snow R, Teuscher T, Tourre Y. The mapping malaria risk in Africa (MARA) /n Atlas du risqué de la malaria en Afrique (ARMA). *Initiative Africa health* 1997 ;19 ;24.

Directed Research to assist Pacific countries in controlling NCD's

Tony LOWER
Team Leader Pacific Action for Health Project
Secretariat of the Pacific Community (Funded by AusAID), Nouméa, Nouvelle-Calédonie, TonyLo@spc.int

Introduction

This paper aims to address four key points:
a. Identify the burden of NCDs in the Pacific
b. Define what is meant by directed research
c. Provide examples of directed research in action
d. Illustrate how these data influence the development and implementation of national NCD strategies.

Patterns of disease

Pacific Island Countries (PICs) are currently in the grip of significant demographic and epidemiological changes, with an increase in the proportion of older people, high rates of communicable diseases (such as malaria and tuberculosis) and increasing problems associated with non-communicable diseases (NCDs) such as cardiovascular disease, cancer and diabetes. This double burden of disease is further exacerbated by the limited resources that are available for both prevention and treatment initiatives in these countries. Globally it is estimated that by 2020, 70% of the global burden of disease will relate to NCDs. Disconcertingly though, figures in the Pacific already exceed this level (75%) and are continuing to rise. While these Pacific figures are alarming, for the purpose of this presentation, I will focus on the three countries involved in the Pacific Action for Health Project – Kiribati, Vanuatu & Tonga.

NCD Pathways

In assessing NCDs, end points such as neoplasms, cardiovascular and respiratory diseases, are influenced by a range of intermediate risk factors including obesity, hypertension and diabetes. In turn, these are symptomatic of many risk factors which are predominantly modifiable. For ease of presentation, I will restrict my discussion to alcohol.

What is Directed Research?

Directed research involves the identification of research needs, applying solutions to gather the relevant data and developing interventions based on available evidence. It is very much based around the practical application of the data in a real world situation and does not involve complex RCT designs etc. Given the financial and human limitations in the Pacific to undertake research providing type 1 or 2 evidence, a practical approach is imperative. The research we have undertaken has provided the first evidential baseline data collected on many of these issues in the Pacific. Research evidence in the Pacific on alcohol misuse is limited and hence to counter this lack of available evidence, a number of specifically focused assessments have been completed, these included: reviews of legislation; identifying the level of alcohol related harm; assessing outlet density

for purchase of liquor; and, determining the current and projected increases in economic costs for NCD treatment.

Legislation

Legislative reviews examining current laws in respect to liquor licensing, purchase, use and known areas of harm e.g. drink driving, were assessed in each country. While the comparison was undertaken with best practice principles from outside the Pacific – several common issues were identified such as the low cost of licenses, many unlicensed retailers, lack of community input to granting licenses and/or renewal, lack of enforcement and no drink driving limits.

As with all of these data, they were presented to relevant government and key stakeholders for discussion and action. From this, steps are now underway in all countries to revise the existing legislation, this includes: increasing license fees; ensuring community input to the licensing system; extending & training additional enforcement officers (so it is not solely a police responsibility); training for bar owners/managers on responsible service practices; examining the potential for license exclusion zones around schools; and, introducing drink-driving limits with the capacity for breath testing.

Alcohol Related Harm

While anecdotally there is significant evidence of the harms caused by alcohol in these communities, there is little to no real data. Consequently, we sought to introduce Blood Alcohol Assessments at the hospital Emergency Departments. For ease of reporting, an example is given here of data collected over a one month period at one ED between the hours of 7pm-7am on Friday and Saturday nights. Of the 34 patients reporting with a trauma, 82% (n=28) were related to alcohol, with 56% (n=19) being intoxicated and a further 26% (n=9) being victims of an assault. Another issue that has been highlighted in all countries is the interrelationship with kava – which still needs further clarification.

While we are not talking large samples here, the evidence clearly points to significant alcohol related harms in these communities. To further substantiate the data, we have extended this process to include BAC assessment during the independence / national celebration in each country. Additionally, we have interest in the collection of BAC data from other sources such as the police, with the Port Vila Police hoping to trial this system later in 2004. Furthermore, random breath testing trials have been conducted in Tonga and while they are still some way off in the remaining countries, they will in time, provide valuable information to demonstrate the level of problems associated with alcohol misuse in these communities. These data have proved crucial in convincing authorities to allow for reviews of existing legislation and input to the development of the National NCD Strategies.

Outlet Density

Outlet density has been shown to relate strongly to alcohol related harm in many western countries. However, no such assessments have been conducted in PICs. To assess this, we have worked with the Demography program at SPC and mapped all of the liquor outlets (including bars, stores, black market outlets where we can identify them, nakamals and sour toddy retailers), in the capital cities of each country. As an aside, we have also recorded other issues such as tobacco availability, alcohol/tobacco advertising, condom availability etc. This system is straight forward in using a handheld GPS to record the data which is then entered into the system for recording, it is cheap and comparatively easy to implement as the background data is provided through the SPC Geographic Information System program.

For example these data as indicated in this slide of Port Vila, clearly highlight the locations of the 87 alcohol outlets and 230 nakamals.

These GIS data have been used to inform the review of the Liquor Licensing Act to include issues such as outlet density, opening hours, community input into licensing and exclusion zones for premises around schools. From a financial aspect, the review also illustrates that approximately only 20% of nakamals are actually registered, meaning that the government is missing out on considerable revenue. Also it has been proposed to link this database with police information for the locality of crimes, thereby allowing the best use of available manpower when crime patterns emerge.

NCD Health Care Costs

Economic data have been important at a political level, as they have provided the platform and evidence upon which policy decision can be influenced. For example, the costs of treating NCDs have been largely unknown in these countries. Hence an assessment on inpatient costs using the ICD data was undertaken in each country. The results revealed that NCDs are responsible for between 6-10% of admissions, but use from 9-20% of all expenditure. Furthermore, this is expected to increase to 25%+ in the coming years. Costs only considered inpatients, so this is a massive underestimate of the true costs.

Not surprisingly, these financial data have provided added incentive and impetus to develop a whole of government approach to address NCDs. The result has been that for the first time in these countries, we have been able to engage many of the key stakeholders outside of health – e.g. education, agriculture, finance, customs, law offices, NGOs and church groups, to work together to address specific issues in the National NCD Strategies.

National NCD Strategies

This intersectoral approach accords with the principal recommendation of the Pacific Health Ministers Meeting held in Tonga (2002), which emphasized the shared philosophy that "health is everybody's business". It would have been impossible without these data to kick start and inform the process of developing the Strategies. Furthermore, in many circumstances, the data will act as a baseline measure for future prospective studies against which changes can be monitored.

Conclusion

In closing, the emphasis of this directed research approach has been to focus on critical research questions and obtain data that leads directly to the implementation of the most cost and time effective interventions that can be undertaken in the social, economic and political circumstances that these countries face. A key point is that the research provides data, but more important is the fact that it is localised data. As a result, we have been able to engage a much broader array of groups to invest in the design and implementation of the NCD Strategies. These are long term issues that clearly need strategic and long term responses as there is no magic pill for preventing NCDs, with most of the solutions actually lying outside the health sector.

Existe-t-il une toxicité liée à la consommation de kava ? Question de santé publique.

Y. BARGUIL [1], P. CABALION [2], F. TARBAH [3], S. RUSSMANN [4], D. DUHET [2], S. WARTER [1], C. MÜLLER [5], S. BARNY [6], E. CHOBLET [1], W. WEINMANN [5], Th. DALDRUP [3]

[1]Laboratoire de Biochimie, Toxicologie et d'Hémostase, Centre Hospitalier de Nouvelle-Calédonie, 98849 Nouméa, Nouvelle-Calédonie, y.barguil@cht.nc ; [2]Laboratoire des Substances Naturelles Terrestres et des Savoirs Traditionnels, IRD 98848 Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; [3]Institut de Médecine Légale, Université Heinrich-Heine, Düsseldorf, Allemagne ; [4]Département de Pharmacologie Clinique, Université de Berne, Suisse ; [5]Institut de Médecine Légale, Freiburg, Allemagne ; [6]Direction de l'Action Sanitaire et Sociale de Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

Introduction

Les effets pharmacologiques du kava sont attribués aux kavalactones, composés comportant un cycle gamma-lactonique relié par une chaîne carbonique à un noyau aromatique plus ou moins substitué. En Europe, particulièrement en Allemagne, jusque tout récemment, toute une gamme de produits à base de kava était disponible en pharmacie comme anxiolytique ou tranquillisant léger. A cette date et devant les cas d'hépatites fulminantes survenues en Allemagne et en Suisse, l'AFSSAPS décida l'interdiction et le retrait de toute préparation contenant des extraits ou substances, naturelles ou de synthèse, issues du kava. Cette interdiction d'une durée d'un an a été rendue définitive par une décision officielle du 13 mars 2003 du J.O.R.F. Il était devenu nécessaire et urgent pour la Nouvelle-Calédonie et plus généralement tous les gouvernements des pays du Pacifique producteurs ou consommateurs de kava, d'étudier aussi complètement que possible ces phénomènes d'hépatotoxicité et de comprendre les voies métaboliques par lesquelles sont transformées et éliminées chez l'homme les substances issues du kava. Par ailleurs, et comme chez nos voisins australiens ou fidjiens, se développent en Nouvelle-Calédonie des comportements préoccupants d'abus de la boisson. Dans ce propos, nous résumerons les différentes études réalisées en réseau de partenariat. Ces études ont eu pour objectif de déterminer les profils des buveurs de kava et de savoir si cette boisson était responsable de retentissements cliniques et/ou biologiques chez le consommateur. Plus particulièrement de déterminer s'il existe une toxicité hépatique en relation avec la dose ingérée.

Méthodes et résultats

Etude d'une population de 378 consommateurs de kava en Nouvelle-Calédonie.

Sont observés : une fréquente association au cannabis (46%), un peu plus de 40% des buveurs consomment plus de 5 coupes par session, une diminution de la consommation alcoolique chez 44% des buveurs de kava, une suppression totale dans 17% des cas.

Etude clinico-biologique en Nouvelle-Calédonie portant sur 27 buveurs chroniques de kava.

Le but est de déterminer l'impact d'une consommation chronique de kava sur l'organisme du buveur néo-calédonien. On retiendra : une augmentation du taux de GGT à des valeurs pathologiques, cette élévation étant dépendante de la dose de kava absorbée ($r = 0.48$; $p = 0.01$) et réversible à l'arrêt de la consommation ($p = 0.002$). Cette élévation n'est pas en relation avec une atteinte hépatique. Une sécheresse de la peau ou une ichtyose augmentant en fréquence avec la dose de kava absorbée et réversible à l'arrêt de la consommation.

Etude clinico-biologique portant sur 53 buveurs chroniques de kava à Futuna comparée à 21 non-buveurs futuniens.

Il convenait de savoir si l'on pouvait extrapoler les résultats de l'étude néo-calédonienne aux populations consommatrices de kava frais et d'origine différente. Sont observés : une consommation de tabac (fumé ou chiqué) plus importante chez les buveurs de kava que dans le groupe non buveurs ; une peau sèche pouvant aller jusqu'à l'ichtyose, l'intensité de cette dernière étant dose dépendante ; une élévation de la GGT plasmatique à deux fois la limite supérieure des valeurs de référence, cette augmentation étant proportionnelle à la quantité de kava ingérée ($r = 0.43$; $p<0.05$) ; la réversibilité rapide des perturbations constatées, à l'arrêt ou à la diminution de la consommation ; la normalité de l'examen clinique et l'exclusion d'une atteinte hépatique éventuelle.

Comparaison avec les études australiennes réalisées sur une communauté aborigène des Territoires du Nord.

Le but de cette comparaison est de déterminer les similitudes et les différences de résultats obtenus avec 2 études australiennes préalables. L'augmentation isolée des GGT ainsi que la dermopathie sont communes à toutes les études.

Effets sur le foie, rares hépatites indépendantes de la dose, inhibition CYP450 1A2 en relation avec la dose : enquête rétrospective sur 10 ans concernant les hépatites liées à la consommation de kava traditionnel en Nouvelle-Calédonie.

Nous avons souhaité recenser les éventuels cas d'hépatites imputables à la boisson kava. Il est fortement suspecté l'existence d'un potentiel hépatotoxique du kava indépendant de la dose et du mode de préparation en relation avec une idiosyncrasie métabolique et/ou allergénique.

Etude des effets sur le cytochrome P450 d'une consommation chronique de kava traditionnel chez 6 buveurs néo-calédoniens.

Le but de cette étude est de déterminer *in vivo* l'impact du kava sur les voies métaboliques de détoxification des xénobiotiques. Il a été ainsi démontré, *in vivo*, qu'une consommation chronique de kava inhibait significativement les enzymes du CYP1A2 mais n'affectait pas les activités des autres enzymes étudiées.

Hypothèse concernant l'hépatotoxicité liée au kava, interactions médicamenteuses possibles.

Les enzymes du CYP1A2 sont des oxydases multiples responsables de la transformation de xénobiotiques en composés oxygénés réactifs toxiques. Le kava est vraisemblablement métabolisé en composés réactifs toxiques (quinones) par le CYP1A2 : les voies métaboliques de détoxification et le statut nutritionnel du buveur doivent donc être optimaux pour prévenir l'atteinte hépatique. Cette hypothèse permettrait d'expliquer les rares cas d'hépatotoxicité liés à une consommation de kava traditionnel ou d'extrait de kava, ou encore de médicaments à base de kava.

Autre effet remarquable chez l'homme : une sécheresse de la peau et des muqueuses. Hypothèse concernant l'ichtyose liée a la consommation chronique de kava.

Nous supposons qu'il pourrait s'agir d'une inhibition non spécifique des nitricoxyde synthases par les quinones issues de la métabolisation des lactones de *Piper methysticum*.

Le kava : un mélange de substances psychotropes rapidement résorbées ; émergence de cas médico-légaux. Cinétique plasmatique des kavalactones chez un consommateur chronique abstinent depuis 36 h après administration orale d'un bolus de boisson titrée.

La pharmacocinétique des produits actifs issus d'une boisson traditionnelle de composition définie n'a, à notre connaissance, jamais été rapportée. Après trois coupes, les pics plasmatiques apparaissent en 45 min reflétant la rapide installation des effets psychotropes du kava. Au bout de 13 heures, on retrouve toujours des traces de kavalactones dans le plasma. La demi-vie (t : 1/2) est d'environ 150 min pour la kavaïne et la 7,8-dihydrokavaïne et de 135 min pour le mélange 7,8-dihydrométhysticine + méthysticine, la biodisponibilité orale des kavalactones de la boisson traditionnelle est d'environ 0.05% pour la kavaïne, 0.15% pour la 7,8-dihydrokavaïne et de 0.20% pour le mélange 7,8-dihydrométhysticine + méthysticine.

Analyse chromatographique des cheveux et détermination des profils des consommateurs de kava.

Cette étude a été réalisée afin de définir le profil d'un consommateur de kava, aussi bien dans un but médico-légal (accidentologie, criminalistique) que pour le suivi de patients (addictologie). L'analyse capillaire pourrait fournir de précieux renseignements sur le mode de consommation de kava, notamment dans des cas d'hépatite où le kava est suspecté et les cas médico-légaux de décès inexpliqués ou de délits sous l'influence de psychotropes.

Aspects médico-légaux incluant une consommation de kava en Nouvelle-Calédonie.

Il est important de surveiller la consommation de psychotropes afin d'évaluer son impact sur la population et de limiter les conséquences de l'éventuelle émergence d'une nouvelle forme de toxicomanie. A l'heure actuelle, dans les cas médico-légaux où il est retrouvé, le kava est très rarement utilisé seul mais en association avec l'alcool éthylique et/ou le cannabis.

Discussion

L'étude des différentes populations consommatrices de la boisson kava montre que quel que soit le mode de préparation (racines fraîches ou séchées) et quel que soit le cultivar utilisé, les variations des paramètres biologiques et le tableau clinique sont identiques. De toutes ces études, il ressort que la toxicité organique liée à la consommation de kava est faible. Nous avons démontré cependant, qu'une toxicité hépatique pouvait survenir à faibles doses dans de rares cas et n'était pas liée à un surdosage mais plutôt à un phénomène de susceptibilité individuelle d'origine métabolique et/ou immuno-allergique. A ce titre, à l'heure actuelle il n'y a pas de possibilité d'établir le profil exact du sujet à risque. De plus, nous mettons en garde les personnes prenant des médicaments dont la métabolisation se fait exclusivement ou préférentiellement par le CYP1A2 : leur taux thérapeutique pourrait être augmenté en cas de début d'une consommation régulière de kava. L'émergence d'abus liés à une surconsommation de kava ou a une polytoxicomanie qui semble typiquement néo-calédonienne (alcool – kava – cannabis) est inquiétante particulièrement en matière d'accidentologie où le kava se rajoute à d'autres psychotropes et est retrouvé dans des prélèvements *post-mortem.* Nous préconisons la poursuite des études entreprises en réseaux qui permettront d'affiner ou de vérifier nos premiers résultats. CONCLUSIONS. *Dans l'attente, il est urgent d'avertir, largement et régulièrement, les populations du Pacifique concernant les possibles effets délétères sur l'organisme liés à une consommation trop importante de kava. Les médecins doivent tenir compte du kava dans le diagnostic différentiel des hépatites et dans les augmentations isolées des GGT. Surtout, il conviendrait d'informer les conducteurs de véhicules des risques possibles liés à la consommation de kava et éventuellement de légiférer en matière d'AVP et de positivité sanguine au kava comme cela est fait pour le cannabis en Métropole et bientôt sur le Territoire.*

Pathologies thyroïdiennes et représentations de la maladie en Nouvelle-Calédonie kanake

Christine SALOMON
Inserm U.88, France, Christine.salomon@st-maurice.inserm.fr

La démarche de santé publique se nourrit de l'apport de diverses disciplines qui visent à améliorer la compréhension des liens entre les facteurs biologiques, psychologiques et sociaux des maladies. Parmi elles, l'anthropologie, qui étudie plus particulièrement les systèmes et les pratiques autres que l'allopathie, s'attache à mettre à jour les logiques thérapeutiques sous-jacentes en envisageant la maladie comme un processus social. L'intérêt du regard anthropologique sur la maladie s'est affirmé surtout face aux échecs relatifs des politiques de santé dans les pays du Sud. Pour mieux soigner, il faut accepter la contrainte du différent, du particulier, en d'autres termes prendre en compte le contexte social et culturel des patients. A ce propos d'ailleurs, la suppression de la question sur la communauté dans le recensement de la Nouvelle-Calédonie apparaît désastreuse pour mesurer la part respective des spécificités culturelles et des inégalités sociales qui retentissent sur la santé.

Bien qu'aujourd'hui la biomédecine, ou du moins certains de ses remèdes, ait atteint les coins les plus éloignés des îles du Pacifique, elle n'a pas supplanté les médecines autochtones. Les Océaniens n'ont pas choisi un système à l'exclusion de l'autre mais cumulent désormais les recours thérapeutiques. Ma communication, qui s'appuie sur une étude menée préalablement à une enquête épidémiologique des cancers de la thyroïde, montre l'enchevêtrement des démarches de soin qui découlent de cette situation en Nouvelle-Calédonie. Mais les itinéraires thérapeutiques des patientes kanakes ne sont pas constitués des seuls allers et retours entre biomédecine et médecine autochtone. Leur complexité se structure autour de la nécessité de déterminer d'où vient la maladie dont elles souffrent pour trouver le remède efficace. Chaque échec thérapeutique relance le questionnement sur la causalité qui constitue par conséquent une notion essentielle mais loin d'être toujours évidente (Zempléni 1985).

Dans les sociétés que j'ai étudiées, l'ordre de causalité organise le classement autochtone des maladies (Salomon, 2000). Une première classe est constituée par les maladies dites « vraies » qui mettent en jeu des causalités naturelles et auxquelles un ensemble de savoir-faire faisant appel à la phytothérapie et la physiothérapie permet de faire face. Les deux autres classes de maux sont considérées « provoquées ». Leur étiologie est sociale. On trouve d'abord les « maladies envoyées par les ancêtres », qui érigent des symptômes en sanction des conduites sociales transgressives et dont le traitement associe la phytothérapie à des rituels et à un processus de réparation sociale. Puis viennent les maladies « fabriquées par quelqu'un», connues en français sous le terme de « boucan », qui relèvent de la sorcellerie. Leur soin exige d'identifier la personne nuisible et peut impliquer qu'on lui renvoie le mal.

Le plus souvent, on attribue d'entrée de jeu les maladies à une étiologie naturelle ou à un avertissement envoyé par les ancêtres pour faire réintégrer le droit chemin au malade ou à ses proches. C'est dans les cas où, malgré les traitements suivis, il n'y a pas d'amélioration que l'on cherche si la maladie ne relève pas d'un « boucan ». A terme donc, l'échec des remèdes précédents

précipite l'imputation du mal à une cause intentionnelle dotée d'une force supérieure qui les aurait empêchés d'agir. Dans la durée, une même maladie peut être attribuée à plusieurs ordres de causalité : dans un premier temps, une causalité naturelle ou une causalité ancestrale, l'étiologie sorcellaire prenant le relais pour donner un sens à la persistance ou à l'aggravation du problème. Elle se spécialise par conséquent dans les maux graves ou qui se chronicisent ainsi que dans les maux en séries. À l'inverse de l'ancêtre qui peut agir en agresseur mais aussi en protecteur, le sorcier est une personne vivante, qui cache son jeu pour mieux exercer une force exclusivement destructrice et qu'il faut rechercher parmi ses ennemis ou même dans son entourage familial. Le parcours du malade est ainsi émaillé de plusieurs interprétations, chacune impliquant un traitement, qui se succèdent parfois sur des années, la sorcellerie étant capable de gérer longtemps la question de l'échec (Fredikson 2003). Un « emboucanneur » peut en cacher un autre, plus fort encore. Quelquefois même c'est le premier désorceleur consulté qui sera désigné dans l'après-coup comme le responsable de l'aggravation du mal.

Nous allons maintenant examiner la place de la biomédecine dans ces itinéraires à partir du cas des pathologies thyroïdiennes, en montrant successivement la façon dont les goitres et dont les cancers s'insèrent dans les champs causals évoqués. Pour désigner les goitres — des anomalies anciennement connues — on dit "le cou pousse", expression du même ordre que notre terme, du latin gorge, qui s'applique à toute grosseur de la thyroïde. D'emblée les goitres sont attribués à une causalité relevant des ancêtres. Quand la grosseur survient chez une descendante d'un lignage se réclamant par exemple de la racine de banian, ou du bananier, dont les nodosités et les pousses rappellent les excroissances corporelles, et quand il n'y a pas de symptômes gênants, le goitre sera perçu davantage comme une marque distinctive que comme une maladie. Un gros kyste sébacé ou un lipome sur la nuque sera pareillement considéré et désigné, l'on dira aussi : "son cou a poussé". Mais si le goitre empêche la mobilité du cou ou retentit sur l'émission vocale, il sera jugé pathologique et impliquera un traitement dispensé par celui qui au sein du lignage, sans être un professionnel, a pour fonction de soigner. Le principe actif des plantes utilisées dans ces cas est indissociable de leur rôle de médiateur de la force des ancêtres. Quand c'est au décours d'un examen motivé par une toute autre question de santé que le médecin découvre un goitre nodulaire, l'annonce d'une scintigraphie et d'un possible acte chirurgical, *a fortiori* s'ils nécessitent d'aller en Australie, conduisent à consulter ce même genre de guérisseur au sein des réseaux de parenté et d'alliance. Le traitement est de courte durée 3 à 5 jours et en principe doit précéder la chirurgie, règle qui est évidemment davantage respectée en milieu rural qu'en ville. Le guérisseur donne ensuite « le feu vert » pour l'opération, ses soins conditionnant en quelque sorte l'efficacité ultérieure de la biomédecine. Lorsque le nodule s'avère bénin, la bonne cicatrisation, voire le caractère de bénignité, seront portés au crédit des soins du guérisseur. Lorsqu'en revanche, le nodule est malin, et que le cas se complique, si la patiente n'a pas consulté le guérisseur avant la chirurgie mais seulement après, elle se le verra reprocher dans l'après-coup. On dira que l'acte chirurgical a intempestivement « coupé » l'empreinte du mal sur le corps de la personne (la racine de banian etc.), ce qui l'y a fixé et empêche ensuite les guérisseurs de l'en retirer, d'où l'aggravation. Plus généralement, quand le diagnostic de "cancer", terme dont la connotation est péjorative, associée à la souffrance et à la mort, est posé, il entraîne *a posteriori* une révision de la causalité initiale. Le cancer est assimilé à « un mauvais boucan », une attaque sorcellaire. Cette réinterprétation donne une signification sociale au désordre biophysique identifié par les examens médicaux. Éventuellement ce cancer sera rapporté à d'autres malheurs qui ont récemment frappé la patiente et/ou ses proches : une hospitalisation, un accident de la route, un échec répété au permis de conduire etc. Autant de coups dus à la jalousie de quelqu'un, jalousie qui peut être motivée par un conflit quelconque, un litige foncier ou une rivalité amoureuse par exemple. Pour identifier la personne maléfique, la patiente ira chez un voyant. Celui-ci s'il ne traite pas lui-même adressera à un guérisseur qui parfois recommandera un autre spécialiste pour continuer le travail. Souvent, ces thérapeutes ne font pas partie du réseau de parenté et d'alliance. Ce sont plus ou moins des professionnels qui ne sont d'ailleurs pas forcément des Kanaks (bien que généralement des Océaniens). Chaque consultation coûte non seulement en énergie — c'est une d'épreuve de force, on y va pour découvrir et affronter son ennemi — mais aussi en déplacement et en argent. Ainsi des cancéreuses, que leurs médecins, ignorant ces démarches, présentent comme résignées ou indifférentes à leur maladie, entre les contrôles réguliers avec eux sont allées consulter à Mont Dore puis à Houailou, de là à Hienghène, puis à Gomen ou Koné, sans parler des guérisseurs ni-vanuatu de

passage. Le traitement hormonal est parfois interrompu quelques mois (en plus des arrêts pour les scintigraphies), soit pour qu'un guérisseur administre ses propres remèdes, soit que son efficacité soit mise en doute. En effet, en comparaison avec les traitements kanaks qui sont de courte durée et visent à supprimer pour de bon la maladie, un médicament qu'il faut continuer au long cours est perçu comme manquant de force. Toutefois, la thyroxine à nouveau prescrite et dont l'utilité est réaffirmée lors du contrôle médical suivant, est en règle générale reprise, l'attitude des patientes étant souple et foncièrement pragmatique.

La biomédecine est ainsi perçue comme une sorte d'adjuvant symptomatique, bénéficiant d'une technologie sophistiquée susceptible de bienfaits, qui vient en supplément des recours autochtones, mais qui demeure incapable de réintégrer les symptômes à leur causalité. Il n'y a donc pas de rupture dans la cohérence du système kanak de représentations. Les succès thérapeutiques demeurent attribués essentiellement aux traitements autochtones puisque la réussite du traitement biomédical apparaît conditionnée par l'action du guérisseur. Quant aux échecs, dans les cas de mauvais pronostic, ils ne sont pas imputés à l'inefficacité intrinsèque des traitements antérieurs suivis, qu'ils soient d'ailleurs kanaks ou biomédicaux, mais au fait que des forces néfastes que l'on n'a pu trouver ou vaincre, de l'ordre de la sorcellerie, ont empêché leur action, et ont « retenu » la maladie. Je finirai cet exposé en souhaitant que les quelques indications données, qui valent pour la plupart des pathologies graves, nourrissent la réflexion des cliniciens auxquels il incombe d'adapter leurs explications en fonction de la relation avec leur patient(e), qui bien évidemment reste toujours singulière, et au-delà contribuent à faire adopter une attitude plus ouverte qu'une position universaliste abstraite défendue au nom de la science.

Références bibliographiques

Augé M., Herzlich C. Le sens du mal. Anthropologie, histoire, sociologie de la maladie. Paris, Archives contemporaines, 1984.

Bougerol C. Une ethnographie des conflits aux Antilles. Jalousie, commérages, sorcellerie. Paris, PUF, coll. Ethnologies, 1997.

Favret-Saada J. Les mots, la mort, les sorts. La sorcellerie dans le bocage. Paris, Gallimard, 1972.

Fredikson C. Le sens de l'échec, *Gradhiva* 33, 130-132, 2003.

Hours B. Vingt ans de développement de l'anthropologie médicale en France, *Socio-Anthropologie*, n°5, 35-43, 1999.

Salomon C. Savoirs et pouvoirs thérapeutiques kanaks. Paris, PUF, coll. Ethnologies, 2000.

Zempléni A. La maladie et ses causes. Introduction. *L'ethnographie*, 96-97, 1985.

Valorisation des matières premières du Pacifique Sud et des savoirs traditionnels : possibilités et contraintes d'un développement éventuel

Robert ANTON et Bernard WENIGER
UMR 7081, Faculté de Pharmacie, ULP Strasbourg,
B.P. 60024, F – 67401 Illkirch Cédex, France, anton@aspirine.u-strasbg.fr

La valorisation et le développement de produits originaux issus des connaissances ethno-pharmacologiques supposent au préalable de connaître les contraintes réglementaires auxquelles ils devront obligatoirement être soumis. Les critères d'évaluation de l'efficacité et de la sécurité d'emploi se mettent petit à petit en place, tant au niveau national qu'européen, dans les domaines de la nutrition, du complément alimentaire, du médicament et de la cosmétique, notamment sous la tutelle des Agences et des Ministères concernés. Il est donc utile de prendre connaissance de cette démarche et de ces modalités d'action, de façon à permettre toutes les chances de succès à la valorisation d'un patrimoine unique et utile pour l'homme.

Les pays du Pacifique Sud disposent d'une flore originale qui constitue la base d'utilisations traditionnelles ancestrales. Ces connaissances doivent être impérativement rassemblées et mises en valeur conjointement aux progrès de la phytochimie pour l'élucidation de nouvelles structures chimiques et de la pharmacochimie, et peuvent expliquer, au moins en partie, l'intérêt porté par les populations autochtones à ces produits ancestraux. Parallèlement, ces études de pharmacochimie mettent en valeur des pistes de développement pour de nouvelles séries thérapeutiques ou pour l'emploi de multiples produits originaux.

Les règles actuelles imposées par les autorités de tutelle tant nationales qu'européennes mettent en relief 3 critères importants qui sont imbriqués : qualité – sécurité – efficacité (directive 2001/83/EC).

Le dossier « qualité » doit être de haut niveau et d'autant plus précis qu'il s'agit de formes concentrées (extraits par exemple) constituées par des mélanges complexes de substances : les profils chimiques (« empreintes digitales du produit ») doivent être établis sous des aspects qualitatifs et quantitatifs avec les méthodes de chromatographie les plus actuelles, les dosages validés, diverses contraintes respectées (normes microbiologiques ...) et les problèmes d'éventuelles falsifications maîtrisés.

Le problème de la sécurité est primordial et les dénominations des diverses agences en font foi, puisqu'elles intègrent en métropole la terminologie de « sécurité sanitaire » ou de « safety authority » à l'échelle européenne.
C'est dire que l'évaluation d'une molécule, d'un extrait particulier ou d'une plante repose à l'heure actuelle sur un système de mesures très précises établi d'après toutes les données disponibles de la littérature scientifique et donnant lieu à des réflexions approfondies par des groupes d'experts spécialisés, que ce soit dans les domaines des médicaments à base de plantes, des compléments alimentaires ou des cosmétiques. Des listes positives ou négatives de plantes et d'ingrédients ont été

élaborées parallèlement et leurs conditions d'utilisation (présentation, formes galéniques, posologies etc.) ont été précisées. Des guides pour les fabricants ont été publiés (médicaments, compléments alimentaires) ; d'autres sont en cours d'élaboration (produits cosmétiques) avec des propositions d'arbres décisionnels pour faciliter le classement en catégories et permettre de se référer à des séries de tests biologiques et/ou physiologiques imposés.

A l'échelle européenne et dans le cas du médicament, une nouvelle directive précise les libellés des indications thérapeutiques qui devront être validées, au moins partiellement. Actuellement, cette législation prévoit schématiquement 2 cas de figures :

- la mention « traditionnellement utilisé dans » est accordée dans la mesure où l'usage fait référence à un recul d'utilisation de plus de 30 années dans la Communauté Européenne ;
- la mention « d'usage médical bien établi » se limite au recul d'utilisation d'environ 15 ans, mais le dossier doit être étayé par des données de la littérature scientifique, pharmaco-toxico-chimique, voire clinique (« dossier of medicinal products marketing authorization »)

Concernant les compléments alimentaires à base de plantes, le Conseil de l'Europe établit actuellement des lignes directrices concernant la sécurité et l'efficacité de ces produits sur la base d'une démarche qui a été rédigée par l'AFSSA et qui doit permettre de rationaliser et d'assainir un marché actuellement en complète anarchie, étant donné l'engouement du public. Parallèlement, la directive 258/97/EC définit ce qui est considéré comme un « nouvel aliment », en précisant qu'il s'agit de plantes exotiques non habituellement consommées dans la Communauté Européenne et dont l'évaluation doit se faire sur la base d'équivalences nutritionnelles. La Directive 2002/46/EC définit le complément alimentaire en faisant référence à un effet nutritionnel et/ou physiologique, ce qui ouvre la voie à une série de propriétés qui présentent une interface avec le médicament.

Sur le plan des produits cosmétiques, dont l'usage est réservé en grande partie à l'hygiène et/ou à la mise en valeur de la beauté individuelle, seule la sécurité d'emploi doit être assurée. Toutes les preuves d'efficacité ne sont pas exigées. Ceci implique néanmoins l'évaluation au cas par cas de l'ensemble des ingrédients constituant le produit fini, en prenant en compte notamment le facteur de pénétration cutanée qui peut avoir des incidences néfastes au niveau systémique (huiles essentielles par exemple).

Bien entendu, les nombreux accidents qui ont été recensés ces dernières années avec des produits à base de plantes incitent les pouvoirs publics à ériger comme dogme le célèbre « principe de précaution ». Un suivi post-marketing et une réévaluation constante doivent être effectués.

Ceci ne doit nullement nuire au développement des matières premières originales présentes, notamment en Nouvelle Calédonie et dans les pays du Pacifique Sud. Si certaines règles vont impliquer *a priori* des contraintes, c'est pour mieux assurer le développement harmonieux de produits comme ceux à base de kava (*Piper methysticum*), de noni (*Morinda citrifolia*), d'huiles essentielles de santal, de niaouli (*Melaleuca quinquenervia*) etc. Ceux-ci méritent d'être valorisés par l'industrie et les différentes régions productrices, afin de servir en toute sécurité la santé publique, le patient et le consommateur.

ASSISES DE LA RECHERCHE FRANCAISE

DANS LE PACIFIQUE

Documents de synthèse

Pour chacun des ateliers (5 thèmes et formation à la recherche), six documents de synthèse ont été produits et présentés en conférence plénière devant plus de 400 scientifiques et chercheurs du monde entier. Ces documents dégagent les grands enjeux et objectifs associés du thème, appréhendent les problématiques et bien sûr présentent les moyens à mettre en œuvre.

Thème 1 : Ecosystèmes marins : biodiversité et valorisation des ressources

Thème 2 : Ecosystèmes terrestres : biodiversité et valorisation des ressources

Thème 3 : Aléas naturels et variabilité climatique : impacts régionaux et prévention

Thème 4 : Cultures, identités, patrimoine, espaces et développement

Thème 5 : Santé et environnement

Atelier 6 : Formation à la recherche et par la recherche

Thème 1: Ecosystèmes marins : biodiversité et valorisation des ressources

Spécificité du contexte maritime du Pacifique : Milieu extrêmement diversifié du fait que cet immense océan, présente un milieu côtier très développé dû à la multiplicité de petites îles, réparties entre de nombreux Pays ou Territoires.

1° Grands enjeux et objectifs associés

Enjeu : Assurer le développement social et économique pérenne des populations océaniennes en relation avec le milieu marin, auquel la plupart sont culturellement fortement associées.

Objectifs associés :

- Préserver le fonctionnement des écosystèmes locaux
- Gérer rationnellement les activités de pêche lagonaire et hauturière
- Développer une aquaculture durable (socialement, économiquement, biologiquement et écologiquement)

2° Problématiques et grands Programmes de Recherche

- Typologie et modélisation des milieux insulaires, en particulier pour une meilleure efficacité de la recherche et de ses applications
- Gestion intégrée de l'espace maritime et de ses ressources à l'échelle des ZEE :
  - Connaissance, fonctionnement et préservation des écosystèmes, en particulier milieux coralliens et monts sous-marins :
    - Inventaire qualitatif et quantitatif de la richesse spécifique et évaluation de sa valeur patrimoniale
    - Etudes de la fragmentation et de la connexion entre les systèmes récifaux insulaires
    - Méthodologie et étude de la conservation, de la gestion et de la surveillance de l'état de santé des écosystèmes
    - Usage et réglementation de l'exploitation et de la protection des écosystèmes en concertation avec les populations riveraines
  - Connaissances de la dynamique des' populations sauvages exploitées lagonaires et hauturières
  - Interrelation des populations sauvages exploitées avec leur écosystème
  - Faisabilité biologique, socio-économique et technique de la Diversification Aquacole
  - Compréhension et maîtrise des interactions Cheptels aquacoles / Environnement / Pathogènes

3° Moyens à mettre en œuvre

- Meilleure intégration des sciences humaines et sociales dans l'ensemble des problématiques maritimes.
- Prise en compte des connaissances et perceptions des communautés locales du milieu marin.
- Identification de certains écosystèmes insulaires des PTOM utilisables comme sites ateliers du développement durable en milieu océanien.
- Création et développement d'outils communs inter-institutionnels :
  - Plates formes technologiques, notamment en biologie moléculaire,
  - Réseaux locaux et régionaux de veille, de formation et d'information, notamment en matière zoosanitaire,
  - Bases de données et SIG à vocation régionale.
- Intégration dans la région océanienne et dans l'espace Européen de la Recherche.
- Ressources humaines :
  - recrutement et formation de chercheurs, notamment en taxonomie et en halieutique,
  - adéquation des bourses doctorales aux contextes locaux.

Thème 2 : Ecosystèmes terrestres : biodiversité et valorisation des ressources

1° Grands enjeux et objectifs associés

Enjeu : Les espaces insulaires du Pacifique présentent une diversité biologique et culturelle unique au monde. Le développement économique, social et culturel des populations doit s'appuyer sur ces ressources exceptionnellement riches, mais particulièrement vulnérables.

Objectifs associés :

- Connaître, gérer et valoriser la biodiversité.
- Assurer une production agricole adaptée à la demande et durable ; développer l'utilisation des ressources en respectant et valorisant les savoirs traditionnels.
- Comprendre le fonctionnement des écosystèmes pour garantir une exploitation écologiquement acceptable (en particulier pour les écosystèmes miniers).
- Connaître et gérer les réserves d'une eau douce limitée pour assurer un accès pérenne et de qualité.

2° Programmes de recherche

- Créer un programme de recherche international sur la biodiversité en milieu insulaire tropical, (i) en acquérant les connaissances sur la biodiversité, notamment par des inventaires et des études taxonomiques, (ii) en étudiant son fonctionnement et son évolution, en particulier face aux espèces envahissantes, (iii) en évaluant les usages qu'en font les populations, (iv) et construit selon une approche pluridisciplinaire intégrant les sciences humaines.
- Structurer et renforcer les programmes de recherche pour une agriculture (i) satisfaisant les besoins des populations et des marchés locaux, régionaux voire internationaux, (ii) respectueuse de l'environnement et générant des produits sûrs et de qualité, (iii) s'appuyant sur une meilleure connaissance du fonctionnement des écosystèmes naturels et cultivés, et (iv) valorisant les savoirs traditionnels.
- Susciter et fédérer les recherches sur (i) les ressources minières, (ii) leur exploitation, (iii) la gestion des rejets et (iv) la réhabilitation des sites.
- Développer les recherches sur (i) la distribution spatiale, (ii) la qualité, (iii) la dynamique et (iv) l'usage des ressources en eau.

Pour l'ensemble de ces quatre projets, il s'agira également de mettre au point des critères-indicateurs d'état et d'évolution de l'environnement physique, biologique et sociétal.

3° Moyens et collaborations

- Soutenir les structures locales de recherches.
- Mettre en place le CNRT Nickel et Environnement.
- Créer un institut Pacifique sur la biodiversité et développer les réseaux et les programmes existants : (Diversitas, IFB, Programme Forêt sèche, PROE…)
- Favoriser les Centres de Ressources Biologiques, appuyer et favoriser la mise en place du Projet Conjoint Européen sur la Biodiversité et l'Outre-mer.
- Créer et développer des Plateformes technologiques (biotechnologies, télédétection).
- Développer les réseaux de communication à haut débit et les systèmes d'information associés. Constituer des bases de données et concevoir des serveurs interopérables, afin de capitaliser et de mettre à disposition de la communauté scientifique et des partenaires, les résultats croisés des différentes études.
- Favoriser la mobilité, les échanges et développer les compétences et la formation. Appuyer des programmes de sensibilisation et d'éducation sur les écosystèmes insulaires, leur richesse, mais aussi leur extrême fragilité.
- Mobiliser des moyens (collectivités, Etat, Europe, Banque mondiale) afin de disposer d'appuis spécifiques pour construire des partenariats internationaux et proposer ou répondre à des appels à propositions de recherches ou de formation.
- Moderniser et renforcer le cadre juridique pour promouvoir une gestion durable des écosystèmes insulaires et des espèces animales et végétales qui en dépendent

Thème 3 : Aléas naturels et variabilité climatique : impacts régionaux et prévention

Un compte-rendu développé des recommandations émises lors du groupe travail est disponible sur le site des ARFP (www.assises-recherche-pacifique.org).

1° Grands enjeux et implications dans le développement

- Suivre et étudier les variations climatiques ; évaluer leurs impacts sur le milieu (montée du niveau marin, événements climatiques extrêmes –cyclones, inondations, sécheresse, mouvements de terrain, modification des écosystèmes –pêcheries, état des récifs coralliens).
- Evaluer les aléas géologiques, identifier les signaux précurseurs, prévoir et gérer les risques associés (tremblements de terre, éruptions volcaniques, tsunamis et glissements de terrain).
- Fournir des éléments décisionnels aux autorités en matière de sécurité civile et d'aménagement du territoire afin de réduire les impacts.

2° Programmes proposés

Il est proposé de mettre en place une *plate-forme de recherche* pluridisciplinaire sur les risques géologiques et climatiques dans la région. L'ancrage national pourrait se faire sur une ou des ACI, type aléa et changement global. Ce projet pourrait se rattacher aux programmes existants sur les risques environnementaux tels que GMES (Programme Européen Global Monitoring for Environment and Security), PRIDE (Projet de la NOAA Pacific Islands Region Data Management Report) et aux institutions régionales telles que SOPAC (South Pacific Applied Geoscience Commission), SPREP/PROE (Programme Régional Océanien sur l'Environnement) ou la CPS (Communauté du Pacifique-Secrétariat). Un tel programme devrait inclure notamment les actions suivantes.

- Comprendre et prévoir les différentes composantes des fluctuations climatiques régionales (El Nino, variation décennale et influence océanique locale) et leurs impacts (pêcheries et état des récifs coralliens, montée du niveau de la mer, agriculture, santé).
- Développer les recherches paléoclimatologiques à terre et en mer qui permettent de mieux comprendre les mécanismes des interactions océan-atmosphère et contribuent à améliorer la modélisation et la prévision du climat futur.
- Intensifier les études tectoniques relatives aux mécanismes de la dynamique des plaques pour mieux contraindre les aléas sismiques, volcaniques et les tsunamis.
- Cartographier les formations géologiques et superficielles pour améliorer la compréhension des mouvements de terrain.
- Evaluer la vulnérabilité des territoires et les conséquences socio-économiques associées aux différents risques naturels.

3° Moyens à mobiliser, partenariat et collaboration

- Créer un comité de suivi international pour l'élaboration de la plate-forme de recherche proposée.
- Pérenniser et compléter les systèmes d'observation du milieu océanique (composantes physique, chimique et biologique), in situ et spatiaux (réseau de mouillage TAO, stations d'observation fixe et satellites) et les navires océanographiques.
- Constituer un réseau régional unifié d'observation et de surveillance sismique, géodésique et marégraphique.
- Favoriser les collaborations régionales, notamment par l'intermédiaire des organisations internationales régionales (SPREP/PROE, SOPAC).
- Répondre aux demandes de formation des pays partenaires de la région.

Thème 4 : Cultures, identités, patrimoine, espaces et développement

Le rayonnement de la recherche française en sciences humaines et sociales dans le Pacifique est insuffisant. Il existe une demande de collaboration forte des petits pays insulaires pour une recherche en coopération. La France a les moyens institutionnels de promouvoir une recherche DANS le Pacifique plutôt que SUR le Pacifique.

Il faut promouvoir une recherche utile qui réponde aux besoins exprimés par les communautés océaniennes et mettre au point des procédures de restitution des résultats de cette recherche, adaptées aux systèmes cognitifs traditionnels.

Cette recherche nécessairement interdisciplinaire se structure à plusieurs échelles : entre chercheurs francophones de disciplines différentes, avec leurs collègues non francophones et avec les communautés locales. L'interdisciplinarité doit être valorisée par les instances nationales d'évaluation des chercheurs.

1° Les recherches en sciences humaines dans le Pacifique doivent nécessairement prendre en compte les interactions entre l'homme et son milieu naturel et culturel :

- Gouvernance et réglementations (politiques foncières, linguistiques, environnementales, etc.)
- Constructions territoriales (usages, pratiques, représentations et perception)
- Vulnérabilité des systèmes insulaires

2° Pour réaliser ces objectifs de recherche, les moyens suivants sont demandés :

- Création d'une agence décentralisée de la recherche française dans le Pacifique (création d'un réseau de chercheurs, organisation de séminaires périodiques, création d'un site Internet, etc.)
- Aide à la formation de jeunes chercheurs océaniens et à leur intégration
- Formation de personnels spécialement chargés de la restitution des travaux de recherche auprès des communautés locales
- Création de programmes spécifiques de recherche sur le Pacifique dans le cadre du PCRD.

Thème 5 : Santé et environnement

A travers les communications scientifiques, puis l'atelier de réflexion prospective Santé et Environnement, les thèmes suivants émergent comme les priorités au niveau régional et en particulier à celui de collectivités françaises du Pacifique :

- Pathologies liées aux modifications de l'environnement
- Entomologie et maladies à vecteurs
- Substances naturelles, kava et savoir traditionnel
- Réseaux de surveillance et de recherche

5.1. Thème Pathologies liés aux modifications de l'environnement

Le développement touristique ou industriel des zones côtières est de nature à altérer la vitalité des édifices coralliens des zones lagonaires. Cette situation est génératrice d'écosystèmes favorables à la prolifération des algues microscopiques, productrices des principales biotoxines marines et à l'émergence de pathologies humaines telles la Ciguatéra.
De même, les conséquences en termes de santé publique des bouleversements écologiques produits en milieu terrestre, qu'ils soient liés aux infrastructures ou à l'exploitation minière, doivent être anticipées et évaluées.

A partir de ces deux axes de réflexion, les recommandations suivantes se dégagent :

1. cartographier et suivre dans le temps les zones récifales où prolifèrent les dinoflagellés producteurs de ciguatoxines.
2. développer des outils de détection fiables des ciguatoxines dans les espèces exploitées lagonaires pour prévenir le risque et, à terme, labelliser la filière pêche.
3. évaluer de façon dynamique le rôle des affleurements de trémolite, naturels ou induits par l'activité humaine, sur l'incidence du mésothéliome.

5.2. Thème Entomologie médicale et maladies à vecteurs

Après un exposé visant à mettre en évidence les données de la problématique, la discussion a permis de dégager les points suivants :

- la connaissance des vecteurs principaux et secondaires dans la zone océanienne est incomplète et/ou hétérogène.
- l'impact des modifications climatiques et de l'environnement sur les populations vectorielles doit être mieux documenté.
- les populations vectorielles des trois principales maladies de la zone (la dengue et autres arboviroses, la filariose de Bancroft et le paludisme) doivent être caractérisées de façon précise pour mesurer les flux géniques entre populations.

A partir de ces trois points, les recommandations suivantes ont été retenues dans le cadre d'une stratégie régionale d'étude et de lutte contre les vecteurs :

1. création d'un atlas-serveur des espèces vectrices de la zone du Pacifique insulaire.
2. mise en place d'un laboratoire de génétique des moustiques de sécurité P3 (le virus de la dengue est classé par les agents pathogènes de classe 3) : ce laboratoire sera destiné à la caractérisation génétique des populations de vecteurs et à l'étude de leur compétences vectorielles.
3. développer en partenariat avec le CNES et d'autres organismes, un programme de recherche sur l'impact des modifications écologiques sur la transmission vectorielle (dynamique des populations et compétences).

5.3. Thème Substances naturelles, kava et savoirs traditionnels

Après un exposé présentant un cas d'erreur de prescription en médecine traditionnelle et un exposé de sur le métabolisme des principes actifs du kava (inhibition du cytochrome P450 1A2) sont présentées trois problématiques :

- la difficulté que posent à la biomédecine les cas d'intoxication par les plantes, mettant en évidence le manque crucial de connaissances de base et de synthèses scientifiques sur les plantes toxiques du Pacifique.
- les interrogations sur le statut du kava (*Piper methysticum*) et les éventuels risques de toxicité induite.
- l'absence de synthèses sur la médecine traditionnelle en Nouvelle-Calédonie et plus généralement dans l'ensemble du Pacifique.

A la suite de la discussion sont proposées trois actions prioritaires :

1. créer un réseau d'informations et d'études des plantes toxiques et plus généralement un réseau de pharmacovigilance multicentrique.
2. poursuivre les études cliniques et épidémiologiques sur la relation kava-santé à l'échelle du Pacifique en tentant de réévaluer le rapport bénéfice-risque du kava pour la santé au sens large dans les différents contextes culturels de la région.
3. mettre en place les éléments nécessaires à l'étude et à la conception d'un atlas des plantes réputées médicinales du Pacifique ; valoriser les résultats de la recherche sur les substances bioactives.

5.4. Thème Réseaux de surveillance et de recherche

Par rapport aux réseaux de surveillance et de recherche, les constats suivants ont été faits :

- Dans le cadre du réseau océanien de surveillance de la santé publique (ROSSP), la lutte contre la dengue (et les autres arboviroses) nécessite une amélioration des connaissances des vecteurs (cf. ci-dessus).
- L'impact des maladies entériques liées à l'alimentation n'est pas connu dans la plupart des pays associés au ROSSP.
- L'information et les données régionales demandent à être mieux organisées et plus accessibles, notamment aux professionnels de la santé et aux chercheurs océaniens.
- La recherche est encore trop peu orientée vers l'action, et nécessite une meilleure coordination dans la région.

Après une discussion sur les différents domaines où l'approche en réseau peut être bénéfique, il a été proposé :

1. d'intégrer les développements de la surveillance entomologique de la dengue et d'autres maladies à vecteur au ROSSP.
2. d'intégrer la sécurité sanitaire, notamment microbiologique, des aliments et de l'eau aux préoccupations ciblées par le ROSSP.
3. dans le cadre du ROSSP, de soutenir le développement d'une base de données et d'information épidémiologique régionale, basée à la CPS. Ceci sous-entend un appui aux pays et territoires qui en ont besoin (base de données nationales/territoriales).
4. de soutenir un inventaire de projets de surveillance et de recherche dans la région océanienne.

Atelier 6 : Formation à la recherche et par la recherche

1° Enjeux – constat

Soixante thèses de doctorats sont en cours dans les deux universités UNC et UPF dont l'une des missions est la Formation à la Recherche et par la Recherche.

L'UPF et l'UNC sont les seules universités françaises sans Ecole Doctorale (ED). Les étudiants ne reçoivent pas la formation et l'accompagnement auxquels ils ont droit : formation générale ou spécifique, accompagnement du parcours des doctorants, suivi de leur projet professionnel,

Ces universités ne reçoivent ni allocation de recherche, ni budget. Leur petite taille, leur éloignement, le nombre restreint de laboratoires et le peu de formations de niveau M sont des obstacles à la mise en place d'une ED classique.

On constate que les étudiants sont peu nombreux par thématique, qu'ils peuvent être dispersés sur des sites éloignés ou encore encadrés localement et inscrits dans des universités métropolitaines.

Cependant les deux établissements possèdent 12 équipes reconnues (EA liées à des organismes de recherche nationaux) et ont vu leur nombre de doctorants multiplié par 3 en 4 ans.

2° Objectifs

Objectifs pour les doctorants :

- Proposer des formations à distance pour tous,
- Ouvrir les thèses vers l'Europe et l'International,
- Offrir des allocations de recherche,
- Accompagner les projets professionnels,
- Suivre les périodes pré et post-doctorales.

Objectifs pour la Nouvelle-Calédonie et la Polynésie française :

- Répondre plus efficacement aux demandes de recherche/développement de la Polynésie française et de la Nouvelle-Calédonie, en liaison avec les partenaires du réseau,
- Offrir un lieu privilégié permettant la tenue de séminaires, conférences, congrès et manifestations diverses,
- Encourager une dynamique de réseaux propice aux collaborations entre équipes de recherche et entreprises locales,

Objectifs pour les laboratoires :

- Identifier des thèmes porteurs et cohérents entre universités et organismes de recherche,
- Développer un équilibre entre recherche fondamentale et recherche et développement,
- Créer des dynamiques d'accueil pour les post-doctorants et les chercheurs,
- Consolider les liens ultra-marins entre les équipes recherche des universités partenaires,
- Créer un réseau ultra-marin permettant l'émergence d'actions communes (revues numériques, conférences, workshop),
- Conforter la recherche Outre-mer.

3° Moyens

Le développement des deux universités au sein du Pacifique, leur implication dans des thématiques liées à l'insularité, conduisent à proposer une école doctorale pluridisciplinaire dans une thématique large et fédératrice "Ultra-Marine des Milieux Insulaires".

Un campus numérique permet de mettre en réseau un nombre suffisant de laboratoires reconnus, de s'affranchir de l'éloignement, de fournir aux étudiants des formations « à la carte » sans contrainte de calendrier, de mettre en place une dynamique de réseau profitable à tous les acteurs.

Nous proposons la création d'une Ecole Doctorale Numérique - Ultra Marine des Milieux Insulaires (UMMI) dont le noyau dur réunit l'ensemble des équipes de recherche reconnues (Equipes d'Accueil) des deux universités et dans le cadre d'un fort partenariat avec les ED des universités Antilles-Guyane et de La Réunion et des organismes de recherche nationaux.

A terme, le partenariat sera élargi aux universités européennes et du Pacifique (USP/Fidji, Hawaï, Nouvelle-Zélande, Australie, ...) ayant des actions de recherche dans le domaine "Ultra-Marin des Milieux Insulaires".

Discours de clôture

de Monsieur François d'AUBERT

Ministre délégué à la Recherche

ASSISES DE LA RECHERCHE
FRANÇAISE DANS LE PACIFIQUE

ASSISES DE LA RECHERCHE FRANCAISE

DANS LE PACIFIQUE

DISCOURS DE CLOTURE

Allocution de clôture de Monsieur François d'AUBERT
Ministre délégué à la Recherche

Madame la Présidente,
Messieurs les Hauts Commissaires,
Monsieur le Préfet,
Mesdames et Messieurs les élus,
Mesdames et Messieurs,

Il me revient le grand honneur, mais aussi le difficile privilège, de conclure ces Assises de la recherche française dans le Pacifique. Chacun ici présent a pu constater déjà qu'elles étaient un magnifique succès par l'affluence des scientifiques français et étrangers et des responsables politiques et administratifs, par la qualité des présentations orales et des posters, mais aussi par ce cadre exceptionnel du centre culturel Tjibaou, qui est en soit un facteur d'attractivité !

Ces Assises ont été pour moi l'occasion de constater sur le terrain la richesse naturelle, humaine, culturelle et scientifique de cette région du Pacifique Sud.
Alors que les Assises se déroulaient et que la communauté scientifique nationale et internationale réunie ici élaborait le bilan de l'acquis et initiait le travail de prospective, j'ai profité de ce séjour pour me rendre sur quelques sites représentatifs de l'activité de recherche et d'innovation en Nouvelle Calédonie. A travers chaque visite, que ce soit à l'Université, à l'IRD ou à l'IFREMER, j'ai pu me rendre compte par moi-même de la richesse du potentiel de ce pays et de la qualité de ce qui est déjà en route, du dynamisme de la communauté scientifique du Pacifique Sud.

Ici plus qu'en métropole la population, les élus, les chercheurs eux-mêmes attendent et espèrent de la recherche des résultats concrets qui auront un impact perceptible sur leurs conditions de vie et sur le développement économique local. Cette mobilisation unanime, je pourrais même dire cette foi manifeste dans la recherche, est une chance à saisir pour l'aménagement et le développement de ces territoires français du Pacifique Sud.

Le potentiel scientifique de cette région, rapporté à la population, est tout à fait comparable à ce qui existe dans d'autres régions françaises en métropole et mon sentiment est que ce potentiel est déjà richement mis en valeur. L'éloignement géographique, le morcellement et la masse critique totale, forcément limitée, imposent toutefois un effort particulier de choix et d'identification de priorités dans la stratégie scientifique des territoires français du Pacifique Sud. Mais l'éloignement géographique et le morcellement sont en même temps une richesse, car c'est par eux que ces territoires disposent des caractères naturels exceptionnels, tels la biodiversité ou les phénomènes climatiques particuliers, qui en font un sujet d'étude précieux pour le monde entier. Grâce à ces conditions naturelles, la France du

Pacifique Sud, la Nouvelle-Calédonie, la Polynésie, Wallis et Futuna, peuvent rayonner par leur recherche sur l'ensemble de la planète.

Les Assises avaient comme premier objectif de collecter l'ensemble des informations nécessaires à l'élaboration d'une telle stratégie. La qualité, la richesse, la diversité des communications présentées pendant ces trois jours nous ont déjà permis d'atteindre cet objectif. Au-delà de cette première étape, le travail réalisé dans les différents ateliers thématiques a permis d'initier la réflexion réellement prospective qui doit nous conduire dans les mois qui viennent à la construction collective d'une vraie stratégie scientifique.
Nous avons travaillé ce matin, avant les sessions de restitutions des ateliers, avec les responsables nationaux et locaux des établissements de recherche implantés dans la région. Notre constat unanime, à la lecture des premiers documents de synthèse issus des ateliers, est la vitalité et la grande richesse des propositions qui sont présentées.
Sur chaque grand thème abordé, les programmes esquissés nous rendent optimistes sur la capacité de la communauté scientifique régionale, en interaction avec la métropole et avec les autres pays du Pacifique Sud, à élaborer des programmes scientifiques ambitieux et compétitifs sur le plan international.
Mais la liste des moyens à mettre en œuvre, qui figure aussi dans les premiers documents de synthèse, donne quelque peu le vertige. La seconde étape, naturelle, qui se dessine maintenant est la construction des programmes opérationnels, évaluables sur le plan scientifique et budgétaire, en hiérarchisant des priorités et en identifiant clairement quels peuvent être les apports des différents acteurs : organismes de recherche, universités, entreprises et collectivités locales. Dans l'élaboration de ces programmes il est essentiel de bien dégager les moyens techniques qui peuvent être mutualisés entre les différents laboratoires : ici plus qu'ailleurs la notion de plate-forme commune doit être développée, que ce soit dans un cadre inter-organisme, régional ou dans un cadre international.

Quels sont les critères à retenir dans ce travail d'élaboration concrète que nous devrons conduire dans les mois qui viennent ?
Il existe un large consensus sur le fait que les recherches initiées et conduites dans cette région doivent être au maximum ancrées dans la réalité quotidienne des femmes et des hommes qui vivent ici. Il faut que ces recherches soient un facteur déterminant d'aménagement et de développement des territoires, en étroite interaction lorsque cela est possible avec les entreprises implantées localement et avec leurs besoins d'innovation.
Et en même temps il faut que ces recherches soient expliquées à la population. A l'issue de ces Assises, qui sont un événement scientifique de grande ampleur, il nous faut envisager une restitution des richesses dont nous avons fait le bilan, qui pourrait être faite à l'occasion de la prochaine Fête de la science, au mois d'octobre.
A côté de cet ancrage local et régional, le second facteur majeur dans le travail d'élaboration puis de sélection des programmes doit être naturellement leur qualité scientifique, jugée sur des critères académiques. Cette réflexion rejoint ici un axe majeur du travail de préparation de la loi d'orientation et de programmation pour la recherche. Nous devons collectivement nous efforcer à gérer les moyens affectés à la recherche dans un cadre compétitif, en nous appuyant notamment sur des appels à propositions de projets, évalués sur des critères d'excellence. Pour la région Pacifique Sud, comme pour l'ensemble de la France, cette culture de projet doit être développée afin de tirer le meilleur parti de nos ressources financières, toujours trop limitées. La tenue des Assises de la Recherche Française dans le Pacifique Sud et le travail prospectif ainsi enclenché sont une opportunité d'inscrire cette région dans la dynamique souhaitée pour la future loi.

Parmi les ressources mobilisables pour la recherche dans le Pacifique Sud, nous devons aussi mieux exploiter les programmes européens. J'insisterai auprès de l'Union européenne pour que le 7 ème PCRD comprenne des programmes de recherche traitant de la richesse naturelle et culturelle du Pacifique Sud. De tels programmes pourraient être un instrument d'émulation pour la recherche française et de coopération internationale.

Le travail effectué par la communauté scientifique et par les organisateurs de ces Assises est déjà considérable, mais nous ne devons pas nous démobiliser afin de pouvoir en tirer les traductions

opérationnelles en termes de programmes de recherche. Au risque d'accroître encore la charge de travail de l'équipe du Haut Commissaire, il apparaît important que le processus lancé pendant ces trois jours soit suivi dans la durée. Il serait donc très utile de prévoir dès maintenant une suite à ces Assises. Pourquoi pas un rendez-vous annuel régulier de la communauté scientifique française de la région du Pacifique Sud ? Il nous permettrait d'établir à chaque fois le bilan des progrès sur la voie esquissée ces derniers jours.

C'est donc dans l'attente de nous réunir à nouveau prochainement que je clôture ces Assises et que je vous remercie encore une fois pour votre mobilisation.

François d'AUBERT
Ministre délégué à la Recherche

ASSISES DE LA RECHERCHE FRANCAISE

DANS LE PACIFIQUE

LIVRE DES CONFERENCES

Liste des auteurs

ALLENBACH, M., p. 108
AMBROSI, JP., p. 103
AMIR, H, p. 82
ANDRE, S., p. 214
ANTON, R., p. 272
AUBANEL, A., p. 52
BANI, P., p. 137
BARGUIL, Y., p. 266
BARNY, S., p. 266
BARRE, N., p. 82, p. 89 et p. 116
BEAUVAIS, A., p. 103
BLAIS, S., p. 137
BLANFORT, V., p. 89
BLONDEL, J., p. 77
BOUCHET, P., p. 34
BOURAIMA-MADJEBI, S., p 82
BOUVET, JM., p. 98
BRESIA, F., p. 82 et p. 89
BUESTEL, D., p. 58
BUTAUD, JF., p. 82
CABALION, P., p. 98 et p. 266
CAZENAVE, A., p. 122
CHARVIS, P., p. 132
CHAUCHAT, M., p. 108
CHAUVIN, C., p. 29
CHAZEAU, J., p. 82 et p. 89
CHENE, S., p. 167
CHINAIN, M., p. 248
CHOBLET, E., p. 266
CIBOIS, A., p. 82
COLIN, F., p. 103
CONTE, É., p. 186
D'AQUINO, P., p. 219
DALDRUP, Th., p. 266
DAVID, G., p. 196
DE DECKKER, P., p. 163
DE DECKKER, P., p. 178
DE GARINE-WICHATISTKY, M., p. 82 et p. 89
DECOUDRAS, PM., p. 225
DELCROIX, Th., p. 151
DESVALS, L., p. 116
DUHET, D., p. 266
EISSEN, JP., p. 137
FAILLOUX, AB., p. 245
FARMAN, R., p. 42
FERRARIS, J., p. 46
FOANA'OTA, L., p. 205
FOGLIANI, B., p. 82 et p. 89
FOTSING, JM., p. 108
GALZIN, R., p. 46
GANACHAUD, A., p. 151
GERAUX, H., p. 82
GICQUEL, A., p. 98
GIESE, B. S., p. 173
GIESE, Jr., p. 173
GÜELL, A., p. 256
GUILLE, G., p. 137
GUILLOU, H., p. 137
HARACHE, Y., p. 64
HERBLAND, A., p. 64
HOUMBOUY, D., p. 108
JAFFRE, T., p. 82 et p. 89
JOURDAN, H., p. 89
KAGY, V., p. 116
KEITH, P., p. 82
KULBICKI, M., p. 46
LAGABRIELLE, Y., p. 127
LANGY, S., p. 58
LARDY, M., p. 137
LE BORGNE, R., p. 157
LEBIGRE, JM., p. 219
LEGENDRE, L., p. 16

LEGENDRE, C., p. 137
LEHODEY, P., p. 71
LEMERRE, Z., p. 116
LEROY, A., p. 167
LILLE, D., p. 108
LOWER, T., p. 263
MAITREPIERRE, L., p. 167
MANUGUERRA, JC., p. 236
MAURIZOT, P., p. 148
MAURY, RC., p. 137
MC CREARY, J. P., p. 173
MENNESSON, Th., p. 116
MÉRIEN, F., p. 253
MEYER, JY., p. 82, p. 89 et p. 97
MILLE, C., p. 116
MINERBI, L., p. 225
MOMPELAT, JM., p. 148
MONIER, C., p. 52
MONZIER, M., p. 137
MOUSSON, L., p. 245
MÜLLER, C., p. 266
NAEPELS, M., p. 231
NAHON, D., p. 103
PAPINEAU, C., p. 89
PAUILLAC, S., p. 248
PELLETIER, B., p. 127
PERRIER, N., p. 82
PICAUT, J., p. 151
PILLET, R., p. 132
PINEAU, R., p. 82
RAHARIVELOMANANA, P., p. 98
RATIARSON, O., p. 116
REGNIER, M., p. 132
REYMOND, D., p. 143
RICHER DE FORGES, B., p. 29
ROBIN, C., p. 137
RODHAIN, F., p. 245
ROSSI, P., p. 137
RUSSMANN, S., p. 266
SALOMON, C., p. 269
SALVAT, B., p. 35
SAND, C., p. 191
SCHINDELE, F., p. 143
SIMON, S., p. 116
TALADOIRE, G., p. 108
TARBAH, F., p. 266
TASSIN, J., p. 82, p. 89 et p. 116
TCHERKEZOFF, S., p. 202
TEAI, T., p. 98
THIBAULT, JC., p. 82
TIMBAL, B., p. 167
TORRETON, JP., p. 22 et p. 42
TOURAÏVANE, p. 108
TRYON, D., p. 208
VAZEILLE, M., p. 245
WARTER, S., p. 266
WEINMAN, W., p. 266
WENIGER, B., p. 272
WHEELER, M., p. 167
WHITAKER, T., p. 82

PARTENAIRES INSTITUTIONNELS/INSTITUTIONAL PARTNERS

ADECAL, Agence de développement économique de la Nouvelle-Calédonie/New Caledonian Economic Development Agency
BRGM, Bureau de Recherche Géologique et Minière/Mining and Geological Research Bureau
CEA, Commissariat à l'énergie atomique/Atomic Energy Commissariat centre culturel Tjibaou/Tjibaou cultural centre
CHNS, Centre Hospitalier de la Nouvelle-Calédonie/New Caledonian Hospital Centre
CIRAD, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement/International cooperation centre of agricultural research for development
CNRS, Centre national de la recherche scientifique/National Centre for Scientific Research
CPS, Secrétariat général de la communauté du Pacifique/Secretariat of the Pacific Community
EPHE, Ecole pratique des hautes études/High school of tertiary studies
IAC, Institut agronomique néo-calédonien/New Caledonian Agricultural Institute
Ifremer, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer/French research institute for sea exploitation
INRA, Institut national de recherche agronomique/National Agricultural Research Institute
Institut Louis Malardé Louis Malardé Institute
IPNC, Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie/Pasteur Institute in New Caledonia
IRD, Institut de recherche pour le développement/Institute of Research for Development
Météo France NC
Provinces Nord, Iles et Sud de la Nouvelle-Calédonie/The Northern, Southern and Loyalty Island Provinces of New Caledonia
UNC, Université de la Nouvelle-Calédonie/University of New Caledonia
UPF, Université de la Polynésie française/University of French Polynesia

ASSISES DE LA RECHERCHE
FRANÇAISE DANS LE PACIFIQUE

CONTACT Secrétariat Symposium
Fax : +687 24 90 87
Email : arfp2004@offratel.nc
Web : www.assises-recherche-pacifique.org

Assises de la Recherche Française dans le Pacifique

Résumés des communications scientifiques

24-27 août 2004,
Nouméa, Nouvelle-Calédonie

24-27 August 2004,
Noumea, New Caledonia

Presentations Abstracts

Symposium of French research in the Pacific

www.assises-recherche-pacifique.org
arfp2004@offratel.nc

Assises

de la

Recherche Française

dans le

Pacifique

Textes : rédigés ou compilés par les membres du Comité scientifique

Document produit pour le Secrétariat des Assises
par le Service Information scientifique et communication de l'IRD
Coordination de la publication : Mina Vilayleck
Mise en page : Jean-Pierre Mermoud

Sommaire / Table of content

Carte du centre culturel Tjibaou / Map of the Tjibaou cultural centre 5

Organisation / Organisation 7

Partenaires / Partners 18

Programme / Agenda 19

THEME 1 : Écosystèmes marins et valorisation des ressources 29
Marine ecosystems: biodiversity and resource development

Conférence plénière / Plenary conference 31

Conférences thématiques / Theme conferences:
1.1. Caractéristiques des écosystèmes insulaires du Pacifique 35
The characteristics of Pacific Islands ecosystems
1.2. Exploitation des ressources côtières de pêche et d'aquaculture 45
Exploiting coastal fisheries and aquaculture resources
1.3. Exploitation des ressources halieutiques hauturières 55
Exploiting oceanic fisheries resources

THEME 2 : Écosystèmes marins et valorisation des ressources 127
Marine ecosystems: biodiversity and resource development

Conférence plénière / Plenary conference 129

Conférences thématiques / Theme conferences:
2.1. Connaître, gérer et valoriser la biodiversité 131
Knowing, managing and developping biodiversity
2.2. Ressources minérales et environnement 141
Mineral resources and the development
2.3. L'eau douce en milieu insulaire / Fresh water in island settings 149
2.4. Agriculture et élevage : pour un modèle insulaire 153
d'itinéraires techniques / Agriculture and farming - towards
an island model for crop techniques

THEME 3 : Aléas naturels et variabilité climatique : impacts régionaux et prévention / Natural hazards and climate variability : regional impacts and prevention 231

Conférence plénière / Plenary conference 233

Conférences thématiques / Theme conferences:
3.1. Dynamique de la lithosphère et risques géologiques 235
Lithosphere dynamics and geological risks
3.2. Océan et changements climatiques / Ocean and climate changes 252

THEME 4 : Cultures, identités, patrimoines, espaces et développements / Cultures, identities, heritage, land and development 315

Conférence plénière / Plenary conference 317

Conférences thématiques / Theme conferences:
4.1. Peuplements, mouvements de population et stratégies d'implantation / Migration, population movements and settlements strategies 319
4.2. Cultures, langues, patrimoines et enjeux historiques 324
Cultures, languages, heritage and historical issues
4.3. Développement durable, identités et géopolitique 330
Sustainable development, identities and geopolitics

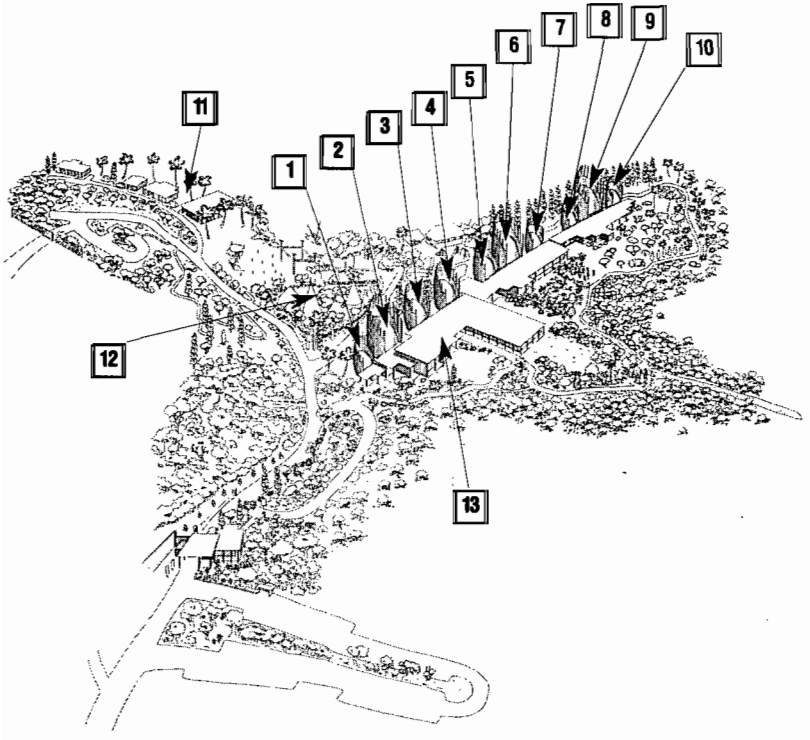
THEME 5 : Santé et environnement / Health and the environment 359

Conférence plénière / Plenary conference 361

Conférences thématiques / Theme conferences:
5.1. Pathologies d'intérêt particulier dans le Pacifique 363
Diseases of specific interest in the Pacific
5.2. Outils de diagnostic / Diagnostic tools 369
5.3. Surveillance de la santé publique / Public health surveillance 371
5.4. Savoirs traditionnels / Traditional medicines 373

LISTE des résumés des présentations et posters 421
LIST of the summaries of presentations and posters

CENTRE TJIBAOU



Entrée / **Entrance**

1 Case Bwénaado
2 Case Jinu
3 Case Kanaké
4 Case Pérui
5 Case Ngan Vhalik
6 Case Mwà Véé
7 Case Umatë
8 Case Mâlep
9 Case Eman
10 Case Vinimoï
11 Belvédère
12 Espace Mwakaa
13 Salle Sisia

ORGANISATION

Les Assises de la Recherche Française dans le Pacifique (ARFP) sont placées sous le Haut-Patronage du Président de la République. Elles sont présidées par le Ministre délégué à la Recherche et aux Nouvelles Technologies et la Ministre de l'Outre-Mer.

Cette manifestation est organisée par l'État, la Nouvelle-Calédonie (Gouvernement et Congrès) et la Polynésie française, avec Wallis et Futuna sous l'égide des Ministères de la Recherche et de l'Outre-Mer avec l'appui du Ministère des Affaires Etrangères et, particulièrement, du Secrétariat Permanent pour le Pacifique.

Les objectifs des ARFP sont de :

- Présenter l'état actuel des recherches menées par la France et ses partenaires en Nouvelle-Calédonie, en Polynésie française, à Wallis et Futuna et dans les états voisins.
- Identifier des problématiques de recherche communes avec les pays de la région.
- Concevoir, au regard des besoins futurs du Pacifique, le développement de la recherche française, dans un espace de coopérations renforcées.
- Contribuer par la recherche au progrès de ces pays et territoires, avec l'appui de l'Europe.

Des conférences, des communications affichées ainsi que des ateliers et différentes formes de réflexion visant à dresser la synthèse des réponses aux objectifs assignés à cette manifestation, seront organisés autour des ARFP et pendant leur déroulement. Ils feront l'objet de documents diffusés à l'occasion de ces Assises.

Ce fascicule a pour objet de présenter les résumés des communications orales et affichées des ARFP. Il est le second des documents suivants :

1 - Dossier de présentation
2 - Résumés des communications scientifiques
3 - Introduction à la réflexion prospective
4 - Actes des Assises (document fourni à l'issue des ARFP)
5 - Synthèse de la réflexion prospective (document fourni à l'issue des ARFP).

Le comité d'organisation qui a été désigné pour superviser cette manifestation se compose d'une présidence, d'un comité de pilotage ainsi que d'un comité scientifique.

La présidence du comité d'organisation

Monsieur Daniel CONSTANTIN, Haut-Commissaire de Nouvelle-Calédonie

Monsieur Michel MATHIEU, Haut-Commissaire de Polynésie Française

Monsieur Christian JOB, Administrateur Supérieur des Iles Wallis et Futuna

Monsieur Bruno GAIN, Ambassadeur Secrétaire Permanent pour le Pacifique

Madame Marie-Noëlle THEMEREAU, Présidente du gouvernement de Nouvelle-Calédonie

Monsieur Harold MARTIN, Président du congrès de Nouvelle-Calédonie

Monsieur Oscar TEMARU, Président de la Polynésie Française

Le comité de pilotage

Coordinateurs

Jean-François MARINI, Chargé de Mission pour la Recherche et la Technologie auprès du Haut-Commissaire de Nouvelle-Calédonie (DRRT)

Robert MAURIN, Chargé de Mission pour la Recherche et la Technologie auprès du Haut-Commissaire de Polynésie Française (DRRT)

Membres du Comité de pilotage en Nouvelle-Calédonie

Mathias CHAUCHAT, Directeur de cabinet de la Présidence du Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie

Victor DAVID, Secrétaire Général Adjoint, Congrès de la Nouvelle-Calédonie

Louis LE-FRANC, Secrétaire Général Adjoint, Haut-Commissariat de Nouvelle-Calédonie

Hugues NORDI, Représentant Permanent Adjoint de la France auprès de la CPS

Philippe GOMES, Président de l'Assemblée de la Province Sud

Paul NEAOUTYINE, Président de l'Assemblée de la Province Nord

Neko HNEPEUNE, Président de l'Assemblée de la Province des îles LoyautéΣ

Paul DE DECKKER, Président de l'Université de la Nouvelle-Calédonie

Christian COLIN, Directeur du Centre de Nouméa, Représentant de l'IRD pour le Pacifique

Thierry MENNESSON, Directeur Général de l'IAC, Représentant le CIRAD

Yves HARACHE, Délégué de l'IFREMER en Nouvelle-Calédonie

Paul MARTIN, Directeur de l'Institut Pasteur de la Nouvelle-Calédonie

Pierre MAURIZOT, Représentant du BRGM en Nouvelle-Calédonie

Vincent DUMONTET, CNRS

Membres du Comité de pilotage en Polynésie française

Jacqui DROLLET, Vice-Président du Gouvernement, Ministre du Tourisme, de l'Artisanat, de l'Environnement et des Transports aériens

Jean-Marius RAAPOTO, Ministre de l'Education, de la Culture, de la Jeunesse, de la Formation Professionnelle et de l'Enseignement Supérieur

Emile VERNAUDON, Ministre des Télécommunication, des Nouvelles Technologies, du Développement des Archipels, de la Décentralisation et des Ports

Marie-Laure VANIZETTE, Ministre de la qualité de la vie, de la Santé, de la Solidarité, de la Famille et de la Promotion de la Femme

James SALMON, Ministre de l'Equipement, des Transports terrestres et maritimes, des Ports et Aéroports et de l'Energie

Keitapu MAAMAATUAIAHUTAPU, Ministre de l'Agriculture, de la Pêche, de l'Elevage, des Eaux et Forêts et de la Recherche

Priscille FROGIER, Déléguée territoriale à la recherche

Bruno PEAUCELLIER, Responsable des relations internationales du Territoire

Bernard DESCAMPS, Directeur du LESE (CEA-IRSN)

Jean-Pierre BONNEFOY, Vice-Président de l'Université de la Polynésie Française

Jacques ILTIS, Directeur du Centre IRD de Polynésie française

Vincent BARON, Directeur du CIRAD en Polynésie française

Dominique BUESTEL, Directeur de l'Ifremer en Polynésie Française

René CHANSIN, Directeur de l'Institut territorial de recherches Louis Malardé

Jean-Marc MOMPELAT, Directeur du BRGM en Polynésie française

Annie AUBANEL, Représentante de la Polynésie française au Comité national de l'IFRECOR

Dominique REYMOND, Directeur du Laboratoire de Géophysique (CEA)

Yannick CHANCERELLE, CRIOBE (EPHE)

Le comité scientifique (CS)

Secrétariat du CS

Fabrice COLIN, Secrétaire du CS (Institut de recherche pour le développement, IRD)

Nicolas BARRE, Institut Agronomique Néo-Calédonien - CIRAD

René PINEAU (Vice-Président/Recherche de l'Université de la Nouvelle-Calédonie, UNC)

Jean-Pierre BONNEFOY (Vice-Président/Recherche de l'Université de la Polynésie française, UPF)

Experts scientifiques

Les experts scientifiques sont organisés en cinq "binômes", composés de deux scientifiques néo-calédoniens et de deux scientifiques polynésiens. Chaque binôme correspond à chacun des cinq thèmes qui constituent le programme scientifique des Assises.

Thème 1 : Ecosystèmes marins : biodiversité et valorisation des ressources

Alain HERBLAND, Ifremer

Bertrand RICHER de FORGES, IRD

Bernard SALVAT, ICRI

Jacques ILTIS, IRD

Thème 2 : Ecosystèmes terrestres : biodiversité et valorisation des ressources

Nicolas BARRE, IAC - CIRAD

Tanguy. JAFFRÉ, IRD

Jean-Yves MEYER, Territoire PF

Phila BIANCHINI, UPF

Thème 3 : Aléas naturels et variabilité climatique - Impacts régionaux et prévention

Bernard PELLETIER, IRD

Alexandre GANACHAUD, IRD

Jean-Marc MOMPELAT, BRGM

Keitapu MAAMAATUAIAHUTAPU, UPF

Thème 4 : Cultures, identités, patrimoines, espaces et développement

Frédéric ANGLEVIEL, UNC

Jean-Christophe GALIPAUD, IRD

Pierre-Marie DECOUDRAS, UPF

Priscille Tea FROGIER, Territoire de PF

Thème n° 5 : Santé et environnement

Alain BERLIOZ-ARTHAUD, Institut Pasteur Nouvelle-Calédonie

Pierre CABALION, IRD

René CHANSIN, ILM

Mireille CHINAIN, ILM

La cellule organisation - communication

Jean-François MARINI, CMRT (DRRT) auprès du Haut-Commissaire de Nouvelle-Calédonie

Fabrice COLIN, IRD, secrétaire scientifique des ARFP

Mina VILAYLECK, chargée de la communication, IRD

Antoine JEULAIN, chargé de communication, Congrès de la Nouvelle-Calédonie

Laurence MORINI, chargée de communication, Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie

Inés DE PIREY, chargée de communication, Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie

Kareen READ, secrétaire des ARFP, Agence de développement économique de la Nouvelle-Calédonie (Adécal)

Contact :

Secrétariat des ARFP 2004 : Kareen READ
Tél. + 687 76 96 14
Fax + 687 24 90 87
e-mail : arfp2004@offratel.nc
site : www.assises-recherche-pacifique.org

ORGANISATION

The Symposium on French Research in the Pacific (SFRP) is being hosted by the President of France and will be jointly chaired by the Minister Delegate responsible for Research and New Technology and the Minister for Overseas Territories.

The event is being organised by the French Government, the New Caledonian Government and Congress, French Polynesia and Wallis and Futuna, the latter through the Ministers of Research and Overseas Territories, with support from the Ministry of Foreign Affairs through the Permanent Secretariat for the Pacific.

The SFRP's objectives are to:

- provide a progress report on research conducted by France and her partners in New Caledonia, French Polynesia, Wallis and Futuna and neighbouring countries;
- identify common research issues with the region's countries;
- plan the development of French research in terms of the Pacific's future needs and with strengthened co-operation in mind;
- contribute to these countries' and territories' progress through research and with Europe's support.

Lectures and posters as well as workshops and various forms of discussion aimed at consolidating the responses to the event's objectives will be organised both during and around the SFRP. Documents concerning them will be disseminated after the Symposium.

The aim of this publication is to present the summaries of the oral and poster presentations. It is the second of the following documents:

1 - Symposium Information Booklet
2 - Abstracts of the scientific presentations
3 - Introduction to discussions on future directions
4 - Symposium Proceedings (provided after the Symposium)
5 - Summary of discussions on future directions (provided after the Symposium)

The organising committee appointed to supervise the event is made up of a presiding committee, a steering committee and a scientific committee.

Presiding Committee

Mr Daniel CONSTANTIN, High Commissioner to New Caledonia

Mr Michel MATHIEU, High Commissioner to French Polynesia

Mr Christian JOB, Chief Administrator of Wallis and Futuna Islands

Mr Bruno GAIN, Ambassador to and Permanent Secretary for the Pacific

Mrs Marie-Noëlle THEMEREAU, President of the Government of New Caledonia

Mr Harold MARTIN, President of the Congress of New Caledonia

Mr Oscar TEMARU, President of French Polynesia

Steering Committee

Co-ordinators

Jean-François MARINI, Senior Adviser on Research and Technology (Regional Delegate) High Commission in New Caledonia

Robert MAURIN, Senior Adviser on Research and Technology (Regional Delegate) High Commission in French Polynesia

Members of the Steering Committee in New Caledonia

Mathias CHAUCHAT, Permanent Secretary to the President, Government of New Caledonia

Victor David, Deputy Secretary-General, Congress of New Caledonia

Louis LE-FRANC, Assistant General Secretary, New Caledonian High Commission

Hugues NORDI, Assistant Permanent French Representative to SPC

Philippe GOMEZ, President of the Southern Provincial Assembly

Paul NEAOUTYINE, President of the Northern Provincial Assembly

Neko HNEPEUNE, President of the Loyalty Islands Provincial Assembly

Paul DE DECKKER, Chancellor of the University of New Caledonia

Christian COLIN, IRD Noumea Centre Director, IRD Representative for the Pacific

Thierry MENNESSON, Director-General, IAC, representing CIRAD

Yves HARACHE, Ifremer Delegate to New Caledonia

Paul MARTIN, Director of the Pasteur Institute of New Caledonia

Pierre MAURIZOT, BRGM Representative in New Caledonia

Vincent DUMONTET, CNRS

Members of the Steering Committee in French Polynesia

Jacqui DROLLET, Vice-President of the Government, Minister of Tourism, Handicrafts, Environment and Air Transport

Jean-Marius RAAPOTO, Minister of Education, Culture, Youth, Vocational Training and Higher Education

Emile VERNAUDON, Minister of Telecommunications, New Technology, Outer Island Development, Devolution and Ports

Marie-Laure VANIZETTE, Minister of Living Standards, Health, Welfare, Family Affairs and the Promotion of Women

James SALMON, Minister of Infrastructure, Land and Maritime Transport, Ports, Airports and Energy

Keitapu MAAMAATUAIAHUTAPU, Minister of Agriculture, Fisheries, Livestock, Water, Forestry and Research

Priscille FROGIER, Territorial Research Delegate

Bruno PEAUCELLIER, Territorial Director of International Relations

Bernard DESCAMPS, Director, LESE (CEA-IRSN)

Jean-Pierre BONNEFOY, Vice-Chancellor of the University of French Polynesia

Jacques ILTIS, IRD Centre Director, French Polynesia

Vincent BARON, CIRAD Director, French Polynesia

Dominique BUESTEL, Ifremer Director, French Polynesia

René CHANSIN, Director, Louis Malardé Territorial Research Institute

Jean-Marc MOMPELAT, BRGM Director, French Polynesia

Annie AUBANEL, French Polynesian Representative to the IFRECOR National Committee

Dominique REYMOND, Director, Geophysics Laboratory (CEA)

Yannick CHANCERELLE, CRIOBE (EPHE)

Scientific Committee (SC)

SC Secretariat

Fabrice COLIN, SC Secretary, IRD

Nicolas BARRE, New Caledonian Agricultural Institute [IAC] - CIRAD

René PINEAU, Deputy Chair / Research, University of New Caledonia

Jean-Pierre BONNEFOY, Deputy Chair / Research, University of French Polynesia

Scientific Experts

The scientific experts are organised "binomially" into five groups, each with two New Caledonian and two French Polynesian scientists. Each binomial will deal with one of the five topics on the Symposium agenda.

Topic 1: Marine Ecosystems: Biodiversity and resource development

Alain HERBLAND, Ifremer

Bertrand RICHER de FORGES, IRD

Bernard SALVAT, ICRI

Jacques ILTIS, IRD

Topic 2: Terrestrial Ecosystems: Biodiversity and resource development

Nicolas BARRE, IAC - CIRAD

Tanguy JAFFRÉ, IRD

Jean-Yves MEYER, Territoire PF

Phila BIANCHINI, UPF

Topic 3: Natural hazards and climate variability – Regional impacts and prevention

Bernard PELLETIER, IRD

Alexandre GANACHAUD, IRD

Jean-Marc MOMPELAT, BRGM

Keitapu MAAMAATUAIAHUTAPU, UPF

Topic 4: Cultures, identities, heritage, land and development

Frédéric ANGLEVIEL, UNC

Jean-Christophe GALIPAUD, IRD

Pierre-Marie DECOUDRAS, UPF

Priscille Tea FROGIER, Territoire de PF

Topic 5: Health and the Environment

Alain BERLIOZ-ARTHAUD, IPNC

Pierre CABALION, IRD

René CHANSIN, ILM

Mireille CHINAIN, ILM

Organisation and Liaison Unit

Jean-François MARINI, CMRT (DRRT) Office of the High Commissioner to New Caledonia

Fabrice COLIN, IRD, Symposium Scientific Secretary

Mina VILAYLECK, Communications Coordinator, IRD

Antoine JEULAIN, Liaison Officer, High Commission in New Caledonia

Laurence MORINI, Liaison Officer, Governement of New caledonia

Inès DE PIREY, Liaison Officer, Governement of New caledonia

Kareen READ, Symposium Secretary, Adécal (New Caledonian Agency for Economical Development)

Contact:

Symposium Secretariat: Kareen READ
Tel. + 687 76 96 14
Fax + 687 24 90 87
e-mail: arfp2004@offratel.nc
web site: www.assises-recherche-pacifique.org

PARTENAIRES INSTITUTIONNELS / INSTITUTIONAL PARTNERS

Adécal, Agence de développement économique de la Nouvelle-Calédonie / New Caledonian Economic Development Agency

BRGM, Bureau de Recherche Géologique et Minière / Mining and Geological Research Bureau

CEA, Commissariat à l'énergie atomique / Atomic Energy Commissariat

centre culturel Tjibaou / Tjibaou cultural centre

CIRAD, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le dévelopement / International cooperation centre of agricultural research for development

CNRS, Centre national de la recherche scientifique / National Centre for Scientific Research

CPS, Secrétariat général de la communauté du Pacifique / Secretariat of the Pacific Community

EPHE, Ecole pratique des hautes études / High school of tertiary studies

IAC, Institut agronomique néo-calédonien / New Caledonian Agricultural Institute

Ifremer, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer / French research institute for sea exploitation

INRA, Institut national de recherche agronomique / National Agricultural Research Institute

Institut Louis Malardé / Louis Malardé Institute

IPNC, Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie / Pasteur Institute in New Caledonia

IRD, Institut de recherche pour le développement / Institute of Research for Development

Provinces Nord, Iles et Sud de la Nouvelle-Calédonie / The Northern, Southern and Loyalty Island Provinces of New Caledonia

UNC, Université de la Nouvelle-Calédonie / University of New Caledonia

UPF, Université de la Polynésie française / University of French Polynesia

PROGRAMME / AGENDA

Lundi 23 août / Monday 23 August

18h30	Cocktail de Bienvenue, Musée de la ville Welcome cocktail, Noumea city Museum

Mardi 24 août / Tuesday 24 August

8h00 - 09h00	Accueil au Centre Culturel Tjibaou Welcome at the Tjibaou cultural centre
9h00 - 10h30	Discours d'ouverture (salle Sisia) Opening speeches (Sisia room)
10h30 - 11h00	Pause / Coffee break
11h00 – 11h40	Conférence plénière / Plenary conference – Theme 4 Paul DE DECKKER, Les sciences humaines et sociales dans le Pacifique insulaire : bilan et perspectives / Human and social sciences in the Pacific Islands: stocktake and future prospects
11h40–12h20	Conférence plénière / Plenary conference – Theme 1 Louis LEGENDRE, Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes pélagiques : effets sur les ressources marines/ Biodiversity and the Functioning of Pelagic Ecosystems: effects on marine resources
12h30 - 14h30	Repas sur place / Lunch at the Tjibaou centre Communications affichées / Poster presentations
14h30 – 15h10	Conférence plénière / Plenary conference – Theme 1 Jean-Pascal TORRETON, Fonctionnement des commu nautés lagonaires planctoniques : influence des activités anthropiques / Functioning of lagoon plankton communi ties : impact of human activity
15h10 – 15h50	Conférence plénière / Plenary conference - Thème 2 Jacques BLONDEL, Pourquoi les flores et faunes insu laires sont-elles à la fois si riches, si étranges et si vulné rables / Why is that island flora and fauna are so rich and unusual and yet so vulnerable?

15h50 - 16h10	Pause / Coffee break
16h10 – 16h50	Conférence plénière / Plenary conference – Theme 3 Anny CAZENAVE, Géodynamique, océan, climat et risques naturels dans le Pacifique tropical / Geodynamics, the ocean, climate and natural risks in the tropical Pacific
16h50 – 17h30	Conférence plénière / Plenary conference – Theme 5 Jean-Claude MANUGUERRA, De la grippe au SRAS, la plasticité génétique virale est facteur d'émergence / From Flu to SARS: genetic viral plasticity as a factor of emergence
19h30	Buffet Kuendu Beach Hotel Buffet at the Kuendu Beach Hotel

Mercredi 25 août / Wednesday 25 August

8h00 - 9h40	Conférences sur les 5 thématiques (en parallèle) Conferences on the 5 topics (in parallel)

THEME 1

1.1. Caractéristiques des écosystèmes insulaires du Pacifique
The characteristics of Pacific Islands ecosystems

8h00 – 8h20	Bertrand RICHER DE FORGES, Les faunes de profon deurs de l'Indo-Pacifique : richesse spécifique et vulnéra bilité des faunes des monts sous-marins / Indo-Pacific Deep-Sea Fauna: specific richness and vulnerability of seamount fauna
8h20 – 8h40	Philippe BOUCHET, Répartition Biodiversité marine : des inventaires à la conservation des espaces naturels / Site selection for conservation of marine biodiversity: is there such a thing as a "representative" area ?
8h40 – 9h00	Bernard SALVAT, Les récifs coralliens : l'enjeu français dans le Pacifique Sud / Coral Reefs: French involvement in the South Pacific
9h00 – 9h20	Jean-Pascal TORRETON, Recherches sur les ressources vivantes dans le cadre du programme ZoNéCo 2000-2004

et perspectives / Research on living resources under the 2000–2004 Economic Zone Programme (ZoNéCo) and future prospects

1.2. Exploitation des ressources côtières de pêche et d'aquaculture
Exploiting coastal fisheries and aquaculture resources

9h20 – 9h40	Jocelyne FERRARIS, Les pêcheries récifales du Pacifique Sud : de la connaissance / Reef fisheries in the South Pacific: from knowledge to management of coral reef ecosystems
9h40 – 10h10	Pause / Break
10h10 – 10h30	Annie AUBANEL, Les actions de l'IFRECOR dans les Territoires d'outre-mer / IFRECOR Activities in French Polynesia
10h30 – 10h50	Dominique BUESTEL, La culture des huîtres perlières *Pinctada margaritifera* en Polynésie française : situation du secteur et apports de la recherche / *Pinctada margariti fera* pearl farming in French Polynesia : status of the industry and the contribution of research
10h50 – 11h10	Yves HARACHE, L'aquaculture de crevettes en Nouvelle-Calédonie : un exemple d'intégration recherche et développement / The shrimp industry in New Caledonia : an example of research integration and development
11h10 – 11h30	Ben PONIA, Développement potentiel de l'aquaculture et besoins de recherche pour la région océanienne / Potential for development of aquaculture and research needs for the Pacific region

1.3. Exploitation des ressources halieutiques hauturières
Exploiting oceanic fisheries resources

11h30 – 11h50	Patrick LEHODEY, Modélisation des effets de la variabi lité du climat des écosystèmes pélagiques et les popula tions de thons / Modelling climate variability effects on pelagic ecosystems and tuna populations

THEME 2

2.1. Connaître, gérer et valoriser la biodiversité
Knowing, managing and developping biodiversity

8h00 – 8h20 Bruno FOGLIANI, De la connaissance spécifique à l'ap proche biomoléculaire des écosystèmes terrestres insu laires du Pacifique / From specific knowledge to a bio molecular approach to Pacific island terrestrial ecosystems

8h20 – 8h40 Michel DE GARINE-WICHATITSKY, Altération de la biodiversité terrestre des îles françaises du Pacifique : effets de l'anthropisation et des invasions biologiques / Adverse impacts on terrestrial biodiversity in the French Pacific Islands: effects of human activity and biological invasions

8h40 – 9h00 Jean-Yves MEYER, Gestion de la biodiversité terrestre dans les îles françaises du Pacifique / Management of ter restrial biodiversity in the French Pacific Islands

9h00 – 9h20 Phila RAHARIVELOMANANA, Valorisation de la bio diversité terrestre des îles françaises du Pacifique : res sources et potentialités / Terrestrial biodiversity in the French Pacific Islands: resources and potential

2.2. Ressources minérales et environnement
Mineral resources and the development

9h20 – 9h40 Fabrice COLIN, Les latérites en environnement tropical, source de métaux économiques / Laterites in tropical environments as a source of marketable metals

9h40 – 10h10 Pause / Break

10h10 – 10h30 Bob GILKES, Exploitation durable et restauration des sites miniers / Sustainable exploitation and restoration of mining sites

2.3. L'eau douce en milieu insulaire
Fresh water in island settings

10h30 – 10h50 Jacques BOULEGUE, Cycle de l'eau : de l'eau de pluie au lagon / The water cycle: from rainfall to the lagoon

10h50 – 11h10 Didier LILLE, Gestion intégrée des ressources en eau douce:le cas des îles Loyauté en Nouvelle-Calédonie/ Integrated fresh water resource management: the case of the Loyalty Islands in New Caledonia

2.4. Agriculture et élevage : pour un modèle insulaire d'itinéraires techniques
Agriculture and farming – towards an island model for crop techniques

11h10 – 11h30 François MADEMBA-SY, Agriculture océanienne et environnement / Pacific Islands agriculture and the environment

11h30 – 11h50 Paino VANAI, Valorisation des déchets organiques en agriculture : exemple de la valorisation d'un compost urbain sur trois types de sols tropicaux / Organic waste reuse in agriculture: example of urban compost use in three types of tropical soil

THEME 3

3.1. Dynamique de la lithosphère et risques géologiques
Lithosphere dynamics and geological risks

8h00 – 8h20 Yves LAGABRIELLE, Le Pacifique sud-ouest : un cadre géodynamique exceptionnel pour l'étude de processus fondamentaux en sciences de la Terre / Southwest Pacific: a unique geodynamic setting for studying funda nıental processes in earth science

8h20 – 8h40 Philippe CHARVIS, Sismologie et risques sismiques / Seismology and seismic risks

8h40 – 9h00 René MAURY, Volcanisme et risques volcaniques dans les îles du Pacifique sud : exemples de la Polynésie française et de l'arc du Vanuatu/ Vulcanism and volcanic risks in South Pacific Islands: examples from French Polynesia and the Vanuatu Arc

9h00 – 9h20 François SCHINDELE, La prévention des tsunamis en Polynésie française et dans le Pacifique / Tsunami mitiga tion in French Polynesia and the Pacific

9h20 – 9h40 Jean-Marc MOMPELAT, Problématique du risque «mouvements de terrain » en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie : état des lieux et perspectives / « Land shift » problems in New Caledonia and French Polynesia: stock take and prospects

9h40 – 10h10 : Pause / Break

3.2. Océan et changements climatiques
Ocean and climate changes

10h10 – 10h30 Alexandre GANACHAUD, El Niño : 20 ans de recherche océanographique française dans l'océan Pacifique / El Niño: 20 years of French oceanographic research in the Pacific Ocean

10h30 – 10h50 Robert LE BORGNE, Cycle du Carbone dans l'océan équatorial et climat / Carbon cycle in the Equatorial Ocean and climate

10h50 – 11h10 Patrick DE DECKKER, Paléoclimatologie dans le Pacifique tropical : bilan et perspectives / Paleoclimatology in the Tropical Pacific: stocktake and future prospects

11h10 – 11h30 Bertrand TIMBAL, Impact de la variabilité inter-annuelle et intra-saisonnière sur l'activité cyclonique et les précipi tations / Impact of interannual and inter-seasonal variabi lity on cyclone activity and precipitation

11h30 – 11h50 Jullian Jr McCREARY, Sources et impacts des fluctua tions climatiques décadales dans le Pacifique sud tropical / Causes and impacts of decadal climate fluctuations in the tropical South Pacific

THEME 4

4.1. Peuplements, mouvements de population et stratégies d'implantation / Migration, population movements and settlements strategies

8h00 – 8h20 Eric CONTE, Archéologie et développement : les enjeux d'une science du passé dans des îles en devenir / Archeology and development: the stakes of a science of the past in islands under transformations

8h20 – 8h40 Christophe SAND, Peuplement de l'Océanie / Settlement of the Pacific

8h40 – 9h00 Gilbert DAVID, Colons, engagés et immigrants dans le Pacifique aux XIXeme et XXeme siècle / Settlers, sol diers and immigrants in the 19th and 20th Century Pacific

4.2. Cultures, langues, patrimoines et enjeux historiques / Cultures, languages, heritage and historical issues

9h00 – 9h20 Serge TCHERKOV, Identité et histoire / Identity and history

9h20 – 9h40 L. FOANAOTA, Recherche française aux Salomon : bilan et perspectives / French Research in the Solomon Islands: stocktake and future prospects

9h40 – 10h10 Pause / Break

10h10 – 10h30 Darell TRYON, La recherche française dans le Pacifique :
1 a linguistique / French research in the Pacific: linguistics

10h30 – 10h50 Sylvie ANDRE, Les représentations esthétiques dans la région Pacifique / Aesthetic representations in the Pacific region

4.3. Développement durable, identités et géopolitique
Sustainable development, identities and geopolitics

10h50 – 11h10 Jean-Michel LEBIGRE, La Géographie au service du développement et de l'environnement ? Bilan de 50 ans de Géographie francophone en Océanie / Geography in the service of development and environment? A review of 50 years of French-language geography in the Pacific

11h10 – 11h30 Luciano MINERBI, Intégration de la culture océanienne dans l'urbanisme et l'aménagement local / Incorporating indigenous island culture in local area planning

11h30 – 11h50 Michel NAEPELS, Identités post-coloniales en Mélanésie / Post-colonial identities in Melanesia

THEME 5

5.1. Pathologies d'intérêt particulier dans le Pacifique
Diseases of specific interest in the Pacific

8h00 – 8h20 Anna-Bella FAILLOUX, Aedes aegypti : une histoire de dengue / Aedes aegypti: a tale with a sting

8h20 – 8h40 Serge PAUILLAC, Ciguatera : état des connaissances dans le Pacifique et approche diagnostique actuelle / Ciguatera: the progress of knowledge in the Pacific and the current diagnostic approach

8h40 – 9h00 Sylvie BARNY, Asthme et allergie : données régionales issues de l'enquête ISAAC (Polynésie et Nouvelle-Calédonie) / Asthma and allergy: regional data from the ISAAC study (French Polynesia and New Caledonia)

5.2. Outils de diagnostic / Diagnostic tools

9h00 – 9h20 Fabrice MERIEN, Leptospirose : avancées diagnostiques récentes et perspectives / Leptospirosis: recent progress in diagnosis and future prospects.

5.3. Surveillance de la santé publique Public health surveillance

9h20 – 9h40 Jean-François YVON, Le Réseau Océanien de Surveillance de la Santé Publique : un outil régional contre les maladies transmissibles à potentiel épidémique / Pacific Public Health Surveillance Network: a regional facility against potentially epidemic communicable diseases

9h40 – 10h10 Pause / Break

10h10 – 10h30 Antonio GUELL, Apport des satellites à l'étude des maladies transmissibles liées aux modifications de l'envi ronnement / Satellite contributions to epidemic monitoring

10h30 – 10h50 Tony LOWER, Recherche heuristique en vue d'aider les pays océaniens à lutter contre les maladies non transmis sibles / Directed research to assist Pacific countries in controlling NCD's

5.4. Savoirs traditionnels

10h50 – 11h10 Yann BARGUIL, Existe-t-il une toxicité liée à la consommation de kava ? Questions de santé publique / Is there any toxicity linked to kava consumption? A public health issue

11h10 – 11h30 Christine SALOMON, Pathologies thyroïdiennes et représentations de la maladie en Nouvelle-Calédonie kanake / Thyroid diseases and disease representation in Kanak New Caledonia

11h30 – 11h50	Robert ANTON, Valorisation des matières premières du Pacifique Sud et des savoirs traditionnels : possibilités et contraintes d'un développement éventuel / Marketing south Pacific raw materials and traditionnal know-how: development potential and drawbacks
12h00 - 14h00	Repas sur place / Lunch at the centre Communications affichées / Poster presentations
14h00 - 15h30	Ateliers de réflexion prospective (en parallèle) Five theme-specifc workshops in parallel
15h30 - 16h00	Pause / Break
16h00 - 17h00	Ateliers de réflexion prospective (en parallèle) Five theme-specifc workshops in parallel

Soirée libre / Evening free

Jeudi 26 août / Thursday 26 August

9h30 - 10h30	Séance Plénière (salle Sisia) / Plenary conferences (Sisia room)
10h30 - 11h00	Pause / Breack
11h00 - 12h00	Séance Plénière et clôture (salle Sisia) Plenary conferences and closing speeches (Sisia room)
20h00	Dîner de clôture Closing dinner

Écosystèmes marins : biodiversité et valorisation des ressources

Communications orales

Marine ecosystems: biodiversity and resource development

Oral presentations

Biodiversité et fonctionnement des écosystème pélagiques : effets sur les ressources marines

Louis LEGENDRE

Laboratoire d'océanographie de Villefranche, UMR CNRS-UPMC 7093, Villefranche-sur-Mer Cedex, France

La diversité, l'abondance et la productivité des ressources marines dépendent de la quantité de matière organique synthétisée par les organismes photosynthétiques (production primaire) mais aussi, très largement, de la diversité et du fonctionnement des écosystèmes auxquels appartiennent les ressources. Seuls quelques types d'écosystèmes transfèrent une fraction importante de leur production primaire aux ressources. Dans les autres écosystèmes, la plus grande partie de la production primaire est reminéralisée très rapidement, ou encore une fraction importante est exportée vers les profondeurs océaniques, si bien qu'il y a peu de nourriture pour les ressources pélagiques ou benthiques. Trois des facteurs responsables des différences entre écosystèmes sont : la profondeur d'eau, le fonctionnement de l'écosystème et la nature, ainsi que la complexité du réseau trophique pélagique.

De façon générale, la profondeur d'eau influence fortement le couplage entre les milieux pélagique et benthique. Dans une colonne d'eau profonde, la matière organique est surtout consommée par des organismes pélagiques, dont les poissons. Dans une colonne d'eau de profondeur intermédiaire, la production primaire est partagée entre les organismes pélagiques et benthiques, ces derniers étant surtout dépositivores. Lorsque l'eau est peu profonde, une fraction importante de la matière organique peut atteindre le fond, où le benthos est alors dominé par des suspensivores.

L'importance du fonctionnement de l'écosystème est illustrée par le lagon de l'Atoll de Takapoto (Polynésie française), où il y a culture des huîtres perlières. Dans cet atoll, le réseau planctonique pélagique exporte une fraction significative de sa production primaire, ceci malgré la très petite taille du phytoplancton. On estime généralement qu'un peu moins de 10 % de la production primaire marine contribue, directement ou indirectement, aux ressources exploitées (pêches mondiales). Cette estimation repose sur l'hypothèse que la production primaire atteint les ressources principalement par l'intermédiaire de crustacés planctoniques (réseau trophique herbivore). Or, plusieurs régions de l'océan sont dominées par les réseaux trophiques multivore et microbien, si bien que les pêches mondiales utilisent, en fait, plus de 20 % de la production primaire marine. Cette fraction varie selon les types d'écosystèmes ; elle est très élevée sur les plateaux continentaux et dans les upwellings, où elle impose une forte contrainte sur les ressources.

Biodiversity and the functioning of pelagic ecosystems: effects on marine resources

Louis LEGENDRE

Villefranche Oceanography Laboratory, UMR CNRS-UPMC 7093, Villefranche-sur-Mer Cedex, France

Marine resource diversity, abundance and productivity depend not only on the quantity of organic matter synthesised by photosynthetic organisms (primary production) but also quite heavily on the diversity and operation of the ecosystems to which the resources belong. Only some types of ecosystem transfer a significant part of their primary production to resources. In other ecosystems, most of the primary production is very soon remineralised. Three of the factors giving rise to differences between ecosystems are: water depth, ecosystem functioning and the nature and complexity of the pelagic food web.

Generally speaking, water depth heavily influences coupling between the pelagic and benthic environments. In a deep-water column, organic matter is mainly eaten by pelagic organisms, including fish. In a middle-water column, primary production is shared by pelagic and benthic organisms, the latter being mainly deposit feeders. In shallow water, a major proportion of organic matter reaches the bottom, where the benthos is dominated by suspensivores.

The importance of ecosystem functioning is illustrated by Takapoto Atoll in French Polynesia, where pearl farming is practised. There, the pelagic plankton food web exports a significant portion of its primary production, despite the fact that the phytoplankton is very small.

It is generally estimated that a little under 10 % of marine primary production contributes directly or indirectly to exploited resources (world fisheries). This estimate is based on the assumption that primary production reaches resources chiefly through planktonic crustaceans (herbivorous food web). Several ocean regions are dominated by multivorous and microbial food webs, so much so that world fisheries in fact use 20 % of marine primary production. This percentage varies according to ecosystem type, but can be very high on continental shelves and upwellings, where it is a major drain on resources.

Fonctionnement des communautés lagonaires planctoniques : influence des activités anthropiques

Jean-Pascal TORRETON

UR103 Camélia, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Dans les états insulaires tropicaux, l'urbanisation et le développement de l'agriculture, de l'industrie et du tourisme induisent trois principaux types d'apports en milieu côtier : les nutriments, les contaminants et les particules. Si la diversité et le fonctionnement des communautés macroscopiques ont reçu jusqu'à présent une attention justifiée, le plancton, dont la structure et le fonctionnement sont moins aisément perceptibles du grand public et des décideurs, mérite également un large effort de recherche. Situées à la base des réseaux trophiques, ces communautés peuvent en effet largement conditionner les peuplements des niveaux trophiques supérieurs et les flux qui les traversent.

Ainsi, le plancton lagonaire, dominé par des organismes de très petite taille, adaptés à de très faibles concentrations en nutriments, est susceptible d'être sévèrement altéré par les apports nutritifs. Le développement d'efflorescences nuisibles et l'anoxie constituent des cas paroxystiques de ces modifications souvent plus insidieuses. L'importance et la nature de ces changements dépendent des nutriments structurants ou limitants, et leur identification constitue donc un préalable important.

D'autre part, le plancton et, en particulier, le bactérioplancton, représente la plus grosse surface vivante –et donc réactive– dans les milieux aquatiques. Ces communautés constituent donc un lieu privilégié d'entrée et parfois de transformation des contaminants dans les réseaux trophiques.

Enfin les particules qui, outre leur effet direct sur la turbidité, constituent les vecteurs de certains contaminants interagissent avec les communautés planctoniques qui interfèrent également à ce titre dans leur devenir.

Cette présentation fournira un aperçu des travaux de planctonologie effectués sur une large gamme de milieux côtiers tropicaux du Pacifique, allant des lagons peu altérés des Tuamotu jusqu'au lagon de Suva (Fidji), très affecté par les activités humaines, en passant par les zones sous influence urbaine des lagons de Tahiti et de Nouvelle-Calédonie. Ceci pour tenter de dégager des modes de fonctionnement de ces communautés planctoniques, d'en identifier les lacunes, d'évaluer les impacts des activités humaines et d'anticiper leurs conséquences potentielles sur les usages de ces milieux essentiels.

Functioning of lagoon plankton communities: impact of human activity

Jean-Pascal TORRETON

UR103 Camélia, IRD Noumea Centre, New Caledonia

In tropical island countries, urban settlement and the development of agriculture, industry and tourism lead to the introduction of three kinds of inputs, nutrients, contaminants and particles, that cause major changes to coastal environments.

While so far, the functioning and diversity of macroscopic communities have justifiably received attention, plankton communities, which structures, and processes are less easily perceived by the public and decision-makers, also deserve major research efforts. Indeed, located at the bottom of food webs, these communities can have a highly determining effect on higher trophic levels populations and the fluxes that cross them.

Indeed, lagoon plankton populations, which are dominated by very small organisms, adapted to very low nutrient concentrations, could be very severely changed by extra nutrients. The development of harmful blooms and anoxia are paroxystic events among often more insidious changes. The importance and nature of these changes will depend on structuring or limiting nutrients and identifying them is therefore an important prerequisite.

Moreover, plankton, particularly bacterioplankton, is the largest living and, hence, reactive surface in aquatic environments. Such communities therefore constitute a pathway for the transfer of contaminants into trophic networks.

Finally, in addition to their direct effect on turbidity, particles act as vectors for some contaminants and may interact with plankton communities, which thereby may influence these inputs.

The presentation will provide an overview of planktonology work conducted on a very broad range of tropical coastal environments in the Pacific ranging from the unaffected ecosystems of the Tuamotu Archipelago, through lagoons affected by urban settlement in Tahiti and New Caledonia, to the Suva Lagoon in Fiji, which has been heavily affected by human activity. It will aim at describing these plankton communities' various functioning pathways, identifying the gaps, assessing the impact of human activity and predicting its potential effects on the use made of these essential environments.

Les faunes de profondeurs de l'Indo-Pacifique : richesse spécifique et vulnérabilité des faunes des monts sous-marins

Bertrand RICHER DE FORGES, C. Chauvin

UMR Systématique, adaptation, évolution, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Au cours des 25 dernières années, plus de 80 campagnes océanographiques françaises (IRD & MNHN) ont exploré les faunes de profondeurs de l'Indo-Pacifique tropical. La grande richesse spécifique observée a été décrite grâce à la collaboration d'un réseau international de taxonomistes d'environ 200 chercheurs appartenant à 24 pays (série Tropical Deep Sea Benthos ; www.tropicaldeepseabenthos.org). Dans la zone économique exclusive de Nouvelle-Calédonie, on observe sur la ride de Norfolk un archipel de monts sous-marins qui culminent entre 250 et 700 m de profondeur.

Le contenu des très nombreux articles de taxonomie (23 volumes de plus de 500 pages) étudiant la faune de profondeur de Nouvelle-Calédonie est intégré dans une base de données. En 2004, cette base contient 2518 espèces de profondeurs supérieures à 100 m, dont 1242 soit 50 % nouvelles pour la science. L'existence de cette base de données a permis d'effectuer des comparaisons de faunes d'un mont à l'autre et de calculer des indices de similarité. Les résultats sont surprenants car, dans un milieu océanique continu et « dispersif », on se retrouve dans la même situation que dans un archipel d'îles. Chaque mont sous-marin est isolé et présente un cortège d'espèces différent de plus de moitié de ses voisins. Pour la première fois, on observe en milieu marin, le phénomène de spéciation si bien illustré par les pinsons de Darwin aux îles Galapagos. Il reste maintenant à confirmer ces observations et à quantifier les flux géniques entres les monts.

La Ride de Norfolk présente une « faune relique » : Parmi les centaines d'espèces décrites des monts sous-marins de la Ride de Norfolk, on est frappé par le nombre d'organismes archaïques dans la plupart des groupes zoologiques. Les éponges lithistides sont très proches de celles du crétacé (100 millions d'années) ; sur les 14 genres de crinoïdes pédonculés récoltés en Nouvelle-Calédonie, 8 sont de véritables « fossiles vivants » dont les espèces étaient supposées éteintes au Jurassique (140 millions d'années)…

Des études de phylogénie utilisant la biologie moléculaires sont en cours sur les crinoïdes, les brachiopodes et les mollusques.

Longévité et vulnérabilité des organismes : Les organismes benthiques ont un métabolisme très lent et ont donc des âges comparables à ceux des grands arbres de nos forêts (éponge de 440 ans, crinoïdes de 340 ans…). Par ailleurs, les squelettes de ces organismes de profondeur à grande longévité pourrait être utilisés pour reconstituer les paléoenvironnements.

1

Les biochimistes ont mis en évidence dans les organismes marins de profondeur de nombreuses molécules actives. Les groupes les plus prometteurs sont les spongiaires, les ascidies et les échinodermes. Ainsi, dans le crinoïde *Gymnocrinus*, une nouvelle famille de pigments, les gymnochromes, ont été décrits. Il s'avère que ces pigments présentent une forte activité contre les virus du groupe VIH et ceux de la dengue.

Les monts sous-marins, par nature de petites dimensions, constituent des oasis de faunes bathyales riches séparés par des zones plus profondes pauvres. Parmi la faune, concentrée sur les sommets, certaines espèces de poissons sont des cibles commerciales, qualifiés de "ressources". Toute utilisation de techniques de pêche avec des engins trainants destructeurs doit être totalement prohibée car elle détruirait, de façon durable, les espèces benthiques rares et à croissance très lente.

Pour que la zone des monts sous-marins de la Ride de Norfolk puisse devenir un véritable laboratoire marin de l'évolution, la France devrait y créer très rapidement une réserve.

Indo-Pacific deep-sea fauna: specific richness and vulnerability of seamount fauna

Bertrand RICHER DE FORGES, C. Chauvin

Systematics Adaptation and Evolution Multidisciplinary Research Unit (UMR), IRD Noumea Centre, New Caledonia

Over the last 25 years, more than 80 French oceanography campaigns (IRD & MNHN) have explored the Indo-Pacific's tropical deep-sea fauna. The substantial specific richness observed has been described in co-operation with an international network of taxonomists including some 200 researchers from 24 countries (Tropical Deep-Sea Benthos series: www.tropicaldeepsea-benthos.org). In New Caledonia's exclusive economic zone, there is a range of seamounts on the Norfolk Ridge that reaches depths of 250 to 700 m.

The contents of the large number of taxonomic articles on New Caledonia's deep-sea fauna, filling 23 500-page volumes, has been stored in a database. By 2004, the database contained 2518 species living at depths of over 100 m, 1242 of which, ie 50 %, were new to science. Fauna on several mounts was compared using the database and similarity indices were calculated. The results are surprising, as the same situation as in an island archipelago is found in a continuous and "dispersive" ocean environment. Each seamount is isolated and has a collection of species that differ by more than half from its neighbours'. The speciation so well illustrated by Darwin's finches in the Galapagos Islands has been observed for the first time in a marine environment. These observations now need to be confirmed and the gene flow between mounts quantified.

The Norfolk Ridge contains "relic fauna": Among the hundreds of species described on the Norfolk Ridge seamounts, the number of archaic organisms in most of the zoological groups is striking. The lithistid sponges are very close to those of the Cretaceous (100 million years). Out of the 14 pedunculated crinoid genera found in New Caledonia, 8 are regular "living fossils", which are supposed to have been extinct by the Jurassic (140 million years). Phylogenetic studies using molecular biology are currently underway on the crinoids, brachiopods and molluscs.

Organism longevity and vulnerability: Benthic organisms have very slow metabolisms and, therefore, lifespans comparable to our tall forest trees (sponges 440 years, crinoids 340 years, etc). The skeletons of these long-lived deep-sea organisms could be used to reconstitute paleoenvironements. Biochemists have isolated many active molecules in deep-sea organisms. The most promising groups are the spongiae, ascidians and echinoderms. In the *Gymnocrinus* crinoid, for example, a new family of pigments, known as

gymnochromes, has been described. These pigments are highly active against viruses in the HIV group and against the dengue viruses.

Being small by nature, seamounts are oases of rich bathyal fauna separated by deeper and poorer zones. Some of the fish species congregating seamount tops are targeted by commercial fisheries and classified as "resources". All fishing methods involving destructive towed gear must be totally prohibited, as they would destroy rare, slow-growing benthic species for a long time to come.

In order to make the Norfolk Ridge seamounts a marine laboratory dedicated to evolutionism, France should set up a reserve very soon indeed.

Biodiversité marine : des inventaires à la conservation des espaces naturels

Philippe BOUCHET

Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France

Conserver la richesse et la diversité des écosystèmes marins : cet objectif entre fréquemment en conflit avec d'autres utilisations de l'espace, que ce soit pour le développement urbain, industriel ou aquacole, ou même les utilisations récréatives. Dans cette compétition avec les autres activités socio-économiques, le choix des sites à protéger est crucial. Or, du fait même de l'extrême richesse en espèces des écosystèmes tropicaux, les inventaires et le suivi prennent pour cible quelques groupes « indicateurs », dont on fait l'hypothèse qu'ils sont « représentatifs » de la faune et de la flore marines en général. Poissons, coraux, phanérogames et palétuviers sont les indicateurs les plus fréquemment employés.

Trois sites de Nouvelle-Calédonie et des Iles Loyauté, couvrant chacun 50 à 300 km^2 avec une mosaïque d'habitats, ont fait l'objet d'un échantillonnage sans précédent, ayant mobilisé 1500 journées-personnes. Chacun des trois sites héberge 2 800 à 3 000 espèces de mollusques marins, avec des courbes cumulatives suggérant la présence de 3 200 à 4 000 espèces par site. De tels chiffres sont très largement supérieurs à tout ce qui a pu être recensé n'importe où ailleurs dans le monde. La plupart des espèces sont petites et rares, une caractéristique qui est partagée avec les faunes d'insectes des forêts tropicales. Cette étude montre une extrême hétérogénéité des sites à toutes les échelles spatiales : seules 22 % des espèces sont présentes sur les trois sites à la fois. En termes de conservation des espaces naturels, cela veut dire que, même à l'échelle régionale, un site de 30 000 hectares ne peut pas être considéré comme « représentatif ».
Le choix des sites à protéger doit concilier contraintes sociales, politiques, économiques. La découverte que la notion de « site représentatif » n'est pas fondée scientifiquement ajoute une contrainte supplémentaire dont les conséquences n'intéressent pas que les scientifiques.

Site selection for conservation of marine biodiversity: is there such a thing as a «representative» area ?

Philippe BOUCHET

National Museum of Natural History, Paris, France

The maintenance of complex, species-rich, marine ecosystems is often conflicting with development, recreation, seafood production, and other forms of coastal utilization. With Marine Protected Areas competing for space with other economic / social activities, the issue of site selection has become critical to a global strategy of conservation of marine biodiversity. Because species richness in tropical ecosystems is daunting, inventories and monitoring focus on a few «indicator» species that are used as proxys for marine fauna and flora in general. Species of fishes, corals, seagrass, and mangroves are the more frequently used proxys.

In a massive collecting effort involving 1500 day-persons, we surveyed three sites in New Caledonia and the Loyalty Islands, SW Pacific, each covering 50-300 km^2 of a mosaic of coastal habitats. All three sites reveal a common pattern of species richness and fauna composition: 2,800-3,000 species of molluscs per site were actually observed, and extrapolations from the cumulation curve indicate a range of 3,200-4,000 species potentially present at each site. This is several times the highest numbers recorded in the literature anywhere in the world, which reflects the inaccuracy of any other survey of small benthic invertebrates. In common with insects in the canopy of tropical rainforests, most species were found to be rare and small. Habitat heterogeneity was found to be high at all spatial scales, with only 22 % of the total species shared by all three sites. In terms of conservation, the consequence is that at regional level even a 30,000 hectare site cannot be considered «representative».

Site selection for conservation is admittedly at the crossroads of social, political and economical constraints. The finding that there is no such thing as a «representative area» adds an embarassingly heavy scientific constraint to the challenge of integrated coastal management.

Les récifs coralliens : l'enjeu français dans le Pacifique sud

Bernard SALVAT

EPHE, Université de Perpignan, Perpignan, France

Les populations du Pacifique austral tropical seront tributaires de leur milieu naturel dans plusieurs décennies à venir sinon toujours, comme elles l'ont été depuis leur colonisation par l'homme sur 4000 ans d'ouest en est, vers la Mélanésie et la Polynésie. Dans la majorité des pays et territoires, l'écosystème corallien récifal est un élément original et prépondérant. Il a imprégné culturellement et socialement les sociétés. Il pourvoit à l'essentiel des ressources alimentaires comme il fut, au cours des deux derniers siècles, à la base de l'exploitation coloniale puis des ressources économiques des pays. Un regard sur le passé montre toute l'intimité des populations avec le milieu corallien et ses ressources. Que peut-on prédire à cet égard pour le siècle à venir ?

Une comparaison des pays et territoires est établie au plan des milieux naturels, des populations, de leur économie, de leur développement et de leur liaison avec le reste du monde. C'est dans ce contexte régional et international que se joue l'enjeu des collectivités françaises outre-mer du Pacifique quant à la gestion des récifs coralliens (utilisation de l'espace et exploitation des ressources). Les atouts et les points faibles de cet enjeu culturel et politique sont relevés. Ils constituent les éléments de départ pour le siècle à venir d'une probable intégration, sinon une très forte coopération, de tous ces pays et territoires. Intégration ou coopération renforcée (une Europe de l'Océanie) tout aussi indispensable qu'inéluctable si les populations et les responsables veulent la préservation du milieu corallien et de ses ressources, sous leur autorité et pour la région.

Coral Reefs: French involvement in the South Pacific

Bernard SALVAT

EPHE, University of Perpignan, Perpignan, France

The people of the tropical Southern Pacific will be dependant on their natural environment for decades to come, if not forever, just as they have always been since man first settled these islands 4000 years ago, moving eastwards from Melanesia to Polynesia. In most countries and territories, the coral reef ecosystem is an original and dominant feature. It runs through the cultural and social fabric of Pacific islands and provides most of their resources. It has also been central to colonial enterprise and, subsequently, the countries' economic resources. A glance at the past shows just how closely linked the people's lives have been to the coral environment. What can be said about the coming century?

A comparison between countries and territories has been carried out from the point of view of natural environment, population, economy, development and the link with the rest of the world. It is in this regional and international context that organisations in the French Pacific territories have become involved in coral reef management. The strengths and weaknesses of this cultural and political approach will be discussed. They are the starting point for the probable integration of or, at least, very close co-operation between all these countries and territories in the coming century. This integration or strengthened co-operation (a Europe of the Pacific) is as necessary as it is inevitable, if the people and leaders wish to keep the coral environment and its resources under their control and preserve them for the region.

Recherches sur les ressources vivantes dans le cadre du programme ZoNéCo 2000-2004 et perspectives

Jean-Pascal TORRETON (1), R. Farman (2)

(1) UR103 Camélia, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Direction des Ressources Naturelles, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

En 1991 la Nouvelle-Calédonie se dote du programme ZoNéCo. Les partenaires principaux en sont l'État, les trois Provinces, l'Ifremer et l'ORSTOM. Le cahier des charges, écrit par une cinquantaine de chercheurs et de décideurs, sert de base aux premières actions conduites. Comité de Pilotage (définissant les orientations) et Groupe de Projet (élaborant les actions) conduisent le programme, au moyen d'accords cadres signés par l'ensemble des partenaires où figurent les grandes lignes du programme. Les actions du programme sont régies par des conventions particulières liant les institutions en charge de leur réalisation. Le travail réalisé a permis l'acquisition d'une masse considérable de données, en terme de connaissances scientifiques fondamentales et d'évaluation de ressources économiques potentielles minérales (hydrocarbures) et vivantes, tant pélagiques que démersales.
Pour les années 2000 à 2004, le programme ZoNéCo fait l'objet d'une contractualisation entre l'État et les Collectivités locales, signée le 18 mai 2001 dans le cadre des contrats d'opérations inter-collectivités.
Depuis octobre 2002, le programme est conduit par un Comité de pilotage représenté par l'Assemblée Générale Elargie de l'ADECAL et un Groupe de projet, co-animé par le Directeur Général de l'ADECAL et le coordinateur scientifique, et comprenant les responsables de trois cellules (ressources minérales, ressources vivantes, bathymétrie et environnement) et de la SGVL. Cette Structure de Gestion et de Valorisation Locale collecte l'information existante comme celle issue du programme, archive les données, les traite pour certaines actions et enfin diffuse l'information générée par le programme.
L'extension des activités au domaine lagonaire depuis 1999 est devenue une priorité depuis le schéma directeur 2000-04. Dans le domaine des ressources vivantes, d'une logique de prospection et d'évaluation des ressources, les objectifs du programme ont évolué vers les problématiques de gestion, tout du moins d'aide à la décision en matière de gestion, l'objectif étant d'optimiser le développement économique basé sur l'utilisation durable des ressources vivantes marines de la Nouvelle-Calédonie.
Cette présentation fournira un aperçu des travaux réalisés dans le domaine des ressources vivantes et de leur environnement, ainsi qu'un exposé des perspectives de poursuite de ces activités.

Research on living resources under the 2000 – 2004 Economic Zone Programme (ZoNéCo) and future prospects

Jean-Pascal TORRETON (1), R. Farman (2)

(1) UR103 Camélia, IRD Noumea Centre, New Caledonia
(2) Department of Natural Resources, Noumea, New Caledonia

In 1991, New Caledonia embarked on the Economic Zone Programme (ZoNéCo). The main partners were the French Government, the three Provinces, Ifremer and ORSTOM. The specifications, written by some fifty scientists and decision-makers, were used as a basis for the first few exercises. The Steering Committee, which defines policy, and the Project Group, which formulates operation plans, manage the programme on the basis of agreements signed by all the partners providing for the programme's broad outline. The programme's initiatives are governed by specific agreements with the institutions responsible for implementing them.

Research under the programme has led to a considerable amount of data in terms of basic scientific knowledge and potential economic resource assessment, whether of mineral (hydrocarbon) or living resources, both pelagic and demersal.

For 2000 to 2004, the ZoNéCo Programme was run under a contractual arrangement between the French Government and the local authorities formalised on 18 May 2001 with operations contracts between local bodies.

Since October 2002, the programme has been managed by a Steering Committee made up of the expanded AGM of ADECAL (New Caledonian Economic Development Agency) and a Project Group, under the co-leadership of the Director-General of ADECAL and the Scientific Co-ordinator, which includes the heads of three units (mineral resources, living resources, bathymetry and environment) and SGVL (local management and development agency). The latter gathers existing information plus data produced by the programme, collates them, processes them for some initiatives and disseminates the programme-generated information.

Extending activities to the lagoon, an exercise commenced in 1999, has become a priority under the 2000-04 master plan. With regard to living resources, the programme's objectives have moved on from a prospecting and resource-evaluation approach to management issues or, at least to management decision-making support, with the aim of optimising economic development based on the sustainable use of New Caledonia's living marine resources.

The presentation will provide an overview of work conducted on living resources and their environment as well as a summary of future prospects.

Les pêcheries récifales du Pacifique Sud : de la connaissance à la gestion des écosystèmes coralliens

Jocelyne FERRARIS (1), R. Galzin (2), M. Kulbicki (3)

(1) UR128 – IRD, EPHE/Université de Perpignan, France
(2) UMR8046 – EPHE, Université de Perpignan, France
(3) UR128, IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les ressources marines des écosystèmes coralliens du Pacifique Sud font l'objet d'une inquiétude croissante de par leur importance pour la sécurité alimentaire et l'économie des populations insulaires et l'augmentation de multiples perturbations anthropiques dues au développement démographique. Ces ressources qui présentent une biodiversité exceptionnelle du point de vue génétique, populationnelle et écosystémique, font l'objet d'exploitations variées à caractère commercial, de subsistance ou récréatif. Les connaissances biologiques et écologiques des écosystèmes coralliens et la difficulté d'obtenir des statistiques fiables sur ces pêcheries dispersées renforcent l'idée d'une approche écosystémique des pêcheries insulaires du Pacifique Sud. L'identification des facteurs environnementaux et humains qui régulent aux échelles locales et globales les communautés exploitées et leurs habitats coralliens permettent de proposer des outils et des méthodes favorisant une gestion durable de ces écosystèmes. Les recherches actuelles menées à partir de la Nouvelle-Calédonie et de la Polynésie française en écologie-halieutique visent à développer des indicateurs de mesure et de suivi de l'état des écosystèmes coralliens et de leurs ressources et à mettre en œuvre des techniques de gestion et d'aménagement des écosystèmes basées sur la capture de larves et de juvéniles de poissons. Ces recherches pluridisciplinaires sont illustrées à partir de résultats obtenus sur différents systèmes insulaires contrastés dans la région du Pacifique Sud.

Reef fisheries in the South Pacific: from knowledge to management of coral reef ecosystems

Jocelyne FERRARIS (1), R. Galzin (2), M. Kulbicki (3)

(1) UR128 – IRD, EPHE/University of Perpignan, France, (2) UMR8046 – EPHE, Université de Perpignan, France, (3) UR128, Noumea IRD Centre, New Calédonia

Marine resources from coral reef ecosystems in the South Pacific are a source of increasing concern due to their importance for food security and the economy of local populations and the increase of multiple human perturbations linked to demography. These resources, which present an exceptional diversity at the genetic, population and ecological levels, are submitted to commercial, subsistence and recreational exploitation. Current knowledge on the biology and ecology of coral reef ecosystems and the difficulty to acquire reliable statistics for these spatially dispersed fisheries are in favor of an ecosystem-based management of the South Pacific reef fisheries. The identification and analysis of the environmental and human factors which rule at various spatial scales these exploited communities and their habitat, allow the development of tools and methods in favor of a sustainable use of these ecosystems. Research currently undertaken in New Caledonia and French Polynesia in ecology and fisheries aim at developing indicators to measure and monitor the status of these reef ecosystems and their resources. They also aim at integrating techniques such as the use of juveniles and larvae in the management of these fisheries. These pluri-disciplinary approaches are illustrated by results obtained from various island systems across the South Pacific.

Les actions de l'IFRECOR en Polynésie française

Annie AUBANEL (1), C. Monier (2)

(1) Service de l'Urbanisme, Papeete, Polynésie française
(2) Service de la pêche, Papeete, Polynésie française

L'initiative française pour les récifs coralliens (IFRECOR) est présente dans les trois océans et sept collectivités d'outre-mer (Guadeloupe, La réunion, Martinique, Mayotte, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française et Wallis et Futuna). Les actions menées ont été définies dans un plan d'action national adopté à Bora-Bora en 2000 et qui doit s'achever en 2005. Elles s'articulent autour de six grands axes qui sont :

- planifier pour prévenir ;
- réduire les effets négatifs dus aux activités humaines ;
- connaître et comprendre pour gérer ;
- informer, former et éduquer, pour modifier les comportements ;
- développer les moyens d'action et ;
- développer les échanges.

L'IFRECOR polynésien coordonne trois actions devant fédérer les différentes collectivités et qui se rapportent à l'information et l'éducation (action n° 4), le développement d'un tourisme durable et la restauration des récifs dégradés (action n° 2). De plus, il participe à l'initiative régionale impulsée par l'Agence française pour le développement (AFD). Dans le cadre de cette initiative, il propose la promotion des plans de gestion de l'espace maritime (PGEM) dans les autres collectivités du Pacifique dont Wallis et Futuna, mais également dans des pays insulaires de la zone. De plus l'IFRECOR polynésien participe au réseau de surveillance « Polynésie Mana ».
L'IFRECOR polynésien privilégie la collaboration avec les associations de protection de l'environnement qu'elles soient locales (Proscience, Nature Eveil Bora-Bora, etc.) ou nationales (CEMEA, centre d'entraînement aux méthodes d'éducation actives ; JCE, jeune chambre économique). En effet, la vulgarisation des données scientifiques à différents niveaux et l'intégration des sciences humaines aux projets de gestion paraissent indispensables à toute action ayant pour ambition un développement durable.

IFRECOR activities in French Polynesia

Annie AUBANEL (1), C. Monier (2)

(1) Service de l'Urbanisme (Town planning Department), Papeete, Polynésie française
(2) Service de la pêche (Fisheries Department), Papeete, Polynésie française

The French coral reef initiative (IFRECOR) is active in all three oceans and seven French overseas communities, ie French Polynesia, Guadeloupe, Martinique, Mayotte, New Caledonia, Reunion Island, Wallis and Futuna. Its activities were defined in the national action plan adopted in 2000 at Bora Bora and are scheduled for completion in 2005. They are based on six key issues, ie:

1) Prevention Planning,
2) Reducing the Negative Impacts of Human Activity,
3) Knowledge and Understanding for Management,
4) Information, Training and Awareness for Behaviour Change,
5) Implementation Resource Development and
6) Exchange Development.

IFRECOR French Polynesia co-ordinates three areas in which the various French overseas communities are required to work together. These relate to information and awareness (issue 4), sustainable tourism development and damaged reef restoration (issue 2). It also takes part in a regional initiative driven by the French Development Agency (AFD). As part of this initiative, it encourages the promotion of sea use management plans in the other French overseas communities, including Wallis and Futuna, as well as the area's other island nations. IFRECOR also contributes to the "Polynesia Mana" surveillance network.
IFRECOR emphasises co-operation with environmental protection associations at the local (Proscience, Nature Eveil Bora-Bora etc.) and national (CEMEA, ie active education training centre, and JCE or youth economic chamber) levels. Scientific awareness at various levels as well as integrating human sciences into management projects would appear essential to any activity that aims at fostering sustainable development.

La culture des huîtres perlières *Pinctada margaritifera* en Polynésie française : situation du secteur et apports de la recherche

Dominique BUESTEL (1) et S. Langy (2)

(1) Ifremer, COP, Tahiti, Polynésie française
(2) Service de la Perliculture, Département R&D, Tahiti, Polynésie française

Après une phase pionnière de 1970 à 1985, la perliculture en Polynésie française a subi, en l'absence de régulation, un développement exponentiel de la production jusqu'en 2000. Plus de 1000 fermes exportaient alors 11 tonnes de perles brutes pour une valeur de 20 milliards de Francs Pacifique (200 millions d'Euros). Cette croissance trop rapide, associée à une baisse de la qualité des perles et le manque de structuration du secteur, ont provoqué une forte diminution du prix de vente des perles. Pour remédier à cette situation, le gouvernement de la Polynésie française a créé, dès 2001, le ministère de la perliculture et un service administratif pour réglementer la profession.

Des mortalités massives apparues en 1985 ont justifié le lancement du Programme Général de Recherche sur la Nacre (PGRN) de 1990 à 1999. La recherche s'est focalisée sur la pathologie, la physiologie, la biologie et sur la compréhension du fonctionnement de l'écosystème lagonaire abritant la perliculture. Le constat de crise actuel, notable sur le plan économique, plus diffus sur le plan biologique, met en évidence la nécessité d'une recherche appliquée, définie avec les professionnels, selon les axes suivants :

1) Renforcement de la rentabilité des exploitations par l'amélioration des performances à la greffe, de la qualité des perles, des pratiques d'élevage et par le contrôle de la reproduction en écloserie pour sélectionner des animaux d'élevage performants ;

2) Pérennisation de la perliculture par l'optimisation du captage du naissain en milieu naturel et la maîtrise de la production en écloserie ;

3) Sécurisation de la perliculture par une vigilance sanitaire et environnementale et par la conservation de la variabilité génétique des populations d'huîtres.

Pinctada margaritifera Pearl Farming in French Polynesia: status of the industry and the contribution of research

Dominique BUESTEL (1) and S. Langy (2)

(1) Ifremer, COP, Tahiti, French Polynesia
(2) Pearl Farming Department, R&D Section, Tahiti, French Polynesia

After a pioneering phase from 1970 to 1985, the unregulated French Polynesian pearl farming industry experienced exponential production increases up until 2000. More than 1000 farms exported 11 tonnes of raw pearls to a value of 20 billion French Pacific francs (200 million Euro). This excessively rapid growth, combined with a reduction in pearl quality, led to a sharp decline in the sale price. In order to deal with the situation, the French Polynesian Government set up the Ministry of Pearl Farming in 2001 with a department to regulate the industry.

High death rates in 1985 led to the General Pearl-Shell Research Programme (PGRN). Research focussed on the pathology, physiology, biology and functioning of the lagoon ecosystem, where pearl farming is conducted. The current crisis, which is significant in economic terms, but less so in biological terms, has underlined the need for applied research defined in conjunction with the farmers in the following areas:

1) Increased farm cost-effectiveness by improving grafting performance, pearl quality, farming methods and hatchery breeding control with a view to selecting oysters with higher yields.

2) Preserving pearl farming by optimising spat capture in the natural environment and production control in the hatchery.

3) Safer pearl farming by way of health and environmental vigilance and by preserving genetic variability within oyster populations.

L'aquaculture de crevettes en Nouvelle-Calédonie : un exemple d'intégration recherche et développement

Yves HARACHE

Ifremer, Laboratoire Aquacole de Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

L'élevage de crevettes en Nouvelle-Calédonie, qui repose sur l'espèce *Litopenaeus stylirostris*, connaît actuellement un essor important. Les différents acteurs de la filière (producteurs organisés en Groupement des Fermes Aquacoles, transformateurs, développeurs, scientifiques) œuvrent de concert, dans leurs domaines de compétences respectifs pour lui permettre de se développer durablement, en visant un produit de qualité élevé dans le respect de l'environnement.

Mais comme la plupart des filières aquacoles, l'élevage de crevettes en Nouvelle-Calédonie n'échappe pas à des crises saisonnières : des mortalités observées dans certains élevages en hiver (Syndrome 93) ou en été (Syndrome d'été) perturbent sensiblement le fonctionnement de la filière. Si le rôle de la température de l'eau et de ses fluctuations semble *a priori* prépondérant, les interactions entre facteurs environnementaux, état physiologique de l'animal et *vibrio* pathogènes doivent être étudiées pour comprendre l'enchaînement qui conduit à amoindrir la résistance des animaux et finalement à la mortalité d'une partie de la population. C'est pourquoi, l'Ifremer a développé un programme pluri-annuel et multi-disciplinaire comparable à ceux mis en œuvre dans d'autres filières pour croiser les résultats de différents spécialités : zootechnie, écologie, nutrition, physiologie, immunologie, pathologie et génétique. Des observations précises des conditions accompagnant la dynamique des mortalités *in situ* sont réalisées et complétées par des expérimentations visant à tester les hypothèses émises à partir des résultats de ces suivis. Parallèlement des solutions de « sortie de crise » sont recherchées : amélioration de pratiques zootechniques, satisfaction des besoins nutritionnels spécifiques résultant de conditions d'environnement particulières, étude de la base génétique de la résistance aux pathogènes.

On espère ainsi mieux expliquer les deux syndromes « 93 » et « d'été » et trouver des solutions de gestion des crises, ce qui contribuera à la pérennité et au développement de la filière crevette, composante maintenant importante de l'économie de la Nouvelle-Calédonie.

The shrimp industry in New Caledonia: an example of research integration and development

Yves HARACHE

Ifremer, Laboratoire Aquacole de Calédonie, Noumea, New Caledonia

The shrimp industry of New Caledonia, which is based on *Litopenaeus stylirostris*, is developing fast. The actors of this industry (producers, processors, developers and researchers) are working together in their respective sectors to enable this industry to develop on a sustainable way by producing a high quality product in the respect of the environment.

As most aquaculture industries, shrimp aquaculture in New Caledonia do not escape to critical seasonal periods: mortalities observed in several farms either during the cold season (Syndrome 93) or in summer (Summer syndrome) disturb the industry. If the role of seawater temperature fluctuations seems preponderant, the interactions between environmental parameters, physiological status of the reared animal, and pathogenic *vibrios* have to be studied to understand better the mechanisms affecting the resistance of the animals and the subsequent mortalities affecting a part of the population. This is why Ifremer has developed a pluri-annual multi-disciplinary programme similar to those dedicated to others aquaculture industries in order to cross the information of several disciplines: rearing technology, pond ecology, nutrition, physiology, immunology, pathology and genetics. The environmental conditions prevailing in the ponds during a production cycle are precisely observed in parallel with the dynamics of mortalities. Then, different hypotheses raised by this observation series are tested experimentally. In the mean time, solutions able to improve the biological results during these critical rearing phases will be looked for: influence of rearing practices, specific seasonal nutritional requirements, genetic base for resistance to pathogens.

A better understanding of the syndromes and solutions for managing the crises are expected, which will contribute to the sustainability of the shrimp farming activity, already important for the economy of New Caledonia.

Développement potentiel de l'aquaculture et besoins de recherche pour la région océanienne

Ben PONIA

Programme des Pêches, Secrétariat Général de la Communauté du Pacifique (CPS), Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Depuis le début des années 50, l'aquaculture a traversé, dans le Pacifique, diverses étapes de développement pour arriver aujourd'hui à une certaine maturité, celle d'une filière adaptée à certains paramètres socio-économiques et environnementaux qui lui sont propres. La plus grosse part des revenus générés proviennent de l'élevage intensif des huîtres perlières (à l'origine des perles noires) et des crevettes de mer. Par contre, c'est l'élevage extensif, dans un contexte rural, d'espèces telles que l'algue *Kappaphycus* ou la crevrette d'eau douce qui sera source de gains économiques et de sécurité alimentaire pour la majorité des Océaniens.

À l'heure actuelle, la recherche et le développement aquacoles sont pris en main, dans le cadre de ses installations et de ses programmes, par le secteur public. Les autorités des pays océaniens ont consenti un investissement relativement important en faveur de l'aquaculture, leurs efforts étant appuyés par un réseau régional et international de divers organismes, qui va en s'étoffant. Dans beaucoup de pays, la difficulté permanente est d'arriver à un juste équilibre entre toutes les exigences fondamentales du développement, à savoir les travaux de recherche, les activités de vulgarisation, la commercialisation et le renforcement des capacités institutionnelles. Cette communication présente un large tour d'horizon du développement dans la région et des domaines de recherche prioritaires.

Potential for development of aquaculture and research needs for the Pacific region

Ben PONIA

Fischeries Department, Secretariat of the Pacific Community (SPC), Noumea, New Caledonia

Since the early 1950's aquaculture development in the Pacific has undergone various phases of maturing, emerging in its present form today as a sector that is tailored towards its own unique socio-economic and environmental features. Much of the revenue generated is concentrated in intensive farming of black pearls and marine prawns. On the other hand, it is rural and extensive type farming of species such as *Kappaphycus* seaweed and freshwater shrimp where a large proportion of the Pacific population stand to benefit from economic gain and food security.

Currently aquaculture research and development is mostly in the domain of government facilities and programs. Pacific island governments have made a relatively significant investment in aquaculture, an effort supported by a growing network of regional and international organisations. In many of these countries an ongoing challenge is to strike an appropriate balance amongst fundamental development needs including research, extension, marketing and institutional strengthening. This paper will provide a broad overview of development features of the region and priority areas for research.

Modélisation des effets de la variabilité du climat sur les écosystèmes pélagiques et les populations de thons

Patrick LEHODEY

Programme des Pêches Hauturières, Secrétariat Général de la Communauté du Pacifique (CPS), Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Afin d'étudier les mécanismes par lesquels la variabilité climatique affecte l'écosystème pélagique et les populations de thons, un modèle spatial a été développé. C'est un modèle d'écosystème à l'échelle de l'Océan Pacifique couplant les interactions physiques et biologiques avec les dynamiques de plusieurs espèces de thons, structurées en âge et leurs multiples pêcheries. Plusieurs populations de proies (fourrage) sont décrites et contraignent, avec les variables physiques, la dynamique spatiale des populations de thons. Les données en entrées sont la température, les courants, la concentration en oxygène et la production primaire, et sont prédites par un modèle couplé physique-biogéochimique. Les simulations reproduisent à la fois les fluctuations inter-annuelles et décadales prédites indépendamment par un modèle statistique utilisant un très grand nombre de données de pêches. Le signal inter-annuel présente une corrélation avec l'Oscillation Décadale du Pacifique, créant deux régimes différents caractérisés par une plus grande fréquence et intensité de phénomènes El Niño ou La Niña respectivement. Il est intéressant de noter que les impacts des signaux climatiques apparaissent opposés selon les espèces. Par exemple, un évènement El Niño semble avoir une influence positive sur le recrutement de la bonite, mais négative sur le germon. L'intérêt de cette approche ainsi que les applications et développements futurs sont discutés.

Modelling climate variability effects on pelagic ecosystems and tuna populations

Patrick LEHODEY

Oceanic Fisheries Programme, Secretariat of the Pacific Community (SPC), Noumea, New Caledonia

A spatial model has been developed to study the mechanisms by which climate variability affects the pelagic ecosystem and tuna populations. It is a Pacific-Ocean scale ecosystem model coupling physical and biological interactions with the age-structured dynamics of several tuna species and their various fisheries. Several prey (or forage) populations are described, which, along with physical variables, restrict the tuna populations' spatial dynamics. The input data are temperature, currents, oxygen concentration and primary production, all of which are predicted using a coupled physical / biogeochemical model. Simulations reproduce both interannual and decadal fluctuations predicted independently by a statistical model using very large amounts of fisheries data. The interannual signal shows a correlation with the Pacific Decadal Oscillation creating two different regimes characterised by greater frequency and intensity in the El Niño and La Niña phenomena respectively. Interestingly enough, climate signals appear to have opposite effects depending on the species. An El Niño event, for example, seems to have a positive impact on skipjack recruitment, but a negative influence on albacore. The advantages of this approach and future applications and development are discussed.

Écosystèmes marins : biodiversité et valorisation des ressources

Communications affichées

Marine ecosystems: biodiversity and resource development

Poster presentations

Deux espèces jumelles de Béryx

Philippe BORSA (1), G. Hoarau (2)

(1) IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Royal University of Groningen, Pays-Bas

Le béryx ou alfonsino, *Beryx splendens*, est une des espèces de profondeur ciblées par la pêche industrielle. Il peut en être pêché annuellement plusieurs centaines de tonnes en Nouvelle-Calédonie sans compromettre le renouvellement de la ressource. Selon des ichthyologues japonais, qui se basent sur les observations des pêcheurs, une autre espèce de béryx, le « béryx mou » (*Beryx mollis*) est présente au large des côtes nippones. Cependant, aucun caractère externe évident ne permet de distinguer ce dernier de l'alfonsino et en l'absence de données supplémentaires, *B. mollis* est généralement considéré comme synonyme de *B. splendens*. Les échantillons de béryx capturés lors de ces campagnes de pêche scientifique de l'IRD en Nouvelle-Calédonie ont été analysés à l'aide de marqueurs génétiques (ADN). Les séquences d'ADN, une fois analysées sous l'angle de la phylogénie, montrent que l'embranchement menant à *Beryx splendens* comporte deux branches distinctes, dont on peut estimer la divergence à plusieurs millions d'années. Les marqueurs génétiques montrent aussi qu'aucune hybridation n'a lieu entre ces deux formes de béryx. Les études génétiques montrent ainsi qu'en Nouvelle-Calédonie le nom « béryx » ou « alfonsino » recouvre en fait deux formes qui ne se reproduisent pas entre elles, c'est-à-dire deux espèces biologiques distinctes. Des spécimens de ces deux espèces ont été identifiés comme étant *Beryx splendens* et *Beryx mollis*, confirmant l'intuition des pêcheurs et des chercheurs Japonais. L'existence de *Beryx mollis* a ainsi pu être validée par des méthodes génétiques. La présence de cette espèce dans les eaux calédoniennes étend sa distribution connue bien au delà des eaux nippones et suggère qu'elle occupe probablement une grande partie de l'ensemble Indo-Pacifique.

Quantitative approaches to define coral reef fish indicators at three ecosystem levels in a Pacific atoll (Uvea, New Caledonia)

Yves-Marie BOZEC (1) Jocelyne Ferraris (2), Michel Kulbicki (2), Didier Gascuel (3)

(1) UR-CoRéUs IRD / Département Halieutique ENSAR, 65 rue de St-Brieuc, CS 84215, 35042 RENNES cedex. bozec@roazhon.inra.fr
(2) UR-CoRéUs Institut de Recherche pour le Développement
(3) Département Halieutique ENSAR

Uvea (New Caledonia) is a large South Pacific atoll, characterised by a low but increasing fishing pressure. In the early 90's, the atoll was extensively studied, providing a large amount of data on most of the lagoonal and reef communities and their environment. Such data provide an excellent basis to establish a reference state of habitat structure, fish community structure, and ecosystem properties. We present here fish indicators derived from quantitative approaches at three levels: population, community, ecosystem. Butterflyfish (Chaetodontidae) species-habitat relationships were investigated in order to produce indicators of the complexity and heterogeneity of the fish habitat structure. Trophic levels were used as community-based indicator describing the trophic structure of fish assemblages. Finally, an Ecopath model was built in order to characterise the food web and the trophic functioning of the whole ecosystem. The sensitivity of the proposed indicators is shown from the comparison of areas with contrasting live coral cover and fishing pressure. Even if those indicators have to be validated, they provide a reference state which will be useful for monitoring purposes.

Using trophic spectra to identify habitat-related trophic signatures of coral reef fish assemblages

Yves-Marie BOZEC (1), M. Kulbicki (2), E. Chassot (3), A. Colomb (4), M. Laurans (3) and D. Gascuel (3)

(1) Institut de Recherche pour le Développement, UR-CoRéUs / Ensar, Département Halieutique, UPR Mesh, Rennes, France
(2) Centre IRD de Nouméa, UR-CoRéUs, New Caledonia.
(3) Ensar, Département Halieutique, UPR Mesh
(4) Institut de Recherche pour le Développement, UR-SIH / Ensar, Département Halieutique, UPR Mesh
Corresponding author: bozec@roazhon.inra.fr

By re-expressing species abundance in trophic level abundance, trophic spectra may assist in the characterization of the trophic structure of coral reef fish assemblages. In the present study, we searched to identify the abundance trophic spectra (ATS) that are specific to fish assemblages of the main coral reef habitats found in one of the world's largest lagoon: the Southwest lagoon of New Caledonia. In a first step, non-integrated values of trophic levels were assigned to more than 600 fish species sampled by underwater visual census on about 150 reef sampling stations. Then, mean ATS (plots of mean fish abundance along trophic levels) were built for various sets of sampling stations according to habitat classification. A confidence interval was determined by bootstrap for each mean ATS in order to justify their comparison. We observed marked differences between the fringing reefs, middle reefs and barrier, through the relative contribution of some trophic levels to the whole fish trophic structure. These habitat-related patterns were consistent over different locations in the South-west lagoon, except for some restricted areas more strongly influenced by human activities. If such a consistency can be established in other areas, trophic spectra could provide a baseline to monitor trends in the coral reef environment, as well as for local and regional comparisons in an ecological perspective. Hence, our results provide a starting point for further investigations, in order to raise generalisations on the trophic signature of reef fish assemblages related to contrasted environmental conditions.

Among-population variability in dietary estimates of trophic levels: a case study of carnivorous coral reef fishes in New Caledonia

Emmanuel CHASSOT (1), Y.-M. Bozec (2), M. Kulbicki (3), D. Gascuel (1)

(1) ENSAR, UPR Mesh, Département Halieutique, Rennes, France
(2) Institut de Recherche pour le Développement, UR-CoRéUs / ENSAR, UPR Mesh, Département Halieutique
(3) Centre IRD de Nouméa, UR-CoRéUs, New Caledonia
Corresponding author: chassot@roazhon.inra.fr

There is a growing interest in using fractional trophic levels as indicators of fish community structure in aquatic ecosystems, especially to investigate the effects of fishing at different spatial and temporal scales. Studies often assign to fish species a trophic level value based on dietary information which only represents a snapshot of the gut content in a given region and for a given time. Very often, we know little about the variability that gut contents may display at the population level, but we are satisfied with these dietary estimates that provide a trophic level value considered as a «mean» for a species. The variability in dietary estimates of trophic level was investigated for coral reef fish populations. We used dietary data of carnivorous fish from New Caledonia collected at different years in various lagoonal areas. A fractional trophic level was calculated for more than 5,000 individuals, according to the relative contribution of prey items in its diet. Using GLM procedures, we investigate the influence of taxonomic position, body length, location, and year on individual trophic levels for about 30 species. We show a significant cross effect of taxonomic position and length, which allows us to determine a length / trophic level relationship by species. High variability is highlighted for some species according to individual lengths. We analyse more precisely inter-individual variability for species with more than 150 available gut contents. For some species we show a significant effect of year or sampling location, affecting the length / trophic level relationship.

Le SIG « Océane » : outil de gestion de la biodiversité marine en Nouvelle-Calédonie

Céline CHAUVIN

UMR 7138 Systématique, Adaptation, Evolution, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Depuis les années soixante-dix, la biodiversité marine est étudiée en réalisant en zone littorale et en zone profonde des inventaires. Un réseau international participe à l'étude taxonomique des organismes marins. Afin de valoriser ces informations sur la biodiversité marine du Pacifique sud-ouest, le SIG « Océane » intègre et gère l'ensemble des données issues de 82 campagnes océanographiques. Il répond à l'ensemble des questions portant sur la taxonomie des espèces, leurs localisations et la bibliographie. À l'échelle des lagons de la Nouvelle-Calédonie, le système intègre également des données de sédimentologie et de courant nécessaires à l'étude des écosystèmes. Il permet de cartographier la répartition des espèces à l'échelle du Pacifique grâce à divers supports géographiques : photos satellites, cartes thématiques des récifs coralliens et cartes bathymétriques issues du programme ZoNéCo. Cet outil permet des études sur la biogéographie et le suivi des différents milieux. Cet outil est parfaitement adapté à la gestion des littoraux en Nouvelle-Calédonie. Il demeure ouvert à l'intégration de données d'autres provenances (observation en plongée, données anthropiques...) et pourrait fédérer l'ensemble des données utiles à l'étude de la biodiversité.

Capture and culture of pre-settlement coral reef fish

Cathy HAIR

Department of Primary Industries and Fisheries, Northern Fisheries Centre, Cairns, Queensland, Australia
Corresponding author: cathy.hair@dpi.qld.gov.au

Between 1999 and 2003, the WorldFish Center in Solomon Islands conducted research into the feasibility of a new artisanal fishery based on the capture and culture of pre-settlement (or post-larval) coral reef fish for the live fish trades. Harvest at settlement could form the basis of a sustainable fishery because of the high mortalities associated with the transition from a pelagic to a benthic lifestyle.

Over a period of two years, light traps and crest nets were used to sample pre-settlers in the vicinity of Gizo, Solomon Islands. Light trap catches were dominated by *Apogonidae* and *Pomacentridae*. Crest net catches were more diverse and dominated by *Labridae, Gobiidae, Apogonidae* and eel larvae. Few live reef food fish were recorded but a range of high and low value marine aquarium species were recorded. Crest nets caught more high-value ornamentals, including cleaner shrimp and lobster. Crest nets were selected as the best harvest method for the proposed fishery because they were reliable, simple and cost effective. In order to improve survival at capture, a rigid, water-retaining cod-end was developed. Drilled coconut logs were used as artificial settlement habitat to collect lobster pueruli.

Low technology methods were used to rear the juveniles to a marketable size. Teleosts were grown-out in sea-pens and lobster in cages. Cleaner shrimp were raised separately in black jars to prevent aggression and to protect the shrimp from sunlight.

An economic model using experimental catch data indicates that an artisanal fishery based on shrimp, supplemented with small numbers of lobster and fish, would be profitable. The next phase of the project is technology transfer in Solomon Islands and other Pacific Island countries. The extension will be carried out with Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) funding as part of a recently initiated project "Sustainable aquaculture development in the Pacific and northern Australia". The lead organisation is Department of Primary Industries and Fisheries in Queensland (DPI&F) with their partnership with the Secretariat of the Pacific Community (SPC) and the WorldFish Centeracting as conduits to Pacific Island countries (PICs).

Parasites des poissons marins tropicaux

Jean-Lou JUSTINE

Équipe Biogéographie Marine Tropicale, UMR Systématique, Adaptation, Évolution (CNRS, UPMC, MNHN, IRD), Nouméa, Nouvelle-Calédonie
Contact: justine@noumea.ird.nc

La faune marine de la Nouvelle-Calédonie a été étudiée de manière approfondie, mais les parasites des poissons ont jusqu'ici été omis dans ces travaux. La biodiversité des parasites est pourtant immense et supérieure à celle des hôtes. On estime ainsi que le nombre d'espèces de Monogènes (parasites des branchies) dans un écosystème donné est de trois fois le nombre d'espèces de poissons. Pour les 1500 espèces de poissons de Nouvelle-Calédonie, le nombre d'espèces de Monogènes doit avoisiner 4500, dont moins d'une dizaine ont été signalées dans la littérature. Si on ajoute les Crustacés Copépodes (parasites de branchies ou autres organes), les Crustacés Isopodes et les vers intestinaux (Nématodes, Cestodes, Digènes), on peut estimer à plusieurs milliers le nombre d'espèces d'invertébrés parasites: ces espèces jouent un rôle important dans les écosystèmes, par les pathologies qu'elles provoquent et peuvent limiter les populations de leurs hôtes.

Les travaux sur les parasites de poissons de la Nouvelle-Calédonie s'inscrivent dans une recherche générale de biogéographie dans l'ensemble de l'Indo-Pacifique, avec des comparaisons de faunes parasitaires sur des poissons coralliens sélectionnés pour leur vaste répartition géographique.

Le poster présente une sélection de résultats nouveaux obtenus pour les parasites de quelques poissons marins de la Nouvelle-Calédonie. Dans certains cas, la recherche sur les parasites est « en avance » sur la recherche sur les hôtes, car des espèces nouvelles de parasites sont décrites de poissons qui n'ont pas encore été nommés, par exemple *Pentapodus sp.*

Effectiveness of a range of ecosystemic indicators to test the effects of fishing on highly diverse coral reef fish communities: case study in New Caledonia

Michel KULBICKI (1), M. Amand (1) and Y.-M. Bozec (2)

(1) IRD Noumea Centre, New Caledonia
(2) IRD / Ensar, UPR Mesh, Département Halieutique, Rennes, France
Corresponding author: amand@noumea.ird.nc

Three families of indicators are tested for their effectiveness to detect changes due to fishing on the barrier reef of the south-west lagoon of New Caledonia. The first family of indicators is based on the fact that fishing will change the trophic structure of fish assemblages as piscivore and carnivore species are the prime target of fishermen. The second family of indicators takes into account the fact that fishermen tend to catch first the largest species. The last set of indicators uses the life-history strategies of fish species as those with short lives and high reproductive potential tend to be less affected than long living, late reproducing species. Data from the barrier reef of the south-west lagoon of New Caledonia are used to test the evolution of these indicators with varying fishing levels. Observations were made during five years before the implementation of a marine protected area (MPA), during the existence of this MPA then after its opening to fishing. The indicators are tested on species richness, density, biomass and average weight. A preliminary analysis suggests that the best results should be found with size indicators, then trophic ones, life-history indicators being the least discriminant. Species richness should be the least sensitive parameter to changes due to fishing. Average and biomass should present similar scores, with biomass giving better results than average weight for trophic indicators, whilst average weight would be better for size indicators. Density should give intermediate results for all three indicator types. In this preliminary analysis all indicator types yield results which match theory as well as counter-intuitive results. The life-history indicators are those that have the most counter-intuitive results and size indicators the least. Average weight is the parameter yielding the most counter-intuitive results, density and species richness having also a number of unexpected results. Biomass is the most consistent parameter with theoritical expectations.

Bi-variate relationships as potential indicators of changes due to fishing in coral reef ecosystems

Michel KULBICKI (1), Y.-M. Bozec (2), J. Ferraris (3), L. Vigliola (4) and L. Wantiez (5)

(1) IRD Noumea Centre, CoRéUs Unit, New Caledonia
(2) IRD / Ensar, UPR Mesh, Département Halieutique, Rennes, France
(3) IRD c/o UMR 8046 EPHE-CNRS-Université de Perpignan, Perpignan, France
(4) SPC, Noumea, New Caledonia
(5) University of New Caledonia, LERVERM, Noumea, New Caledonia
Corresponding author: kulbicki@noumea.ird.nc

Two types of bivariate relationships with different theoretical implications are investigated: species richness-biomass and size-abundance. Biomass usually tends to increase with species richness in highly diversified fish assemblages such as on reefs. This relationship should be sensitive to fishing as an increase in fishing level is known to depress both species richness and biomass. Size-abundance relationships are based on the principle that fishing will diminish the abundance of larger fish faster than for smaller ones. These bivariate relationships will change according to a number of factors, in particular regional factors and local factors. Amongst regional factors one may cite bio-geographical region, island size and distance to the bio-geographical center of biodiversity. Reef fisheries are probably the most important local factor with pollution. In these presentations we will investigate the effects of region as a large scale factor and of fishing level as a local scale factor. Five regions are tested along an east-west axis: French Polynesia, Wallis, Tonga, Fiji and New Caledonia and fishing level is divided into three levels: low, medium and high. Each region will be divided into up to four sub-regions. Only fish assemblages of barrier reefs will be considered, species being grouped according to different levels: 1- commercial versus non commercial; 2- trophic levels; 3- size range (for the species richness-biomass relationship only). The interpretation of the variations of these bivariate relationships according to region, fishing level and species grouping may assist in better using these relationships as potential indicators of fishing level.

Stable isotopes indicate spatial variations in ultimate food sources of reef fish communities in New Caledonia

Michel KULBICKI (1), N. Polunin (2), K. Balciauskas, N. Thomas

(1) IRD Noumea Centre, CoRéUs Unit, Noumea, New Caledonia
(2) University of New Castle, Great Britain

The New Caledonia reef fish community varies greatly in structure between inshore and barrier reefs. The environment differs greatly in turbidity, and primary and benthic production, the level of heterotrophy of the benthos increasing near shore. The trophic structure of reef fish assemblages varies along this gradient, but within trophic categories we did not know if there were major differences in the pathways of carbon and nitrogen. To investigate the spatial variations in ultimate food source types we sampled: (a) along a coast-barrier reef transect (3 reef locations over 20 km) and (b) within two bays (3 locations in each, top, middle and mouth, 3-5 km scale). Using $^{13}C/^{12}C$ and $^{15}N/^{14}N$ stable isotope data we investigated carnivores, herbivores and plankton feeders, relative to plankton and algal source materials. Plankton and plankton feeders were similar in $\delta^{13}C$ across all stations, whereas in algae, herbivores and carnivores, $\delta^{13}C$ increased significantly from the barrier to inshore and from the mouth to the top of the bays. All fish trophic categories increased in $\delta^{15}N$ from the barrier to the top of the bays, carnivores having the highest values and herbivores the lowest $\delta^{15}N$. Plots of $\delta^{15}N$ vs $\delta^{13}C$ indicated that reef fish within bays had very different ultimate food sources than fish outside; plankton appeared to be more important in bays than in the open lagoon, and within the lagoon it was more important nearshore than on the barrier reef.

Relationships between local diversity, biomass and density according to regional and local factors for Pacific Ocean reef fishes

Michel KULBICKI (1), S. Andréfouët (1), P. Chabanet (1), E. Clua, J. Ferraris (2), R. Galzin (5), A. Green, M. Kronen, P. Labrosse, G. Mou Tham (1), S. Sauni, L. Vigliola (4), L. Wantiez (3)

(1) IRD Noumea Centre, CoRéUs Unit, Noumea, New Caledonia
(2) IRD c/o UMR 8046 EPHE-CNRS-Université de Perpignan, Perpignan, France
(3) LERVEM, University of New Caledonia
(4) SPC, Noumea, New Caledonia
(5) CRIOBE, Papetoai, Moorea, French Polynesia

In the Pacific Ocean, the density or biomass of reef fish on a given reef are correlated to the diversity observed on that reef. We investigated the variations in this relationship according to both regional and local factors. Regional factors that were tested in our analysis were the distance to the biodiversity center, the size of the islands, the size of the reefs, island type and latitude. We chose two local factors: reef geomorphologic type and fishing level. Local diversity was defined as the average number of species observed during under water visual censuses along 50-meter transects. More than 2000 transects from New Caledonia (3 islands), Fiji (3 islands), Tonga (3 islands), Samoa (5 islands), Wallis (1 island) and French Polynesia (11 islands) were analyzed. Data on fishing effort was obtained indirectly using fish consumption, reef area and population density. The relationships between fish density (or biomass) and local diversity were analyzed for all species lumped together or grouped into major families (Serranidae, Acanthuridae, Scaridae, Pomacentridae, Chaetodontidae), diet categories or size class. The slope in these relationships varied little with regional factors but was strongly influenced by local factors. In particular fishing had a more significant effect on piscivores, carnivores and large species than on herbivores, plankton feeders and small fish. A first analysis on the types of fish targeted by these fisheries suggested that these statistical relationships might be used in developing indicators of fishing activity.

New insights on the role of regional factors in the geographical distribution of reef fish diversity across the Pacific Ocean

Michel KULBICKI (1), S. Andréfouët (1), E. Clua, R. Galzin, A. Green, P. Labrosse, G. Mou Tham (1), S. Sauni, L. Vigliola (2), L. Wantiez (3)

(1) IRD Noumea Centre, CoRéUs Unit, Noumea, New Caledonia
(2) SPC, Noumea, New Caledonia
(3) LERVEM, University of New Caledonia

The diversity of reef fish follows strong gradients in the Pacific. The data from 50 localities are used to investigate the relationship between reef fish diversity and regional factors such as distance to the biodiversity centre, island size, island type and size of available reefs. These data were compiled from checklists and the most recent revisions of families and genera yielding a total of over 5300 taxa of shore fishes amongst which nearly 3000 can be associated to reefs to some degree. Island and reef parameters were derived from remote sensing data collection and processed in a homogeneous fashion for each reef formations of the Pacific Ocean. Preliminary investigations indicate that strong gradients of fish sizes and diets are explained by these regional factors, which however play a different role according to the family or genus. In particular, we show that the relative importance (percentage of the total local diversity) of families or genera is not necessarily constant across the Pacific as suggested by previous studies. A preliminary investigation on the geographical distribution of fish sizes and diets indicate that there are strong gradients related to these regional factors.

Interactions between regional and local factors in determining the local diversity of reef fishes in the Pacific

Michel KULBICKI (1), S. Andréfouët (1), P. Chabanet (1), E. Clua, J. Ferraris (2), R. Galzin (5), A. Green, M. Kronen, P. Labrosse, G. Mou Tham (1), S. Sauni, L. Vigliola (4), L. Wantiez (3)

(1) IRD Noumea Centre, CoRéUs Unit, Noumea, New Caledonia
(2) IRD c/o UMR 8046 EPHE-CNRS-Université de Perpignan, Perpignan, France
(3) LERVEM, University of New Caledonia
(4) SPC, Noumea, New Caledonia
(5) CRIOBE, Papetoai, Moorea, French Polynesia

There is a strong relationship linking local diversity to regional diversity in the Pacific Ocean. This relationship depends on both regional and local factors. Amongst regional factors we have investigated the distance to the biodiversity centre, the latitude, the size of the islands and of their reefs and the island type. We have selected two local factors: reef geomorphologic type and fishing level. Regional diversity was extracted from a data base on the shore fishes of the Pacific containing 5300 taxa from 50 different localities. Local diversity was defined as the average number of species observed during under water visual censuses along 50 m transects. More than 2000 transects from New Caledonia (3 islands), Fiji (3 islands), Tonga (3 islands), Samoa (5 islands), Wallis (1 island) and French Polynesia (11 islands) were analyzed. Data on fishing effort was obtained indirectly using fish consumption, reef area and population density. The analyses show that regional factors play a major role in setting the level of local diversity. However, reef type and fishing level are also significant, their role being usually less important than regional factors. Although commercial species were the most sensitive to fishing, we found that non commercial species could also be affected by fishing beyond a certain level of effort.

1

Lagons et récifs de la Nouvelle-Calédonie

Pierre LABOUTE (1) et B. Richer de Forges (2)

(1) Éditions Catherine Ledru, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Pierre Laboute et Bertrand Richer de Forges, s'appuyant sur leur longue expérience du domaine marin de l'Indo-Pacifique au sein de l'IRD, présentent 1600 espèces au fil de 520 pages et 2200 photos *in situ*, illustrant l'ensemble de l'extraordinaire biodiversité des lagons et récifs tropicaux à travers ceux de la Nouvelle-Calédonie : des algues et palétuviers aux éponges, anémones, méduses, planctons, gorgones, coraux, étoiles de mer, coquillages, nudibranches, nautiles, crevettes, langoustes, crabes, comatules, oursins, serpents et tortues, dugong, jusqu'aux baleines et dauphins...
Le sommaire guide le lecteur en suivant une classification standard : chaque espèce est illustrée par une ou plusieurs photographies. La légende comporte le nom scientifique, le nom commun, des descriptions anatomiques et de comportement, des anecdotes d'auteurs et des détails inédits. Un chapitre sur les comportements les plus étranges est illustré par d'étonnantes photos glanées au hasard de milliers d'heures de plongée.
Cet ouvrage de vulgarisation, unique et d'un bon niveau scientifique, s'adresse au large public de tous les âges et à toute personne sensible à la beauté et à la sauvegarde des écosystèmes coralliens grâce à la qualité des photos et à la simplicité des textes. Un livre de référence pour l'Indo-Pacifique.

Livre de 520 pages, relié, cousu, dos carré, format 32 x 30 cm, 1600 espèces, 2200 photos, cartes, index. Numéro ISBN : 2-9505784-7-0

Évaluer l'impact des réserves marines sur le peuplement ichtyologique : approche holistique basée sur des modèles statistiques et mise en place d'indicateurs écologiques

Dominique PELLETIER (1), M. Amand (1), J. Ferraris (2)

(1) Ifremer, Centre de Nantes, Laboratoire de Mathématiques Appliquées à l'Exploitation des Ressources Halieutiques et Aquacoles (MAERHA), Nantes, France

(2) Centre IRD de Nouméa, Unité de Recherche CoRéUs, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les réserves marines sont de plus en plus considérées comme des mesures de gestion alternative, permettant à la fois une gestion durable des ressources exploitées et la conservation des écosystèmes. Cependant, bien que beaucoup d'études évaluent l'impact des réserves marines sur la communauté de poissons, peu ont une vue éco-systémique et proposent des indicateurs écologiques de l'effet des réserves sur l'ensemble du peuplement.

Nous proposons dans nos travaux une approche statistique basée sur des modèles inférentiels et des régressions Partial Least Squares (PLS) pour tester l'impact de la réserve sur l'ensemble de la communauté de poissons en tenant compte de la variabilité des habitats. L'impact de la réserve est testé sur des métriques qui sont calculées à partir de données expérimentales collectées via un protocole BACI. Les métriques sont le croisement de variables couramment observées en comptage visuel (comme la densité, la biomasse, la taille moyenne et la richesse des poissons) et de critères qui servent à regrouper les espèces tels que la taxonomie, le comportement alimentaire, la mobilité, une classe de taille adulte et une classe démographique. Des modèles sont ajustés d'une part pour chaque métrique et d'autre part pour chaque critère, l'ensemble des métriques associées étant alors analysé dans un même modèle. Les modèles nous permettent de mettre en évidence que l'habitat est un facteur déterminant dans l'explication des variations spatiales. Les résultats permettent de sélectionner les métriques les plus appropriées pour évaluer l'effet d'une mise en réserve sur une communauté de poissons. Les métriques les plus pertinentes constituent donc des indicateurs potentiels pour évaluer et gérer l'impact de la mise en place d'une réserve.

Comparison of techniques based on outline analyses and geometric morphometrics for identifying tropical anchovies from the shape of their otoliths

Dominique PONTON

IRD Noumea Centre, New Caledonia

2D shape of fish otoliths is known to be species specific but for morphologically similar tropical anchovies of the genus *Encrasicholina* and *Stolephorus*, identification to the species level will highly depend on the discriminant power of the technique used.

Shape of sagittal otoliths extracted from adults of *Encrasicholina devisi, E. heteroloba, E.* cf *punctifer* and *Stolephorus indicus* caught in the lagoon of New Caledonia was determined with three techniques: elliptic Fourier shape analysis that works directly with the raw xy-coordinates, Fast Fourier Transform that operates on the tangent angle as a function of arc-length connecting the coordinates, and geometric morphometrics based on the Cartesian coordinates of a set of 13 landmarks (4 homologous and 9 semi-landmarks). Between-groups principal components analyses was performed instead of discriminant analysis as the later requires that the number of cases in the smallest group notably exceed the number of predictor variables.

Ratio of between-class inertia to total inertia was the lowest when using elliptic Fourier analysis and the highest when using geometric morphometrics. These ratios significantly increased when measures of otolith size were combined.

It is concluded that: 1) both shape and size of otoliths have to be considered for identifying tropical anchovies; 2) geometric morphometrics not only performs better for discriminating species but it also allows global and local otoliths structure characterization.

Estimation de la longévité chez les organismes de profondeur

Bertrand RICHER DE FORGES (1), T. Corrège (2), M. Paterne (3)

(1) UMR 7138 Systématique, Adaptation, Evolution, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) UR 055 Paléoenvironnements Tropicaux et Variabilité climatique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(3) LSCE (Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement), Domaine du CNRS, Gif sur Yvette, France

Parmi les organismes vivants en profondeur (200-2000 m) dans des conditions hydroclimatiques caractérisées par l'obscurité, une basse température et de faibles ressources nutritives, certains fabriquent des squelettes sur lesquels il est possible de mesurer l'âge.
Les premières datations au ^{14}C sur l'axe des crinoïdes pédonculés de l'espèce *Gymnocrinus richeri* donnent un âge de 340 ans. La datation à la base et au sommet d'une branche fossile de gorgone profonde (Isididae) donne une différence de 300 ans sur une cinquantaine de cm. Par ailleurs, les comptages de stries de croissances sur une coupe de spicule siliceux du genre *Monoraphis* ont donnée une estimation de 440 ans. Les mesures de croissances réalisées sur les éponges calcaires du groupe des Sphinctozoaires ont montré une croissance de 11 mm/siècle !
Ces résultats préliminaires montrent que la longévité de cette faune de profondeur est très grande (comparable à celle des vieux arbres), mais que leurs taux de croissance sont en général très faible. Ces écosystèmes sont donc extrêmement vulnérables aux engins de pêches trainant sur le fond. Il faut donc prohiber ces techniques destructrices et prendre des mesures conservatoires pour les monts sous-marins où cette faune particulièrement riche est concentrée. Outre leur intérêt biologique et écologique, ces organismes présentent toutes les caractéristiques nécessaires qui pourraient faire d'eux des archives climatiques au même titre que les coraux dans les eaux de surface.

Comparaison d'algorithmes de classification pour la cartographie d'habitats des récifs coralliens des îles du Pacifique Sud

Patrick CAPOLSINI (1), B. Stoll (1), S. Andréfouët (2)

(1) Laboratoire Terre-Océan, Université de la Polynésie française, Tahiti
(2) UR CoRéUS, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Au cours de la dernière décennie, plusieurs études comparatives des performances respectives de capteurs satellitaires et aéroportés (SPOT-XS, SPOT-HRV, SPOT-Pan, Landsat TM, Landsat ETM +, Ikonos, CASI, MASTER, photo aérienne) ont été menées pour la cartographie d'habitats en milieu corallien dans les Caraïbes et, plus récemment, dans le Pacifique Sud. Ces études visaient à comparer les performances de capteurs présentant des résolutions spatiales et spectrales très différentes. L'algorithme de classification dit du « maximum de vraisemblance » a, quasi systématiquement, été employé. Néanmoins, les résultats des classifications semblent très différents en fonction de l'algorithme utilisé avec des différences allant jusqu'à 20 % sur des mesures de performance telles que le « Overall accuracy » ou le coefficient « Tau ». Profitant d'un jeu de données exceptionnel ainsi que d'une précédente expérience de comparaison inter-capteurs, la présente étude vise à comparer différents algorithmes de classification et à discuter de leurs avantages respectifs. Nous utilisons d'anciennes images SPOT-HRV ainsi que des images satellitaires (Landsat 7/ETM +, ASTER et Ikonos) ou aéroportées (MASTER : MODIS-ASTER) plus récentes. Nous nous intéressons à une zone récifale de l'île de Tahiti et nous étendons nos résultats à l'île de Moorea. Différents niveaux de complexité d'habitats sont définis afin de cartographier des zones complexes incluant lagon, chenal, récif barrière et récif frangeant. Quatre algorithmes de classification (maximum de vraisemblance, distance de Mahanalobis, parallélépipède et minimum de distance) sont utilisés pour cartographier nos zones d'étude selon six niveaux de complexité d'habitat. Nous présentons et discutons les résultats obtenus pour l'ensemble des capteurs et les différents niveaux de complexité.

Recrutement et maintien des populations de coraux scléractiniaires autour de Moorea, Polynésie française : relations entre les recrues, les juvéniles et les adultes

Lucie PENIN et M. Adjeroud

École Pratique des Hautes Études, Laboratoire de Biologie Marine et Malacologie, UMR 8046 CNRS, Université de Perpignan, France et Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement, Papetoai, Moorea, Polynésie française

Les relations entre trois stades du cycle de vie des coraux scléractiniaires ont été examinées à Moorea (Polynésie française), dans le but d'améliorer la compréhension des mécanismes de maintien des populations et des processus de recrutement. L'abondance et la composition des recrues (coraux de moins de 3 mois), des juvéniles (1 à 5 cm de diamètre, coraux entre 1 et 3 ans environ) et des adultes ont été déterminées en 9 stations disposées en 3 sites (Haapiti, Tiahura et Vaipahu) et 3 profondeurs (6 m, 12 m, et 20 m), en pente externe océanique.

De fortes variations d'abondance ont été observées entre les différents sites et les différentes profondeurs, chez les recrues, les juvéniles et les adultes. A l'échelle de la station (~ 100 m^2), aucune corrélation n'a été mise en évidence entre l'abondance des recrues et des juvéniles, ni entre celle des recrues et des adultes (tous taxons confondus). A l'inverse, l'abondance des juvéniles est positivement et significativement corrélée à celle des adultes, à l'exception des genres *Pocillopora* et *Porites*. De plus, les peuplements juvénile et adulte montrent de fortes homologies en termes d'importance relative des différents genres, tandis que le peuplement de recrues diffère fortement. Cependant, à l'échelle du site (1000 m^2), les relations liant les peuplements de recrues, de juvéniles et d'adultes semblent plus marquées.

Ces résultats laissent penser qu'à l'échelle de la station d'étude, les événements post-fixation précoces seraient le facteur influençant majoritairement les variations d'abondance et de composition des peuplement de coraux autour de Moorea, tandis qu'à plus grande échelle, les processus de limitation par le recrutement pourraient jouer un rôle plus important.

Par ailleurs, les disparités observées entre les différentes familles étudiées révèlent l'importance des traits d'histoire de vie dans les processus de recrutement et de maintien des populations de scléractiniaires à Moorea.

Hétérogénéité spatiale des composants biogéochimiques à l'interface eau-sédiment dans un écosystème corallien d'île haute (Moorea, Polynésie française) : relation avec les communautés benthiques

M. SCHRIMM (1), M. Adjeroud (1), R. Buscail (2)

(1) Centre de Biologie et d'Écologie Tropicale et Méditerranéenne, École Pratique des Hautes Études, UMR CNRS 8046, Université de Perpignan, France et Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement, Papetoai, Moorea, Polynésie française

(2) Centre de Formation et de Recherche sur l'Environnement Marin (CEFREM), UMR CNRS 5110, Université de Perpignan, France

Les principaux types de sédiments rencontrés autour de l'île de Moorea ont été identifiés et caractérisés d'un point de vue biogéochimique, de manière à étudier la variabilité spatiale de cette composition en rapport avec la distribution des communautés benthiques. Au total, 35 stations ont été échantillonnées dans 4 grands secteurs, choisis tout autour de l'île. Dans chacun des secteurs, l'interface sédimentaire a été prélevée sur les différentes unités géomorphologiques. Plusieurs descripteurs ont été utilisés pour caractériser précisément les divers types de sédiments : le carbone inorganique (IC), le carbone organique (OC), l'azote (N), le rapport C/N, le carbone organique hydrolysable (HOC), les acides aminés totaux (AA) et les hydrates de carbone totaux (CH). La composition biogéochimique des sédiments présente une forte hétérogénéité spatiale à l'échelle de l'île. Les analyses statistiques multivariées (ACP et méthode de groupement hiérarchique) met en évidence 4 principaux types de sédiments, dont la répartition ne correspond pas exactement à celle des unités géomorphologiques du système récifal. Le 1er type correspond aux fonds de baies et est nettement marqué par une influence terrigène, qui se caractérise par un déficit en carbonates et, à l'inverse, par un enrichissement en composés organiques (OC, N, AA, CH) très dégradés. Deux autres types de sédiments sont clairement influencés par le système récifal : ils sont fortement carbonatés (IC ≈11 % ; soit environ 90 % de carbonates) avec une très faible concentration en composés organiques, alors que les teneurs en HOC restent élevées. Ces sédiments typiquement coralliens se distinguent aussi par leurs concentrations en N et leur rapport C/N. Le 4e type de sédiments est caractéristique d'une transition entre influence récifale et influence terrigène. Par ailleurs, un gradient biogéochimique a été observé dans les baies, du fond (côté terre) vers le large, ce qui est en adéquation avec le gradient écologique observé pour les communautés benthiques. Cette étude démontre l'efficacité de descripteurs biogéochimiques plus précis tels le HOC, les AA et CH totaux qui peuvent être utilisés pour caractériser différents types de sédiments de l'écosystème récifal, aux côtés des descripteurs plus classiques (IC, OC et N). Ils sont particulièrement fiables pour les études de variabilité spatiale et pourraient même servir d'indicateurs de l'état de santé du récif.

La *Photo tractée*, une nouvelle technique pour l'évaluation de l'état de santé des récifs à grande échelle spatiale

Yannick CHANCERELLE, R. Galzin

Criobe, Papetoai, Moorea, Polynésie française

Le concept de *Photo tractée* a été developpé sur les pentes externes récifales de l'île de Moorea (Polynésie française) afin d'évaluer l'état de santé des récifs coralliens sur de larges échelles spatiales. Cette technique a permis de collecter des données plus rapidement et plus précisément que ce qui était fait auparavant avec les méthodes de relevés visuels classiques. Elle reprend les principes de base de la méthode du Manta Tow en combinant une planche de relevés et un appareil photographique tractés par un bateau. À intervalles de temps réguliers (30 s à 2 mn) et à profondeur constante, un plongeur opérateur faisant corps avec le dispositif tracté, déclenche les prises de vues sur la trajectoire choisie. Des appareils complémentaires (lasers de visée, profondimètre et chronomètre), permettent au plongeur d'évaluer sa position dans la colonne d'eau ainsi que les intervalles entre les prises de vue. Le bateau est équipé d'un GPS et d'appareils permettant de mesurer vitesse et profondeur. À chaque intervalle de temps choisi, le pilote réduit la vitesse pour avertir le plongeur opérateur et lui permettre de prendre une photo. Après la réalisation des prises de vues, celles-ci sont analysées au laboratoire pour en extraire les données de recouvrement en corail vivant. Sur les pentes externes de Moorea, cette technique a permis de mettre en évidence des différences quantitatives entre les peuplements coralliens vivant le long des pentes externes avec des recouvrements croissants depuis les côtes exposées au sud vers celles exposées au nord. Les données ont été intégrées dans un programme SIG pour élaborer une carte représentative de l'état des peuplements coralliens sur la totalité des pentes externes de Moorea. La technique de *Photo tractée* peut être adaptée à d'autres études d'évaluation à large échelle du stress des récifs coralliens (blanchissement, infestation par l'étoile de mer épineuse *A. Planci*) ou le comptage d'organismes benthiques distincts. Elle requiert cependant des conditions de bonne visibilité pour la photographie et une configuration favorable du fond pour le passage d'un bateau hors-bord.

Zonation des communautés coralliennes dans l'archipel des Ryukyus au sud du Japon : importance du gradient côte-large et du type d'habitat

Mehdi ADJEROUD

Ecole Pratique des Hautes Etudes, Laboratoire de Biologie Marine et Malacologie, UMR 8046 CNRS, Université de Perpignan & Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement, Papetoai, Moorea, Polynésie française

Les communautés coralliennes présentent souvent une forte hétérogénéité spatiale, mais les facteurs qui en sont responsables restent largement méconnus. Cette étude tente d'examiner la structure spatiale des assemblages coralliens dans l'Archipel des Ryukyus (sud du Japon), région qui ne compte, à ce jour, que peu de travaux sur le sujet. Au total, 21 stations ont été disposées sur les principaux habitats récifaux de 3 îles différentes de cet archipel : Aka, Ishigaki et Sesoko. Sur chaque île, 7 stations ont été établies sur le récif frangeant (4 sur le platier récifal ; 3 sur la pente externe, à 5, 10 et 15 m de profondeur), selon une radiale perpendiculaire au rivage.

Bien qu'il s'agisse de récifs de petite taille, la richesse spécifique totale en coraux dans les 3 îles est élevée (147 espèces). La variabilité spatiale entre les stations est également très marquée, en ce qui concerne la richesse spécifique, l'abondance moyenne des espèces et les indices de diversité (Shannon, Pielou). Pour chacune des 3 îles, l'analyse canonique des correspondances met en évidence une différence significative entre les assemblages du platier récifal et ceux de la pente externe, à la fois en terme de composition spécifique (19,1 % des espèces sont inféodées au platier, ≈ 52,8 % sont inféodées à la pente externe, et ≈ 28,1 % sont ubiquistes), et en terme de richesse spécifique, d'abondance et d'indices de diversité. Par ailleurs, un gradient marqué est observé sur le récif frangeant avec, de la côte vers le large, une augmentation de la richesse spécifique et de l'abondance. Les valeurs de richesse spécifique, d'abondance et d'indices de diversité les plus élevées sont rencontrées sur la pente externe, à 5 ou 10 m de profondeur. Pour ces variables, la variabilité inter-îles, pour un même habitat, est beaucoup moins prononcée. Ces résultats sont comparés à ceux obtenus sur d'autres récifs du Pacifique central, où la composition spécifique, la diversité, la géomorphologie et l'historique des évènements perturbateurs est différente.

Suivi du blanchissement corallien de 2002 à l'échelle insulaire : Moorea, Polynésie française

Yannick CHANCERELLE (1), P. Sébastien (2), D. Lequeux (2) et B. Salvat (1)

(1) Ecole Pratique des Hautes Etudes, UMR CNRS 8046, Université de Perpignan, Perpignan, France & CRIOBE-EPHE, Moorea, Polynésie française
(2) Service de l'Urbanisme, Papeete, Polynésie française

Depuis 1991, le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE) de Moorea a mis en place des programmes de suivi permettant la surveillance annuelle de stations fixes, comprises entre quelques dizaines et quelques centaines de mètres carrés (méthode des transects et couloirs). Ces suivis sont réalisés sur le secteur nord-ouest de l'île de Moorea (Tiahura), ainsi que sur les pentes externes de 13 îles hautes et atolls de Polynésie française. Ces données sont précises, mais elles sont réalisées sur une surface limitée qui demande à être étendue par une autre méthode, afin d'étudier les perturbations à l'échelle d'un écosystème récifal insulaire. Une nouvelle méthode appelée « Photo Tow » a été expérimentée tout autour de l'île de Moorea, dont la forme est triangulaire : au-delà du récif barrière et parallèlement à celui-ci, le long de l'isobathe 9 mètres sur la pente externe, des photos recouvrant 19 m^2 sont prises tous les 300 mètres, tout autour de Moorea, excepté face aux 13 passes. Chaque photo est analysée avec un projecteur photo, en travaillant à partir de l'observation de 20 points, dans le but de déterminer le pourcentage de recouvrement corallien total ainsi que le pourcentage de blanchissement. Toutes les données ont été incorporées dans un GIS avec les références GPS de chaque point. Les données de 280 photos, regroupées par lot de 10, indiquent la variabilité du recouvrement corallien et du phénomène de blanchissement qui s'est produit d'avril à mai 2002. Les pourcentages de recouvrement coralliens varient de 20 à 56 % avec une moyenne de 40 % (le plus important sur la côte Nord – le moins important sur la côte Est et Ouest, avec un gradient augmentant du nord au sud pour le premier et l'inverse pour le second). Le blanchissement (pourcentage de blanchissement par rapport au recouvrement corallien vivant total) est présent tout autour de l'île et varie de 6 à 35 %, ce qui traduit un phénomène de blanchissement modeste et moins important que les deux précédents (1991 et 1994). Le blanchissement est plus important – plus de 15 % – sur la partie nord-est de l'île. Ces résultats sont en relation avec l'hydrodynamisme du milieu d'une part, et avec la variabilité des genres dominants – plus ou moins sensibles au blanchissement – selon la localité prospectée, d'autre part.

Peuplements de poissons récifaux sur les atolls et les îles hautes de Polynésie française : caractéristiques structurales, géomorphologie récifale et pression de pêche

T. LISON de LOMA (1,2,3), C. Mellin (3,4), A. Brenier (3,4), J. Ferraris (4) et R. Galzin (1,3)

(1) CRIOBE, Papetoai, Moorea, Polynésie française
(2) UR 128 CoRéUs, Centre IRD de Papeete, Tahiti, Polynésie française
(3) Laboratoire d'Ichtyoécologie Tropicale et Méditerranéenne, EPHE, Université de Perpignan, Perpignan, France
(4) UR 128 CoRéUs – IRD/EPHE, Université de Perpignan, France

Dans le cadre du programme de recherches commun développé en Polynésie française par le Laboratoire d'ichtyoécologie tropicale de l'EPHE et l'Unité de recherche CoRéUs de l'IRD, la structure des peuplements de poissons récifaux est étudiée sur différentes îles caractéristiques des archipels des Tuamotu et de la Société. L'un des objectifs de ce programme est de tenter d'expliquer, par la géomorphologie des îles étudiées et par l'effet pêche, les variations observées des caractéristiques structurales de ces peuplements. Nous présentons ici les résultats de recherches abouties sur deux îles types : l'atoll de Tikehau et l'île haute de Moorea. Le lagon de Tikehau, aux Tuamotu, a été le théâtre de plusieurs campagnes de recherches au cours des deux dernières décennies, et l'effet de la pêche y a été étudié en détail. En particulier, une étude comparative des peuplements ichtyologiques entre 1987 et 2003 permet de mettre en évidence les variations spatio-temporelles qui ont lieu a différentes échelles (espèce, groupe trophique/fonctionnel, peuplement). Un modèle prédictif novateur a été développé sur l'ensemble des atolls des Tuamotu et appliqué à Tikehau, démontrant l'effet de la pêche sur la richesse spécifique. Moorea, île haute de la Société, a fait l'objet d'une longue série temporelle d'analyse des peuplements de trois compartiments géomorphologiques récifaux : le récif frangeant, le récif barrière et la pente externe. L'analyse comparative met en évidence les différences et similitudes des trois compartiments en fonction des échelles de description des peuplements. Elle souligne notamment, sur les trois types de récifs, la stabilité des espèces décrites au niveau des groupes fonctionnels malgré une pression constante et croissante de la pêche ressentie sur les densités de ces groupes fonctionnels. Nous présentons les perspectives de recherches envisagées dans le cadre de ce programme, développées dans quatre îles hautes de l'archipel de la Société sur les espèces de poissons récifaux commerciaux, qui permettront de préciser les effets de la géomorphologie des îles et de la démographie humaine sur les caractéristiques biologiques des espèces ciblées par la pêche.

Optimisation de la greffe de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* en Polynésie française : prophylaxie et test comparatif de nucléus

Nathalie COCHENNEC-LAUREAU (1), P. Haffner (1), P. Levy (1), G. Haumani (2), C. Belliard (1), A. Fougerouse (2) et S. Langy (2)

(1) Ifremer, COP, Taravao, Tahiti, Polynésie française

(2) Service de la Perliculture, Département R&D, Motu Uta, Tahiti, Polynésie française

La greffe est un acte opératoire complexe qui doit permettre d'aboutir à la formation d'une perle en 12 à 18 mois environ. Bien que ces opérations soient effectuées depuis de nombreuses années en Polynésie française, la technique de greffe reste aujourd'hui un savoir-faire non standardisé. Différentes études ont été menées en vue d'améliorer les performances de greffe (utilisation d'anesthésiants, de nucléus revêtus...). Toutefois, l'hétérogénéité des rendements de greffe (mortalité post-opératoire, rejets des nucleus) et celle de la qualité des perles restent toujours autant de facteurs limitants pour la rentabilité des exploitations.

Une étude récente a montré que les phénomènes de rejet étaient associés à des causes multiples : infection bactérienne, réaction inflammatoire de l'huître receveuse, qualité des greffons. Ces résultats suggèrent la nécessité d'étudier de manière concomitante les différents compartiments intervenant dans la greffe : huître donneuse de greffons/nucléus/huître receveuse et d'analyser leurs interactions.

Dans cet objectif, différentes études sont actuellement en cours pour améliorer la prophylaxie (protocole d'asepsie, nucléus présentant des activités antibactériennes...) et pour sécuriser les étapes post-opératoires de greffe (atténuation des phénomènes inflammatoires de l'huître receveuse par l'utilisation de substances cicatrisantes).

Le Plan de gestion de l'espace maritime en Polynésie française

Annie AUBANEL (1), C. Monier (2), J.-A. Di Jorio (1)

(1) Service de l'Urbanisme, Papeete, Polynésie française
(annie.aubanel@urbanisme.gov.pf, djatahiti@hotmail.com)
(2) Service de la Pêche, Papeete, Polynésie française (christian.monier@peche.gov.pf)

Le Plan de gestion de l'espace maritime concerne un ensemble cohérent, incluant un espace allant de la ligne de rivage à la pente externe d'une île haute, ou englobant la surface lagonaire d'un atoll ainsi que la pente externe. Il a pour objectif de réglementer les modalités d'utilisation de cet espace communautaire, en intégrant les connaissances scientifiques rendues accessibles aux habitants par une vulgarisation appropriée et en valorisant les connaissances empiriques des communautés riveraines.

La parole est donnée à la population locale ainsi informée, qui doit rechercher un accord entre les différents partenaires et utilisateurs du milieu, et élaborer, avec l'aide des services administratifs, un projet de zonage et de réglementation. Le Plan de gestion de l'espace maritime est basé sur l'information et la participation de la population afin d'aboutir à un projet collectif accepté par tous et dont chacun se sent responsable. Il est cohérent avec la politique territoriale, mais spécifique à l'île concernée. Il se veut un modèle de gestion intégrée réglant les conflits d'usage, outil nécessaire au développement durable.

Le PGEM est donc un compromis entre la protection de l'environnement, le maintien de la diversité biologique, la lutte contre les conséquences néfastes des activités terrestres sur ce milieu, l'exploitation des ressources marines, et l'occupation et l'utilisation de l'espace.

Il est aussi un consensus entre les différents acteurs du développement. Des aires marines protégées sont incluses dans ce zonage comme zones de protection, mais aussi comme modèle de gestion. Leur richesse biologique n'est évaluée qu'après leur identification et délimitation au cours de l'élaboration du PGEM. Cette démarche consensuelle doit logiquement s'accompagner d'une appropriation du milieu et donc d'une responsabilisation des partenaires, l'administration n'ayant qu'un rôle d'assistance. De plus, lors de l'adoption du PGEM, il est prévu la création d'un comité permanent dont la mission est de proposer toute mesure propre à assurer la meilleure gestion possible de l'espace lagonaire.

Contribution à l'étude du fonctionnement des aires marines protégées en milieu corallien : interactions entre zones protégées et non protégées

Olivier CHATEAU

Laboratoire d'Etudes des Ressources Vivantes et de l'Environnement Marin, Université de la Nouvelle-Calédonie (chateau@univ-nc.nc)

En Nouvelle-Calédonie, les aires marines protégées du Parc du Lagon Sud sont régulièrement suivies depuis leur création en 1989. Les réponses des peuplements de poissons à l'interdiction de pêcher ont été étudiées par des travaux principalement axés sur les variations de la structure de taille, de la densité et de la biomasse. En revanche, d'autres effets plus complexes, accompagnant théoriquement la mise en place d'une réserve marine ont rarement été constatés par des données *in situ*. On citera notamment : (1) un accroissement de la fécondité des populations protégées et, par conséquent, du potentiel de recrutement dans les zones environnantes; (2) une protection de la diversité génétique des stocks face à la pression sélective exercée par la pêche; ou (3) une augmentation de l'abondance et/ou de la biomasse au sein des populations non protégées grâce à l'émigration d'individus depuis l'intérieur des réserves. Les réserves pourraient être d'une part une source de propagules et de poissons adultes et, d'autre part, agir comme un puits pour accueillir les jeunes recrues. L'absence de données de terrain continue d'entretenir des incertitudes quant au fonctionnement réel des réserves marines, et ce, d'autant plus que certaines études ont abouti à des résultats confus, voire clairement opposés aux modèles théoriques. Dans le but de statuer sur l'existence ou non d'un phénomène de débordement de biomasse ichtyque au frontières de ces réserves, la première partie du travail sera consacrée à l'étude des mouvements de poissons juvéniles et adultes par marquage acoustique et par marquage visuel. La seconde partie de ce travail s'intéressera aux différentes modalités des processus post-recrutement des espèces cibles, dans le système réserve/non réserve étudié. Ce protocole expérimental permettra de statuer sur le fonctionnement des aires marines protégées notamment sur leurs interactions avec les formations non protégées adjacentes. Localement, l'application des résultats devrait permettre d'optimiser la politique de gestion et de protection du complexe récifo-lagonaire de la Nouvelle-Calédonie, en terme de nombre, de taille et de localisation des aires marines protégées.

Status of coral reefs in New Caledonia in 2004

Laurent WANTIEZ (1), F. Devinck (2), C. Garrigue (3) and S. Virly (3)

(1) LERVEM, University of New Caledonia
(2) Direction des Ressources Naturelles, New Caledonia Southern Province
(3) Opération Cétacées, Noumea, New Caledonia

A monitoring initiative was launched in 1997, using Reef Check methods adapted to the local context. This programme contributes to the Reef Check network. The study area was limited to the Southern Province of New Caledonia, which funded the programme. Surveys were completed in 1997, 1998, and 2001. In 2003, IFRECOR (French Initiative for Coral Reefs) funded a new phase of the program for 3 years, and the sampling zone has been extended to all New Caledonian reefs. The monitoring is now conducted by local communities, NGO and volunteers. Two facilitators have been employed to reinforce capacities and willingness for monitoring on a long-term basis, as resource persons for training and data processing. The analysis of the data collected in 2003 is not finished yet. The results presented at the present state of knowledge concerned only the South Lagoon Marine Park. Inside the marine protected areas of the Park butterflyfishes and commercial fishes (groupers, parrotfishes, surgeonfishes and rabbitfishes) were present and common. Fish densities remained relatively stable over the years with the exception of punctual grouper and rabbitfish aggregations, which were not always recorded. Commercial invertebrates (giant clams, trochus, sea cucumbers) were also common inside the protected areas, and crown-of-thorns were recorded in some locations. The density of these invertebrates remained relatively stable since 1997. A significant decrease in coral cover was recorded on some stations since 1997. These modifications were attributed to spatially limited crown-of-torn outbreaks in 2000 and 2001. On the other stations, after a decreased recorded in 1998, coral cover remained stable or increase notably. These results indicated that the status of New Caledonian coral reefs was satisfactory in 2001 in the South Lagoon Marine Park.

Valorisation de la biodiversité marine dans le Pacifique Sud

Cécile DEBITUS (1), C. Payri (2) et D. Laurent (3)

(1) Laboratoire de Pharmacochimie des Substances Naturelles et Pharmacophores Redox, UMR 152 IRD/Université Paul Sabatier, ISTMT, Toulouse ; (2) UMR 138 IRD/ Université Paris 6, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; (3) Laboratoire de Pharmacochimie des Substances Naturelles et Pharmacophores Redox, UMR 152 IRD/ Université Paul Sabatier, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La recherche de substances naturelles marines bioactives a débuté en Nouvelle-Calédonie en 1977. Plusieurs programmes de pharmacochimie marine se sont succédés. Ils ont varié en fonction des partenariats (Rhône-Poulenc, laboratoires Pierre Fabre, universités et instituts de recherches français et européens), des sources de biodiversité (invertébrés, microorganismes) récoltées en Nouvelle-Calédonie et Vanuatu, et des domaines d'activités étudiés touchant la santé humaine, la cosmétologie ou le domaine phytosanitaire. Ces programmes ont abouti à la découverte de près de 400 nouvelles molécules (issues d'environ un millier d'échantillons étudiés) publiées dans plus de 150 articles de revues internationales, mais aussi à la réalisation d'ouvrages faunistiques (collection *Faune et Flore Tropicales* de l'IRD).

Un nouveau projet est initié dans le cadre de l'initiative régionale pour la protection et la gestion des récifs coralliens dans le Pacifique sud ≤et co-financé par l'Agence Française de Développement. Mettant en pratique les principes des Conventions sur la Diversité Biologique, ce projet est centré sur la connaissance de la biodiversité marine du Pacifique et a un double objectif : d'une part, améliorer la connaissance floristique et faunistique des récifs coralliens de trois zones (archipels des Salomon, de Fidji et des Cook) choisies sur des critères de biogéographie, et, d'autre part, de rechercher dans les organismes de ces récifs des substances biologiquement actives dans les différents domaines de la cosmétique et de la santé intéressant en particulier les maladies dites du sud (paludisme, dengue). La connaissance de ces récifs est une étape indispensable à leur gestion, à la valorisation éventuelle des organismes qui les peuplent, et contribue à la connaissance du patrimoine naturel mondial.

Outre l'aspect scientifique, les aspects juridiques et de formation sont pris en compte. Pour la bonne réalisation de ce projet, un réseau de compétences complémentaires dans les domaines de la biologie, de la chimie et de la pharmacologie mais aussi du droit, s'est formé réunissant des partenaires français et régionaux (Australie, Îles Salomon, Fidji et Cook).

Study of heavy metal pollution in the sediments of Suva lagoon, Fiji, using radioactive techniques

S. GARIMELLA and N. Nand

Department of Physics, University of the South Pacific, Suva, Fiji

Around the Suva lagoon, which includes the Laucala Bay (LB) and the Suva Harbour (SH), are located major industrial installations (shipyards, manufacturing plants, food processing industries, oil storage depots, etc.), the Lami rubbish dump, the Kinoya sewage treatment plant and several sewer outlets. These activities, together with other activities of the Suva City population, discharge effluents into the lagoon and affect the marine environment. The effluents are also absorbed by the sediments in the lagoon.

Neutron activation analysis and the ^{137}Cs dating technique were used to study the historical trend (during the past 30-40 years) of elemental abundances in two sediment cores (one each from LB and SH) of the Suva lagoon. Each core was 50 cm long and cut into sections of 2.0 cm thickness. From the neutron activation analysis, concentration-depth profiles for 17 elements (As, Br, Ce, Co, Cr, Eu, Fe, La, Na, Nd, Sc, Sm, Sr, Tb, TH, Yb and Zn) were obtained. Except for two elements (Br and Na), all other elements, in both cores, showed more or less uniform concentration with increasing depth. Also, the concentration levels for these elements are nearly the same as in grab samples (from the lagoon) that were previously studied. The concentration levels indicate that the accumulated sediments are mostly of terrigenous origin.

The ^{137}Cs dating technique gave two important results: i) the average sedimentation rate in both SH and LB is about 1.0 cm/yr, and ii) the top 20-25 cm of the sediment floor is very dynamic, i.e., it mixes up the sediments vertically to give a uniform concentration of ^{137}Cs. This conclusion also supports the observed uniform concentration of heavy metals in the sediment cores.

Inventories of natural uranium-series radionuclides ^{238}U, ^{234}Th, ^{210}Pb and ^{210}Po in coastal and oceanic waters of the south-western Pacific provide insights into trace metal flux and removal pathways

R. SZYMCZAK (1), R. A Jeffree (1), G. A. Peck (2), B. Moreton (3) and Renaud Fichez (3)

(1) ANSTO Environment, Menai, New South Wales, Australia ; (2) Department of Defence - Joint Logistic Command, Melbourne, Australia ; (3) Noumea IRD Centre, New Caledonia

The distribution, flux rates and pathways of trace metals, radionuclides and other chemical species in the marine environment are often extremely complex. Factors such as differences in sources, geochemistry and the influence of numerous in situ processes (eg. biological productivity, upwellings, resuspension) vary greatly and are important determinants of incident concentrations. An understanding of several oceanic processes has been developed through studies using naturally occurring uranium series radionuclides as tracers (Cochran, 1982; Szymczak, 1997). Particularly suited to studies of chemical scavenging in marine systems is the observed disequilibrium in $^{234}Th/^{238}U$ activities, where ^{234}Th is the daughter isotope of ^{238}U.

Table: Oceanic geochemical behaviour of some trace metals and radionuclides.

Geochemical Behaviour	Trace Metals	Radionuclides
Conservative	gold, rubidium, tungsten	uranium
Nutrients	arsenic, cadmium, copper, iron, silver, nickel	polonium
Scavenged	aluminium, arsenic, cobalt, copper, iron, manganese	thorium
Redox-controlled	arsenic, chromium, iron, manganese, selenium	iodine

Differences in the half-lives and biogeochemical behaviour (Table) of natural uranium series radioisotope pairs (eg. $^{238}U/^{234}Th$, $^{210}Pb/^{210}Po$) allow their application as oceanic process tracers. ^{238}U behaves conservatively, ^{234}Th and ^{210}Pb are highly particle reactive whilst ^{210}Po displays a nutrient-like behaviour. Coincidental measurements of dissolved and particulate trace element concentrations and inventories of radionuclides in the Noumea coral lagoon and adjacent offshore waters were used to quantify water column flux rates and provide insights on removal pathway analysis.

Particulate scavenging of trace metals plays a major role in determining their ecosystem flux and incident dissolved concentrations. Riverine and resuspended seafloor particles often dominate removal processes inshore, whereas biological processes reign offshore. Understanding prevailing removal pathways and respective flux rates of pollutants in specific coastal and oceanic systems will assist to establish the fate and consequence of pollutants and allow sustainable management strategies to be developed.

Comparison between numerical simulation of wind-wave distribution and wavemeter gauge measurements in a semi-enclosed lagoon

Pascal DOUILLET (1), S. Ouillon (1,2), L. Schmied (2), A. Jouon (1), A. Bel Madani (1)

(1) UR Camélia, IRD Noumea Centre, New Caledonia (ouillon@noumea.ird.nc, douillet@noumea.ird.nc, jouon@noumea.ird.nc, fichez@com.univ-mrs.fr)
(2) Laboratoire de Sondages Electromagnétiques de l'Environnement Terrestre, UMR CNRS, Université Sud Toulon Var, La Garde Cedex, France (ouillon@noumea.ird.nc, Loys.Schmied@lseet.univ-tln.fr)

In New Caledonia, where open-cast mining plays a significant economical role, the coral reef lagoon ecosystem is strongly dependent on the sediment distribution and dynamics. A study on the influence of anthropogenic and terrigenous inputs has been conducted since 1996 involving *in situ* measurements, numerical modelling and remote sensing. New Caledonia is surrounded by coral reef lagoons, covering a total area of 23,400 km^2. The study area extended over roughly 2,000 km^2 and a 500-m grid size is used in the numerical models. In this poster, a part of the modelling system relative to the wave distribution within the lagoon and to its influence on sediment transport is presented.

The lagoons of Wavewatch III, a public-domain wave model, was used to simulate the wave distribution. The numerical results were compared to wave measurements provided by an Aanderaa WTR9 wave meter gauge. In the wave data processing, a cut-off was automatically taken into account that eliminated the waves with small lengths. If this is generally not a problem in open sites with sufficiently long waves, this point is very crucial in quasi-enclosed basins such as the Southwest lagoon of New Caledonia. In this case, the data outputs can not be considered as actual wave parameters such as the significant wave height. A method was proposed that can easily be generalized to other fetch-limited basins. The wave model was validated from time-series of measurements in the southwest lagoon of New Caledonia under several forcings. A method was developed to model the non-linear wave-current interaction and integrate the wave model to the main hydrodynamical model. It is based on calculations of bed shear stresses due to combined waves and current, which lead to modified erosion and deposition criteria for sediments at the seabed as compared to the purely hydrodynamical calculations.

Responses of the plankton communities to increasing anthropogenic influences (Southwest lagoon, New Caledonia)

Séverine JACQUET (1), J. Blanchot (2), B. Delesalle (3), R. Duran (4), J.-P. Torréton (1)

(1) IRD Noumea, New caledonia (jacquet@noumea.ird.nc, torreton@noumea.ird.nc)
(2) IRD/ARVAM, La Réunion (blanchot@univ-reunion.fr)
(3) ESA CNRS 8046, Université de Perpignan, France (bd@univ-perp.fr)
(4) LEM, Université de Pau, France (robert.duran@univ-pau.fr)

As a consequence of human activities, many oligotrophic and mesotrophic coral reef lagoons are subject to increasing eutrophication. The Southwest lagoon of New Caledonia, one of the largest coral lagoons in the world, receives minimally treated urban, agricultural and industrial effluents from the city of Noumea. Although several aspects of the physics and biology of the lagoon have been studied, the effect of increased nutrients on planktonic communities remains unknown. We focused our study on phytoplankton and bacterial community structure as a function of nutrient inputs.

For this purpose, we studied the relationships between nutrients and total and size fractionated chlorophyll a concentrations. In addition, we tried to determine how changes in nutrient concentrations and ratios were affecting both picoplankton and nanoalgae community compositions.

In order to examine the impact of increasing anthropogenic influence on bacterial community structure, we examined seasonal and spatial variations in bacterioplankton composition using terminal restriction fragment length polymorphism analysis of free-living and particle-attached bacteria. Bacterial production and nutrient concentrations are positively correlated in this lagoon and this study examined if these quantitative changes are accompanied by qualitative changes in bacterial community composition. A further aim of this study was to determine if the presently accepted paradigm of differences between free-living and particle attached communities holds true in this environment.

Flushing time and residence time in coral reef lagoons: application to the southwestern lagoon of New Caledonia

Aymeric JOUON (1), P. Douillet (1), S. Ouillon (1,2), P. Fraunie (2)

(1) IRD Noumea Centre, New Caledonia (jouon@noumea.ird.nc)
(2) LSEET, Université Sud Toulon Var, La Garde cedex, France

Applications of transport time scales are pervasive in biological, hydrologic, and geochemical studies. These time scales (flushing time, age, residence time, and water renewal time) are not consistently defined in coastal areas and, in particular, in coral reef lagoons. New Caledonia, located at 1,500 km east of Australia, is surrounded by coral reel lagoons covering a total area of 23,400 km^2. Since several years, a three-dimensional hydrodynamic model has been developed, calibrated, and validated over an area of roughly 2,000 km^2 called the southwestern lagoon of New Caledonia. In this poster, we present the results of numerical simulations about the different concepts of time scale commonly used to measure the retention of water or scalar quantities transported with water. Different methods as the lagrangian method, the transport of dissolved matter, the age of water masses, and the integral balance of boundary fluxes are used to estimate the different time scales. The influence of different forcings (tide and wind) obtained for the different concepts are compared, and the spatial distribution of residence time is analyzed.

Coral Reef Ethnobiodiversity of Pacific Island Atolls: a foundation for ecologically, economically and culturally sustainable atoll development in the face of global change

Randy R. THAMAN, S. Finekaso, R. Willie, M. Marae, T. Titaake, N. Ponzo and N. Maihota

University of the South Pacific, Suva, Fiji

The paper is about atoll coral reef ethnobiodiversity: the in-depth of knowledge, uses, beliefs, management systems and language that atoll peoples have for their biodiversity of the coral reefs and the associated marine environment. Major emphasis is placed on how Pacific Island atoll people view their marine biodiversity and biogeography and how this information can be married with modern scientific information as a basis from improved management of coral reef ecosystems. It is based on the "Coral Reef Ethnobiodiversity of Atolls" component of the Total Foundation Coral Reef Biodiversity Programme. The results are based on surveys of existing literature and case studies on selected atolls in Tuvalu, Kiribati and the Tuamotu Archipelago of French Polynesia by the senior author and senior students from the University of the South Pacific, Suva, Fiji Islands and the Universite of Polynesie Francaise in Papeete, Tahiti. Initial visits to Fench Polynesia were supported by the French Embassy in Suva, Fiji Islands and the Université de Polynesie Francaise.

The paper will address the subject from two perspectives. Firstly, the methodology required to gather such extensive time-depth knowledge that peoples who have lived for centuries in such close association with their atolls coral reef diversity is discussed in terms of the types or categories of information that exist, who in the community possess this knowledge and the strategies that are required to preserve and transmit such knowledge. Secondly, systematic, knowledge on the traditional and modern uses and management of atoll coral reef, lagoon and associated nearshore marine biodiversity is presented. An assessment is provided of how this knowledge and the nature of the associated marine biodiversity have changed over time. This will include information on the local Polynesian and Micronesian vernacular names, scientific names, common English and French names, uses, beliefs, management regimes, relative social, economic and ecological importance, and the endangerment or conservation status of plants and animals found in the atoll reef and nearshore ecosystems. Brief comparisons will be made with results from similar studies that have been carried out by the Principal Investigator and associates in Fiji and Tonga.

The paper will present some of the actual information obtained from an ana-

lysis of survey results and an analysis of how this "traditional scientific information" compares with and can be used together with modern western scientific information as a basis for improved understanding and management of atoll coral reef and marine biodiversity. Emphasis is also placed on the types of information that fishermen have for their atoll marine environment and factors that affect marine biogeography and fishing effort for different species. Attempts have been made to ascertain the extent to which there is common understanding in terms of classification, nomenclature, causal effects, etc. between indigenous knowledge systems and modern scientific knowledge systems and the extent to which modern scientists have recorded such information in the past.

Further lines of enquiry are suggested that could be followed to document and better understand the wealth of atoll coral reef ethnobiodiversity that exists today. Suggestions are also provided for ways that we can integrate traditional and modern Pacific Island ethnobiodiversity with the rapidly increasing body western scientific knowledge of coral reef and atoll biodiversity as a mean of improving the conservation and management of atoll coral reef biodiversity and associated ethnobiodiversity. It is suggested that such a marriage of ethnobiodiversity with good coral reef and fisheries science may be one of the most important initiatives needed to allow atoll governments and local communities to manage their fragile marine resources in one of the most ecologically, economically and cultural vulnerable ecosystems in the face of global change.

Modélisation qualitative de l'évolution d'un écosystème récifo-lagonaire soumis à des variations de pression halieutique

Julie SCOPÉLITIS (1,2), C. Largouët (1,3,4), G. Fontenelle (1,2)

(1) Dépt. Halieutique, UPR Mesh, Agrocampus-Rennes, France
(2) UR CoRéUs, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(3) Mathématiques & Informatique, Nouméa, Université de Nouvelle-Calédonie
(4) US Espace, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La plupart des écosystèmes récifo-lagonaires du Pacifique Sud subit des pressions anthropiques dont la pêche constitue l'une des principales. La grande diversité des espèces vivant dans ces écosystèmes et la grande dispersion des efforts de pêche rendent difficile l'évaluation directe des ressources exploitées. Comme les sociétés humaines insulaires sont très liées aux ressources récifo-lagonaires, une variation démographique ou une modification des systèmes d'exploitation et de marché au niveau de quelques espèces caractéristiques peuvent se traduire par des changements importants des écosystèmes.

Ce travail consiste à modéliser puis, simuler l'évolution d'une partie d'un écosystème halieutique récifo-lagonaire simplifié sous les effets combinés des relations prédateur-proie et de la pêche. L'originalité de cette approche réside dans une modélisation qualitative de type Intelligence Artificielle. Cette démarche devrait aboutir à un outil d'aide à la compréhension et à la concertation pour les agents concernés par la gestion des usages des ressources halieutiques en milieu récifo-lagonaire. Le domaine d'étude est la Nouvelle-Calédonie.

Trois biotopes principaux (récif barrière, fonds meubles et littoral et fonds de lagon), et quatre communautés humaines (mélanésienne, polynésienne et wallisienne, européenne de la Nouvelle-Calédonie et hors Nouvelle-Calédonie) pratiquant deux principaux types d'activité de pêche (vivrière et de loisir, et professionnelle) ont été définis. À partir d'informations issues d'une revue critique de plusieurs sources de données couvrant différentes régions, la méthode propose de formaliser les interactions tropho-dynamiques des groupes de poissons dans 3 biotopes et les activités de pêche des communautés humaines. L'écosystème est représenté par un modèle de type «système à événements discrets» comme les automates temporisés que l'on peut interroger facilement grâce à des algorithmes efficaces. Quelques exemples d'évolutions de systèmes plus ou moins perturbés sont discutés.

Les faunes associées aux substrats organiques en eaux profondes : l'opération « bois coulés »

Bertrand RICHER DE FORGES, H. Le Guyader, F. Gail

IRD, UMR 7138 Systématique, Adaptation, Evolution, Nouvelle-Calédonie & Université de Paris 6

Au cours des 30 dernières années plusieurs écosystèmes fonctionnant avec des organismes chimiosynthétiques ont été découverts. Après les sources hydrothermales, les sources froides, puis les faunes associées aux squelettes de baleines. L'exploration des faunes de profondeur réalisée lors des campagnes MUSORSTOM a permis de mettre en évidence d'autres types de substrats organiques sur lesquels se développent des faunes particulières. Le nouveau programme de l'UMR Systématique, adaptation, évolution étudie le fonctionnement de ces écosystèmes et les adaptations des organismes. Le substrat le plus répandu est constitué de bois coulés, particulièrement accumulés dans les bassins arrière-arcs. Parallélement aux études *in-situ* aux îles Salomon et à Vanuatu, une expérimentation a débuté en octobre 2003. Différents substrats organiques (bois, os, corne, écailles, plumes) ont été immergés par 1000 m de profondeur pour une durée d'un an.
Il semble finalement que les bactéries chimiosynthétiques puissent se développer partout où la matière organique se trouve en milieu pauvre en oxygène et isolée de la lumière.

Status of coral reefs in Fiji

Professor Leon ZANN

Marine Studies Programme, University of the South Pacific, Fiji

The Fiji Group comprises some 330 islands and around a thousand individual coral reefs. These have a high diversity of corals, fish, invertebrates and plants, and are very important for the subsistence and artisanal fisheries. Fiji's population and development are rapidly growing, and reefs are under increasing pressure. Major issues include: decline of fisheries from increasing fishing pressure; decline of inshore habitats from terrestrial run-off and eutrophication; and coral mortality from coral bleaching and persistent crown-of-thorns starfish outbreaks. However, there is little long-term monitoring, and the status of reefs is not well known.

A long-term monitoring program (1980-present) on Suva barrier reef, off the capital city of Suva, indicates that this reef is changing from a coral-dominated to an algal-dominated system. Coral cover has declined in all habitats, with major declines in *Acropora* spp. Only *Porites* spp. have persisted in the well flushed fore reef. Causes include predation by *Acanthaster planci* (chronic outbreaks of since the 1970s); coral bleaching (major event in 2000); and urban and rural run-off, causing eutrophication (massive expansion of Sargassum since 1990s). Seagrass cover, and population densities of most echinoderms (monitored as indicators of reef state and fishing pressure) have also greatly declined.

In rural areas, recent scientific studies and anecdotal reports indicate that reefs are also declining. For example the Great Astrolabe reef (Kadavu) experienced massive coral mortality from coral bleaching in 2000, and *Acanthaster* outbreaks (from 1995-) are reducing surviving corals. Beqa barrier reef also suffered massive coral mortality from coral bleaching, and recovery has been slow. Viti Levu's Coral Coast fringing reef has suffered a major decline of corals in 1990s, and expansion of Sargassum, probably from elevated nutrients and sediments from terrestrial land-uses.

Restructuration du secteur de la perliculture en Polynésie française

Angélique FOUGEROUSE, C. Lo, M. Tanetoa et S. Langy

Service de la Perliculture, Département R&D, Motu Uta, Tahiti, Polynésie française

Depuis les premiers essais de greffe de l'huître perlière en 1961, la production de perles de culture de Tahiti s'est hissée au rang de la deuxième ressource économique de Polynésie française (10,2 milliards FCP, soit 85,47 millions d'Euros, en valeur d'exportation pour les seules perles de culture brutes pour l'année 2003).

La chute, amorcée depuis dix ans du prix moyen de la perle au gramme (75 % de perte de valeur en 10 ans), a convaincu l'ensemble de la profession de la nécessité d'un contrôle plus rigoureux de la profession. Ainsi, un ministère de la perliculture et un service administratif ont été créés en 2001, et plusieurs mesures réglementaires ont été élaborées en concertation avec un comité de suivi de la perliculture, puis appliquées.

Depuis 2001, le contrôle de la qualité des perles exportées, avec l'élimination des rebuts, a permis de regagner la confiance des acheteurs étrangers. La restructuration de l'activité s'est accompagnée d'une professionnalisation du secteur avec la mise en place de la carte de négociant en perles de culture de Tahiti, la carte de producteur d'huîtres perlières et la carte de producteur de perles de culture de Tahiti. Le recensement des occupations du domaine public maritime à des fins d'exploitation perlicole a également été effectué dans tous les atolls ou îles perlicoles.

D'autres mesures réglementaires, relatives au développement des écloseries ou à la mise en place d'une carte de greffeur, sont actuellement à l'étude.

Réseau de veille zoosanitaire de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* en Polynésie française

Angélique FOUGEROUSE (1), P. Levy (2), M. Tanetoa (1), S. Langy (1) et N. Cochennec-Laureau (2)

(1) Service de la Perliculture, Département R&D, Motu Uta, Tahiti, Polynésie française
(2) Ifremer, COP, Taravao, Tahiti, Polynésie française

Le développement rapide de la perliculture, qui s'est traduit depuis les années quatre-vingt par une augmentation des densités d'huîtres perlières en élevage et une intensification des transferts entre atolls, nécessite la mise en place d'un réseau de surveillance pathologique.

Depuis 2003, le service de la perliculture et l'Ifremer collaborent à la mise en place d'un réseau de veille zoosanitaire de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* dans cinq atolls ou îles perlicoles. Ses objectifs sont de prévenir l'introduction ou l'apparition d'agents infectieux, de réduire leur propagation à l'intérieur d'une zone d'élevage, d'étudier les moyens de limiter leur impact, de surveiller leur évolution et enfin de garantir les échanges entre les zones d'élevage.

Les analyses histologiques effectuées à ce jour ne font apparaître aucun agent pathogène à déclaration obligatoire à l'Office International des Epizooties (OIE). Les huîtres d'élevage examinées présentent un degré plus ou moins important d'atteinte parasitaire par des sporozoaires de type grégarine et des parasites de type *Rickettsia*-like. De même, l'espèce *P. maculata* est affectée par des grégarines. Des zones d'enkystement de métazoaires ont été également observées chez *P. margaritifera* et *Saccostrea cucullata*.

Une procédure d'urgence a également été mise en place en cas de mortalités anormales ou de morbidité déclarées, l'objectif principal étant de mobiliser les informations et les compétences en Polynésie française le plus rapidement possible pour répondre à ces situations de crise.

Bilan des recherches menées en Polynésie française sur l'huître perlière *Pinctada margaritifera*

Angélique FOUGEROUSE et S. Langy

Service de la Perliculture, département R.&D., Motu Uta, Tahiti, Polynésie française

Les recherches menées sur l'huître perlière *Pinctada margaritifera* en Polynésie française datent des années 1980. Les mortalités massives qui ont décimé les élevages de nacres dans certains atolls en 1985 ont conduit la Polynésie française à initier les premières études dès 1985 et 1986. Rapidement, vu la globalité du problème et sa complexité, il est apparu nécessaire de mettre en place une recherche pluridisciplinaire sur la biologie des huîtres perlières et le fonctionnement des lagons. Cette réflexion a conduit à la mise en place d'un Programme Général de Recherche sur la Nacre (PGRN) qui s'est étendu de 1990 à 1999, inscrit dans un contrat de plan impliquant l'État, la Polynésie française et la Communauté Européenne (6e FED).

Deux grands axes ont été développés. Le premier a porté sur la recherche des causes de mortalité dans les élevages de nacres, ainsi que sur l'amélioration des connaissances sur la biologie des huîtres perlières. Le second devait établir des données scientifiques de gestion rationnelle des lagons.

Une prolongation du contrat de plan concrétisée par le 7e FED a réajusté les efforts de recherche vers des travaux visant à améliorer la qualité des perles et vulgariser l'information aux producteurs.

Par ailleurs, le contrat de développement a permis l'exécution d'études en adéquation avec les problématiques du secteur.

Projet d'étude sur les interactions entre le milieu et les élevages d'huîtres perlières

A. FOUGEROUSE, C. Lo, et S. Langy

Service de la Perliculture, département R&D, Motu Uta, Tahiti, Polynésie française

Un programme de recherche sur l'interaction entre le lagon et les élevages d'huîtres perlières est prévu dans un projet plus vaste de professionnalisation et pérennisation de la filière perlicole en Polynésie française. Cette étude est en cours de demande de financement auprès du Fonds Européen de Développement (FED).

Dans l'optique d'une exploitation rationnelle et durable des lagons perlicoles, la surveillance en terme d'enrichissement excessif du milieu dû à l'activité perlière est nécessaire. L'objectif de l'étude est de rechercher les causes de l'évolution des lagons perlicoles vers une mésotrophisation voire une eutrophisation, afin de disposer de signes annonciateurs de crises aiguës. Des causes externes telles que la modification de l'hydro-climat en général peuvent être évoquées, ou des causes internes directement liées aux activités des fermes perlières.

Le programme est conçu autour de trois axes d'études : i) un suivi des variations spatio-temporelles du milieu, ii) une analyse des inter-actions entre les huîtres et le milieu, iii) un suivi de croissance des huîtres en élevage.

Les résultats attendus sont la description de l'évolution trophique des lagons exploités en perliculture, l'identification des paramètres synthétiques comme indicateurs environnementaux des sites et enfin, l'estimation du seuil de tolérance d'un lagon aux impacts anthropiques et plus particulièrement perlicoles.

1

Recherches sur la maîtrise de la reproduction de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* en Polynésie française

Cédrik LO (1), R. Bambridge (1), M. Bellais (1), C. Ledu (2), G. Le Moullac (2), M. Matehau (2), A. Pellan (1,2), C. Rouxel (2), H. Teissier (2), J. Tiapari (2), C. Soyez (2), V. Vanaa (2), V. Vonau (2), J.-C. Cochard (2)

(1) Service de la Perliculture, Département R&D, Motu Uta, Tahiti, Polynésie française
(2) Ifremer, COP, Taravao, Tahiti, Polynésie française

En Polynésie française, la perliculture s'est développée à partir de naissains de captage. Une des voies d'amélioration de la qualité des perles et de la rentabilité de la perliculture repose sur la sélection, puis la multiplication d'individus intéressants et/ou plus performants en particulier comme donneurs de greffons (couleur). Elle suppose donc la maîtrise de la reproduction et des croisements au niveau individuel puis de l'élevage de nombreux lots de juvéniles.

Des travaux sont menés dans cet objectif au Centre Océanologique du Pacifique à l'Ifremer et à l'écloserie de Rangiroa du Service de la Perliculture. Ils portent principalement sur le cycle reproducteur, la zootechnie larvaire et post-larvaire, la cryoconservation, la maturation ovocytaire in vitro, la polyploïdisation. Ils ont montré l'importance du contrôle de l'état de maturité des reproducteurs pour toutes les opérations de croisements dirigés. Une action préalable à la sélection des individus intéressants ou de préservation du patrimoine génétique de l'espèce est donc le contrôle de la gamétogenèse et du développement gonadique en laboratoire. Malgré sa faible amplitude annuelle, la température semble jouer un rôle essentiel dans le cycle annuel : aux Gambier les pontes cessent en hiver sans interruption de la gamétogenèse. Les travaux en cours ont pour objectif la vérification de l'hypothèse d'une accumulation des gamètes dans la gonade à basse température (24 °C). Ils se poursuivront par l'étude de l'incidence des autres facteurs biotiques et abiotiques sur le nombre et la qualité des gamètes produits en milieu contrôlé.

Vers l'optimisation du captage de naissain : étude de l'écologie larvaire de l'huître perlière *Pinctada margaritifera*

Cédrik LO (1), A. Bennett (2), C. D'Ollone, G. Haumani (1), A. Sofianos (1), P. Garen (2)

(1) Service de la Perliculture, Département R&D, Motu Uta, Tahiti, Polynésie française
(2) Ifremer, COP, Taravao, Tahiti, Polynésie française

Alors que le captage du naissain d'huître perlière réalisé dans quelques atolls conditionne l'approvisionnement des fermes en juvéniles et donc toute l'activité perlicole. Le captage est pourtant il continue à être effectué de manière empirique et les rendements en naissains sont restent extrêmement variables d'une année à l'autre et d'un atoll à l'autre. Des travaux antérieurs réalisés par les Services demenés par la Polynésie française ont permis d'étudier les variations spatiales et temporelles du collectage de naissains. Les résultats d'un suivi sur trois ans ont montré une grande variabilité dans les périodes et sites de pose, mais nécessitent des expériences complémentaires pour préciser les facteurs influençant le captage. Des travaux appliqués ont été menés en parallèle pour améliorer porté sur les méthodes et structures de captage afin d'améliorer le rendement au collectage., les matériaux à employer et la description des épisodes de fixation dans l'espace et le temps. Les connaissances sur la vie larvaire de *Pinctada margaritifera* proviennent essentiellement des essais d'élevages larvaires en écloserie mais l'écologie larvaire dans le milieu naturel est très peu connue.

Un travail de recherche a débuté en 2004 pour mettre au point et valider une méthode de prévision de la fixation du naissain sur les collecteurs, basée sur l'état de développement des larves.

Une première étape de cette étude est la mise au point d'une méthode immunologique d'identification des larves de P. margaritifera parmi les larves des autres espèces présentes dans le plancton des lagons. L'évolution spatio-temporelle des larves dans le milieu dépend de multiples facteurs qui seront étudiés dans une seconde étape, elle sera reliée à l'évolution des fixations de naissain sur des collecteurs expérimentaux.

Asia-Pacific Marine Finfish Aquaculture Network

Michael A. RIMMER

Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, Australia

Marine finfish aquaculture is expanding rapidly in the Asia-Pacific region, particularly in Southeast Asia. Industry growth is being driven by strong demand from Hong Kong and China for high-value marine finfish such as groupers (Serranidae, Epinephelinae) and snappers (Lutjanidae).

The Asia-Pacific Marine Finfish Aquaculture Network (APMFAN) was established to promote the development of sustainable marine finfish aquaculture in the Asia-Pacific region by:

- coordinating the regional research effort;
- providing a forum for information flow between researchers and industry;
- extending research results to farmers through written material and training activities.

APMFAN coordinates research through a programme/project structure. Individual projects are integrated into an overall programme of activities that cover the full range of aspects of grouper aquaculture. This approach reduces overlap and duplication of research effort, and allows the identification of areas where additional research is needed.

APMFAN Research Programme: Production technology (broodstock, larviculture, nursery, grow-out, post-harvest), Environment, Marketing, Food supply and certification, Socio-economics, livelihoods, Fish health, Training and extension.

Training in marine finfish aquaculture is provided through regional agencies. A training course on Grouper Hatchery Production is held annually at the Research Institute for Mariculture, Gondol, Bali, Indonesia. Graduates from this course have returned home and successfully produced grouper fingerlings in Indonesia, Thailand, Vietnam, Malaysia and Australia.

APMFAN operates a range of extension services, including:

- an electronic newsletter and magazine;
- technical proceedings and reports;
- publication of farmer-friendly technical manuals, in English and in local languages (Thai, Indonesian, Filipino, Mandarin and Vietnamese);
- a web site for information on grouper aquaculture and marine finfish aquaculture (www.enaca.org/grouper/).

In conclusion, APMFAN has been successful in providing a structure for the development of sustainable marine finfish aquaculture in the Asia-Pacific region, and has provided a basis for the development of broader programs to support sustainable mariculture in the region.

Approche écosystémique des Communautés Récifales et de leurs Usages dans le Pacifique sud insulaire.

M. AMAND, Y.-M. Bozec, S. Andréfouët, P. Chabanet, J. Ferraris, G. Fontenelle, I. Jollit, M. Kulbicki, M. Léopold, A. Leturc, G. Mou Tham, N. Maihota D. Poignonec

IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie (www.ird.nc/COREUS)

Les États insulaires du Pacifique sud sont confrontés à un problème crucial de gestion de leurs zones côtières en raison de fortes pressions environnementales et d'un manque de données sur leurs ressources marines et leurs usages. Les écosystèmes coralliens contribuent à une grande part des ressources en protéines des populations locales, mais la pêche de subsistance est habituellement non prise en compte dans les statistiques de pêche. Le programme de recherche CoRéUs propose d'étudier l'impact des pêcheries sur l'écosystème récifal dans le cadre d'une étude comparative, intégrant l'écologie et l'halieutique. La diversité des communautés récifales et lagonaires semble expliquée par des facteurs globaux, tel que le gradient biogéographique, la taille ou l'isolement des îles, et par des facteurs locaux tels que l'habitat ou la pêche qui agit sur la régulation des populations. L'objectif général de CoRéUs est d'identifier et de classifier les facteurs qui expliquent la structure et l'organisation des communautés et d'expliquer les conséquences de la diversité et de la pêche sur leur capacité de résistance aux perturbations environnementales. Un second objectif est de développer des outils (indicateurs) et des méthodes standardisées pour construire une base de données régionale afin d'établir des données de référence pour les décideurs et gestionnaires de la région. L'approche et quelques résultats sont présentés à partir d'études de cas, issues d'un nombre limité mais contrasté de situations représentatives du Pacifique sud, dans les Territoires français (Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Wallis et Futuna), Fidji et Tonga. Le programme CoRéUs de l'IRD est mené en partenariat avec le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS), l'École Pratique des hautes Etudes (EPHE) et l'Université de la Nouvelle-Calédonie (UNC).

Reproduction en captivité de la crevette bleue calédonienne *Litopenaeus stylirostris*

Liet CHIM et D. PHAM

Laboratoire Aquacole Calédonien (LAC St Vincent) - Ifremer, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La reproduction en captivité est un maillon essentiel de l'aquaculture de crevette en Nouvelle-Calédonie. En effet, l'espèce *Litopenaeus stylirostris* élevée sur le Territoire n'est pas présente dans le lagon et a été importée du Mexique en 1980. Pour maintenir cette souche, la maîtrise de la reproduction en captivité s'est avérée nécessaire.

La phase de géniteur dure 8 mois en bassin de terre où les animaux sont élevés jusqu'à atteindre le poids de 50 à 60 g. Les géniteurs sont ensuite placés dans l'écloserie dans des bacs de maturation, mâles et femelles séparés. Des conditions précises de stockage (température et photopériode) sont instaurées avant que les femelles ne subissent l'ablation d'un des deux pédoncules oculaires qui contiennent le tissu neuro-hormonal, source de la vitellogenin inhibiting hormon (VIH). Cette opération stimule la formation du vitellus des ovules de l'ovaire (vitellogenèse secondaire) jusqu'à la ponte. La qualité du vitellus formé au cours de la vitellogénèse secondaire dépend entre autre de l'aliment consommé par la femelle durant cette phase de maturation de l'ovaire.

Les femelles prêtes à pondre sont inséminées manuellement avec le contenu spermatique des spermatophores extraits des mâles, ces derniers pouvant à nouveau fournir deux spermatophores 15 jours plus tard. La fécondation est externe et la ponte a lieu, dans des bacs réservés à cet effet, deux à quatre heures après l'insémination. Les œufs éclosent après 13 heures pour donner le nauplius, premier stade larvaire se nourrissant exclusivement du vitellus. A chaque ponte, une femelle produit en moyenne 200000 œufs dont 30 à 40 % donneront des nauplii. En Nouvelle-Calédonie, le besoin actuel est estimé à 360 millions de nauplii nécessaires à la production de 1800 tonnes de crevettes. La demande en nauplii devrait doubler d'ici 2007. Sur cette base, l'augmentation de la capacité des trois écloseries existantes et la construction de nouvelles écloseries s'avèrent nécessaires.

Alimentation et nutrition des crevettes en élevage

Liet CHIM (1), L. Della Patrona (1), N. Wabete (1) (3), P. Lemaire (1), P. Brun (1), D. Pham (1), J.-L. M. Martin (2), J.-C. Massabuau (3)

(1) Ifremer - Laboratoire d'Aquaculture de Nouvelle-Calédonie (Ifremer), Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; (2) Ifremer et CNRS – CREMA l'Houmeau, L'Houmeau, France ; (3) Université Bordeaux 1 et CNRS - Laboratoire d'Écophysiologie et Écotoxicologie des Systèmes Aquatiques (LEESA), UMR 5805. Place du Dr B. Peyneau, 33120 Arcachon France.

Le quart des 4 168 400 tonnes des crevettes produites en 2000 à l'échelle mondiale provenait de l'aquaculture. Les deux tiers de cette production aquacole (systèmes semi intensif et intensif) dépendent de l'apport d'aliments composés produits industriellement. Le volume de granulés ainsi commercialisé annuellement est estimé à 1 500 000 tonnes. Dans ce cadre, les élevages calédoniens produisent modestement quelques 2000 tonnes de crevettes qui consomment 4000 tonnes de granulés fabriqués et commercialisés par deux provendes locales.

Bien que les élevages soient réalisés dans des bassins de terre de plusieurs hectares, pratiquement toutes les données expérimentales concernant les valeurs nutritionnelles des ingrédients utilisés dans l'élaboration des rations pour les crevettes ont été obtenues dans des conditions contrôlées de laboratoire en eau claire dans des bacs de volumes réduits. Les besoins nutritionnels ainsi déterminés font abstraction de l'apport trophique du bassin (c'est-à-dire de la nourriture naturelle) et de l'influence des facteurs environnementaux (température, salinité, oxygène en particulier) sur le comportement alimentaire et la nutrition des crevettes. C'est pourquoi nous disposons aujourd'hui de très peu d'information concernant la véritable valeur nutritionnelle des ingrédients pour les animaux élevés en bassin de terre. Ainsi, les aliments commerciaux sont le plus souvent formulés de façon anti-économique en omettant les modulations des besoins nutritionnels de la crevette dans les conditions d'élevage et l'apport trophique naturel du bassin.

Pour le fermier calédonien, l'aliment granulé représente à lui seul 30 à 40 % du prix de revient de la crevette produite. C'est pratiquement le seul poste pour lequel des économies significatives peuvent être à terme envisagées et ce suivant deux voies. La première serait d'abaisser le prix de l'aliment par une formulation qui intègrerait l'apport trophique du bassin et prendrait en compte l'influence de la température sur la physiologie nutritionnelle des animaux. La deuxième voie, qui est complémentaire, consisterait à augmenter dans la ration de la crevette la part du broutage en stimulant la productivité naturelle du volume d'élevage par une zootechnie appropriée notam-

ment au niveau de la fertilisation et des renouvellements d'eau. Dans ces domaines, les travaux des trois dernières années menés au Laboratoire Aquacole de Calédonie (Ifremer) ont montré la prépondérance de la température d'élevage (saison) sur la nutrition (métabolisme oxydatif, prise de l'aliment, besoins protéiques et lipidiques). Ces travaux ont également montré le rôle de l'apport trophique du bassin dans l'alimentation, mais également sur les performances de production et sur l'utilisation du granulé commercial par la crevette *Litopenaeus stylirostris*.

Spatialisation de la pêche plaisancière dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie et aide à la décision pour une gestion durable des écosystèmes coralliens

Isabelle JOLLIT-BONIFACE, J. Ferraris, J.-M. Lebigre

IRD, BP A5, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La spatialisation de la pêche plaisancière dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle Calédonie est proposée dans le but de comprendre les interactions entre les ressources, les groupes sociaux exploitant ces ressources et les composantes de l'écosystème.

Les hypothèses de ce travail s'articulent autour des paramètres qui influencent les choix spatiaux (processus et mécanismes comportementaux) de ces acteurs des pêches : sont-ils uniquement déterminés par les conditions météorologiques et technologiques ou par des paramètres humains tels que les représentations, l'appartenance culturelle ou la catégorie socio-professionnelle ? Dans quelle mesure leur connaissance du milieu influence leur dynamique spatiale et temporelle ?

A partir d'enquêtes, l'analyse devrait aboutir à une typologie des acteurs de cette pêche. Les données recueillies seront intégrées dans la base pluridisciplinaire créée à partir des données sur la ressource et les écosystèmes (SIG : « Lagon NC ») pour générer des analyses spatiales, des cartes de synthèse incluant les usages et des outils méthodologiques utiles à la gestion durable de ces milieux naturels.

Vers une approche écosystémique pour intégrer les modifications sur des ressources halieutiques récifo-lagonaires par un développement industriel en Nouvelle-Calédonie

Denis POIGNONEC (1), G. Fontenelle (1), P. Labrosse (1), S. Sarramégna (3), J. Ferraris (1)

(1) IRD Centre de Nouméa, Unité de Recherche CoRéUs, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.
(3) Falconbridge NC SAS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La mise en place d'un complexe minier en bordure du lagon Nord-ouest de Nouvelle-Calédonie est prévue pour 2005. Plusieurs modifications sont attendues sur l'ensemble « écosystème-sociosystème » adjacent, qui inclut plusieurs villages et tribus locales. L'hypothèse fondamentale repose sur une augmentation de la population susceptible d'introduire un accroissement des pressions sur les ressources lagonaires. L'objectif de cette étude est de pouvoir appréhender le fonctionnement possible de l'ensemble du système (lagon, récifs coralliens, mangrove, ainsi que bassin versant) sous cette hypothèse. L'approche méthodologique consiste à combiner une revue de la littérature disponible à des enquêtes écologiques et sociologiques sur l'usage des ressources halieutiques par les communautés locales. Des enquêtes préliminaires ont été réalisées en 2002 pour tester des indicateurs potentiels en vue d'une approche écosystémique. Les premiers résultats montrent une forte dépendance des communautés vis-à-vis du lagon. Si la pêche à caractère vivrier est l'activité prédominante au sein de la tribu d'Oundjo, elle constitue essentiellement une activité récréative pour les habitants des villages voisins. A partir de cette première enquête globale, nous proposons une approche descriptive de l'évolution de ce système, en relation avec l'accroissement démographique dû au développement prévu des activités minières. L'objectif final de cette étude est de pouvoir fournir aux différents usagers un outil pour mieux comprendre et gérer l'évolution de leurs ressources récifo-lagonaires.

Évolution de l'aquaculture de crevettes en Polynésie française

J. GOGUENHEIM (1), G. Remoissenet (2), R. Dufour (1), R. Bernardino (1), L. Vehiatua (1), R. Tetumu (1)

(1) Ifremer, COP, Taravao, Tahiti, Polynésie française
(2) Service de la Pêche, Département R&D, Papeete, Tahiti, Polynésie française

Le développement de l'élevage des crevettes pénéides en Polynésie française a connu plusieurs phases dont les principales ont été :
- 1972-1978 : maîtrise du cycle biologique de ces espèces non indigènes originaires d'Amérique centrale et d'Asie. Choix final de *Penaeus stylirostris* ;
- 1979-1985 : phase d'optimisation et de démonstration (ferme d'Opunohu à Moorea) ;
- 1986-1991 : création de nouvelles fermes, Sopomer (Tautira) et Taiarapu Aquaculture (Teahupoo) et diversification d'Aquapac (ferme de crevrettes). Ouverture de l'écloserie territoriale de l'EVAAM à Taravao en 1990.

Après plusieurs années de stagnation de cette activité, de nouvelles perspectives s'ouvrent par la création de deux nouvelles fermes utilisant des techniques innovantes : l'élevage en cages à Bora-Bora (30-50 t/ha/an), l'élevage intensif sur « liner » à Tautira (10-20 t/ha/an).

La production locale couvre aujourd'hui à peine 10 % de la demande qui est passée ces dernières années de 175 tonnes à 450 tonnes. En partenariat avec le Service de la Pêche Territorial, le COP assure aujourd'hui encore l'assistance technique aux fermes et la conservation et le suivi des souches locales, notamment une souche « témoin » représentative de la variabilité génétique résiduelle et une souche sélectionnée « croissance », obtenue après une sélection de quelques neuf années.

Les objectifs portent sur la couverture à terme des besoins du pays en misant, en particulier, sur le développement de l'élevage en cage par de petites entreprises familiales organisées autour des structures d'accueil touristiques dans les îles et atolls de Polynésie, sans négliger l'ouverture à des projets de plus grande ampleur comme celui de Tautira (200 t/an).

Sélection et maîtrise de l'élevage d'une espèce de poissons récifo-lagonaires en Polynésie française : le « moi », tarpon des sables ou *Polydactylus sexfilis*

B. LE MARECHAL (1), G. Nédélec (2), T. Tamatal, A. Teissier (1), S. Darasse (1), S. Flohrl et G. Remoissenet (1)

(1) Service de la Pêche, Département R&D, Papeete, Tahiti, Polynésie française
(2) Ifremer, COP, Taravao, Tahiti, Polynésie française

En Polynésie française, la maîtrise complète des cycles de production en pisciculture concernait jusqu'à présent uniquement le loup tropical, espèce importée mal acceptée sur le marché, d'où un développement limité de cette activité. La sélection d'espèces locales de poissons récifo-lagonaires sur des critères techniques et économiques a permis de cibler plusieurs espèces dont, en priorité, le « moi », tarpon des sables ou *Polydactylus sexfilis*.
Les travaux sur l'élevage de cette espèce ont permis d'obtenir des résultats permettant d'atteindre à court terme l'objectif de maîtrise de son élevage. Le maintien en maturation de géniteurs depuis plus de deux ans permet aujourd'hui de décrire la maturation de l'espèce et de cerner les conditions nécessaires à l'obtention de pontes fécondées : constitution des lots, régime alimentaire, anesthésie, marquage des géniteurs, prélèvement d'ovocytes, inversions sexuelles, productivité en œufs... Il est envisageable aujourd'hui de maîtriser à court terme l'obtention de pontes fécondées chez cette espèce. Des résultats prometteurs ont également été obtenus en élevage larvaire où de premiers schémas alimentaires ont été définis avec l'obtention de survies supérieures à 25 %. Enfin, les essais de grossissement réalisés offrent des perspectives intéressantes en termes de croissance et de survie : des poissons à taille commerciale (portion de 350 g) peuvent être produits en six mois d'élevage en cages, avec des survies de 80 % et des indices de conversion de 1,8. Ces données préliminaires sont à confirmer.

Vers une gestion durable des stocks de bénitiers *Tridacna maxima* des lagons d'atolls des Tuamotu-Est (Polynésie française)

A. GILBERT (1), S. Andréfouët (2), L. Yan (1), Y. Chancerelle (3), C. Payri (2,4) et G. Remoissenet (1)

(1) Service de la Pêche, Cellule Développement, Papeete, Tahiti, Polynésie française
(2) IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(3) Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement, Papetoai, Moorea, Polynésie française
(4) Laboratoire Terre-Océan Université de la Polynésie Française, Faaa-Aéroport, Tahiti, Polynésie française

Tridacna maxima, l'espèce de bénitier la plus représentée en Polynésie française fait l'objet, depuis 2001, d'un programme de développement par le Service de la Pêche. Si les stocks de bénitiers des îles peuplées de la Société ont manifestement été surexploités, certains atolls des Tuamotu de l'Est possèdent encore des concentrations remarquables et même uniques par rapport au reste du monde corallien : localement, on peut observer des densités supérieures à 300 individus/m^2.

Le marché polynésien de la chair exportée depuis les îles (Tuamotu Est et Australes) vers Tahiti est estimé à environ 5 t/an et la réglementation locale actuelle ne porte que sur une taille minimale de la coquille fixée à 12 cm.

Afin de fournir un schéma d'exploitation rationnel ainsi qu'un revenu durable aux populations de ces îles, deux voies de recherche en développement sont explorées :

- des études de stocks, des pêcheries et de dynamique du peuplement ont été initiées sur deux atolls pilotes, Fangatau et Tatakoto ;
- des techniques de collectage de naissain, de transport, d'élevage et de repeuplement ont également été élaborées et expérimentées dans ces deux lagons.

Une réglementation appropriée sera élaborée suite aux résultats de ces travaux.

Le Programme régional de suivi des récifs coralliens et les rapports sur l'état des récifs coralliens dans les pays du Pacifique sud-est, nœud Polynesia Mana du GCRMN

C. VIEUX, D. Fisk, P. Petelo, A. Aubanel, M. Power, B. Salvat

Les îles Cook, la Polynésie française, Kiribati, Niue, Tokelau, Tonga et Wallis et Futuna collaborent dans l'objectif d'évaluer la santé de leurs récifs coralliens et l'exploitation qui en est faite (noeud Polynesia Mana). Des programmes de suivi des récifs coralliens ont été initiés dans la plupart des pays. Les sept pays ou territoires, autonomes ou indépendants, regroupent 347 îles avec des récifs coralliens et représentent un demi million d'habitants dont 80 % sont rassemblés dans les centres urbains. Des programmes de suivi sont en place ou en cours en Polynésie Française, Wallis et Futuna, les îles Cook, Tonga et Tokelau et vont être développés dans les autres îles. Un blanchissement majeur a été observé à Tokelau en 2002 et a causé jusqu'à 50 % de mortalité chez les coraux, mais a été mineur en Polynésie française. A Tokelau, la surpêche a fortement dégradé les stocks en poissons lagonaires et bénitiers des lagons et pentes externes.

Des Aires Marines Protégées sont prévues dans la plupart des îles du Polynesia Mana. Le nœud Polynesia Mana, Pacifique sud-est du GCRMN prévoit de mettre en place une base de données régionale sous la coordination ou avec la coopération du nœud Pacifique sud-ouest (coordination par l'Université du Pacifique Sud), le Programme Régional Océanien de l'Environnement (PROE), le Réseau d'Action pour les Récifs Coralliens (ICRAN, ICRI) et Reefbase du World Fish Center (WFC).

Le P.G.E.M. de l'atoll de Fakarava

Agnès BENET

Bureau d'étude PROGEM, Papeete, Polynésie française

La Polynésie française a été saisie d'une demande de mise à jour de la réserve de biosphère de l'atoll de Taiaro. Appartenant à la commune de Fakarava dans l'archipel des Tuamotu, cet atoll, inhabité, ne répond plus au concept de biosphère redéfini dans la stratégie de Séville en 1995, puisque l'homme doit désormais être étroitement associé à la protection des écosystèmes, dans l'optique d'un développement durable. C'est pourquoi, la révision du dossier prévoit l'extension de la réserve de biosphère à l'ensemble des sept atolls de la commune de Fakarava. L'élaboration d'un plan de gestion de l'espace maritime, selon la méthode présentée précédemment, est alors prévue conjointement à la révision de ce dossier et sera à la fois l'outil réglementaire de cette réserve et l'outil de gestion adapté à son lagon. Pour des raisons pratiques, seul l'atoll de Fakarava est présenté ici. Une réserve naturelle, un rahui, une zone naturelle touristique et une zone d'activités divisent le lagon.

Stratégies optimales de lâcher en vue du ré-ensemencement et de l'amélioration des stocks d'holothuries de sable (*Holothuria scabra*)

Warwick NASH

WorldFish Center c/- Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia (w. nash@cgiar.org)

L'holothurie de sable grise (*Holothuria scabra*) peuple les herbiers et les fonds sableux côtiers de la Nouvelle-Calédonie et des autres pays tropicaux et subtropicaux. Parce qu'elle présente une valeur marchande, cette espèce a fait l'objet, dans de nombreuses régions, d'une pêche intensive ayant entraîné une raréfaction telle que les stocks mettront très longtemps à se reconstituer.

Il est possible d'accélérer la reconstitution des populations en procédant au lâcher dans le milieu naturel d'une grande quantité de juvéniles d'élevage qui, arrivés à maturité, peuvent contribuer à accroître les stocks de façon naturelle.

Notre projet de recherche porte sur la mise au point de méthodes permettant d'élever en bassins de grandes quantités de juvéniles d'holothuries de sable grises, destinées à être ensuite relâchées dans le milieu naturel. Les expériences en cours devraient nous permettre de connaître les taux de survie des juvéniles en fonction de différentes conditions de lâcher (type d'habitat, profondeur, taille au lâcher, heure du lâcher, densité au lâcher). La connaissance des conditions de lâcher optimales devrait permettre d'orienter les programmes de reconstitution des stocks.

L'élevage d'holothuries dans des bassins de crevetticulture : est-il viable ?

Warwick NASH

WorldFish Center c/- Secretariat of the Pacific Community
Noumea, New Caledonia (w. nash@cgiar.org)

L'holothurie de sable grise (*Holothuria scabra*) peuple les herbiers et les habitats sableux côtiers qu'affectionnent aussi nombre d'espèces de crevettes. Les holothuries ingèrent le sédiment et digèrent les nutriments qui le composent (matières organiques en décomposition et bactéries). Dans le cadre d'un projet visant à mettre au point des méthodes optimales de lâcher d'holothuries grises, nous étudions un système consistant à placer les juvéniles d'élevage dans des bassins de terre, pendant la phase passée en nourricerie, avant de les relâcher dans le milieu naturel.

Outre ce projet principal, nous menons des expériences visant à analyser la viabilité de l'élevage mixte de crevettes et d'holothuries. Si ces expériences s'avèrent concluantes, ce système d'élevage, grâce auquel on peut facilement trouver les surfaces de bassins nécessaires aux juvéniles d'holothurie grise pendant la phase passée en nourricerie, avant leur lâcher en milieu naturel, pourrait profiter aux crevetticulteurs. L'activité trophique des holothuries grises pourrait améliorer la qualité du sédiment et, partant, les taux de croissance et de survie des crevettes. Sans oublier que l'holothurie grise pourrait constituer une production secondaire non négligeable pour le crevetticulteur.

Certains problèmes entravent cependant l'élevage mixte crevettes/holothuries de sable. Il s'agit, premièrement, du comportement agressif des crevettes vis-à-vis des holothuries et, deuxièmement, de la toxine que dégage la peau de ces holothuries et qui, en contaminant l'eau des bassins, pourrait réduire les taux de croissance et de survie des crevettes. La première expérience d'élevage mixte de crevettes au stade post-larvaire et de juvéniles d'holothuries de sable n'a pas permis de démontrer que les holothuries grises avaient une quelconque incidence sur la survie ou la croissance des crevettes. Il n'a pas non plus été observé d'effet sur le taux de survie des holothuries, bien que leur croissance se soit avérée plus lente que celle des holothuries élevées en bacs sans crevette. Nous pensons que les effets de l'interaction entre les crevettes et les holothuries de sable dépendent sans doute de la taille des individus; des expériences ultérieures seront menées afin d'apporter des réponses à ces questions.

Quel est le rôle des hôtels dans la restauration récifale ?

Charles EGRETAUD

Bureau d'études Pae Tai Pae Uta, Papeete, Tahiti,Polynésie française (ptpu@mail.pf)

De nombreux hôtels de classe internationale sont construits sur des îlots à Bora-Bora. Certains hôtels aménagent des lagunes, mais tous bénéficient d'une concession maritime et construisent des bungalows sur l'eau. La création de jardins coralliens est une demande de plus en plus forte.

Trois exemples sont présentés et concernent :

1) La mise en place d'une population récifale dans la lagune artificielle de l'hôtel Méridien Bora-Bora, à des fins récréatives. L'objectif est de mettre en valeur un espace lagonaire clos et sécurisé.

2) La création d'un jardin corallien à l'hôtel Sofitel Motu avec la création de nurseries pour favoriser le maintien des poissons sur le site, la mise en place d'oasis coralliennes pour la découverte en apnée et la réhabilitation d'un site dégradé.

3) La mise en valeur du littoral du Bora-Bora Nui Resort and SPA. Cette opération la plus importante comprend, entre autres, la transplantation de 1500 colonies.

Ces opérations sont peu comparables entre elles, les budgets et les attentes étant différents. Les résultats écologiques sont satisfaisants après plusieurs mois d'installation des structures. Le résultat le plus significatif est celui du Méridien Bora-Bora. Il est dû en grande partie à la motivation et la volonté de son directeur

Projet de développement de la pêche artisanale commerciale d'espèces pélagiques au Vanuatu

Adrien MOURGUES

FAD Project, Département des Pêches, Port Vila, Vanuatu

Le Vanuatu est un archipel du Pacifique sud-ouest dont seule 1,4 % de la surface totale est constituée par des terres émergées. Il est donc naturel d'imaginer que l'économie du Vanuatu soit orientée de façon importante vers les ressources issues de la mer. Paradoxalement, et alors que les thonidés représentent l'une des principales ressources halieutique commercialisée dans le Pacifique intertropical, la population locale n'a que très faiblement accès à cette ressource, le plus souvent exploitée par une flotte extérieure au pays qui ne débarque pas ses prises. Ainsi près de 1200 tonnes de poissons en conserve sont importées annuellement pour une valeur de 1 469 000 $ US. L'objectif du projet, qui relève de l'application de recherches déjà effectuées, est de rendre accessible aux petits pêcheurs locaux la ressource pélagique et d'accompagner le développement d'une pêche artisanale.

Le projet financé par le Fonds de Coopération économique, sociale et culturelle pour le Pacifique comporte trois phases: 1) Réalisation/mise en place de 14 Dispositifs de Concentration de Poisson (DCP) de type Océan Indien dans l'archipel ; 2) Mise à disposition de matériel de pêche adapté à la pêche à la traîne des poissons pélagiques autour des DCPs et vulgarisation sur les méthodes de pêches appropriées/orientation; 3) Accompagnement de la création de coopératives/associations de pêcheurs en vue de la gestion des fonds de matériel de pêche et des futurs renouvellements des DCPs lorsque ceux-ci sont conduits à disparaître. Cette dernière phase est accompagnée de la récolte d'information sur les prises effectuées par les pêcheurs autours des DCPs.

Le Projet est en cours, cependant de nombreuses actions ont déjà été effectuées. Ce projet a été très favorablement reçu par les populations locales ainsi que par les autorités qui essaient de promouvoir les ressources halieutiques: l'année 2004 a été déclarée Année de la Mer et des Ressources Marines.

Les DCPs ont été assemblés sur place : 4 ont été mis en place dont 3 grâce au concours de la Marine Nationale française. Quelques missions de vulgarisation ont été réalisées et l'organisation des petits pêcheurs est engagée depuis la création d'un organisme d'échelon national dans un premier temps: Vanuatu Fishing Cooperatives Association.

Ce projet d'application de recherches antérieures est favorablement reçu par les populations. L'activité de pêche artisanale se développe rapidement autour des DCPs, ce qui génère également un phénomène d'appropriation du dispositif par certains groupes actifs de pêcheurs. Ce dernier phénomène pouvant conduire à des tensions. Un besoin de recherche sur les DCPs de petits fonds et leur efficacité au Vanuatu a été révélé afin de permettre aux pêcheurs équipés de canots à rames d'exercer une activité de pêche rentable.

L'élevage du picot raye, *Siganus lineatus*, famille des Siganidae

Franck LEGARREC, S. Lemouellic, C. Chauvet

Laboratoire d'Etudes des Ressources Vivantes et de l'Environnement Marin, Université de la Nouvelle-Calédonie (chauvet@univ-nc.nc)

Un travail du LERVEM mené sur les stocks naturels de Siganidés (Poissons Lapins) a montré que certaines espèces de cette famille pouvaient être de bons candidats pour l'aquaculture, tant sur le point de la rentabilité, de la simplicité des process d'élevage que du respect de l'environnement. Les Siganidés sont des poissons de la ceinture intertropicale. Plus de trois milliards d'humains sont habitués à les rencontrer sur les étals des poissonniers. Certaines espèces dont *Siganus lineatus* sont très appréciées.

Siganus lineatus est un poisson côtier, herbivore, grégaire, à pontes benthiques printanières et présente la plus forte croissance des espèces de cette famille. Avec l'aide de l'UNC, puis l'aide financière de l'ANVAR, la société Aqualagon travaille à la mise au point d'un process de pisciculture marine adaptée à cette espèce. L'expérience a débuté en octobre 2002 par l'installation d'une écloserie à l'UNC. La première période de 8 mois (janvier 2003 - septembre 2003) a permis de trouver sur deux groupes d'âges issus du milieu naturel, de bonnes conditions d'élevage : càd faible mortalité et alimentation adaptée donnant un meilleur taux de croissance que dans la nature. Un groupe de géniteurs a également été stabulé. D'octobre 2003 à janvier 2004, la ponte et la fertilisation des œufs ont été maîtrisées et plus de 10 000 alevins ont été conservés et grossis jusqu'à aujourd'hui. Des pontes extra-tempora ont été tentées avec succès, sans toutefois pouvoir conserver les juvéniles plus de quelques jours. La qualité des ovocytes due à une mauvaise condition des géniteurs semble en être la cause.

Les rassemblements de frai des poissons en milieux coralliens

Claude CHAUVET

Laboratoire d'Etudes des Ressources Vivantes et de l'Environnement Marin
Université de la Nouvelle-Calédonie (chauvet@univ-nc.nc)

Sous l'angle de vue des comportements de frai, les poissons peuvent être classés en deux groupes (1) les « Résidents » qui ne se déplacent pas pour pondre et demeurent sur leurs aires de nourrissage, (2) les « Transients » qui migrent et se rassemblent annuellement en grand nombre. Dans ce cas, les sites qui les accueillent ont des caractéristiques précises. Ce sont classiquement des zones côtières comme les mangroves ou les estuaires ou, pour un plus grand nombre, les passes de la barrière récifale. Le groupe des Transients concerne la plupart des grosses espèces d'intérêts halieutiques (Epinephelinés (mérous et loches), Lethrinidés (Becs et Bossus), Lutjanidés (Vivaneaux), Acanthuridés (p. Chirurgiens), Carangidés (Carangues), Scaridés (p. Perroquet)). Ainsi, en Nouvelle-Calédonie de septembre à février, ces sites de frais sont surpeuplés et des niveaux d'organisations « sociales » spécifiques et interspécifiques se mettent en place afin de gérer au mieux la faible quantité de ressources alimentaires et l'encombrement spatial. Cette organisation intègre le rythme des marées, celui de l'alternance des jours et des nuits et celui des phases de la lune.

Les œufs sont émis régulièrement et massivement, si bien que les grands planctonophages (raies Manta, requins baleines...) et les plus petits (petits pélagiques, Chanos chanos (Mekoua), etc) ont inscrit dans leurs déplacements un passage annuel au niveau des passes. Les conditions physiologiques et environnementales des adultes géniteurs leur font perdre toute vigilance ou toutes ressources à l'égard des prédateurs.

A tous ces écueils naturels minorant les capacités à se reproduire de chaque population, s'ajoutent les captures considérables de la pêche, notamment celle de la plaisance. Cette vulnérabilité exceptionnelle des poissons permet aux pêcheurs de réaliser en quelques pêches un tonnage supérieur à celui réalisé sur l'ensemble de l'année et sur l'ensemble du lagon.

Les préjudices que cette pêche occasionne dans ces rassemblements de frai sont non seulement quantitatifs mais également qualitatifs car elle déstructure les noyaux unitaires de frai fixés par les proportions spécifiques des sexes (sex-ratio). De plus, par son importance, cette pêche occasionne des marchés parallèles illégaux qui portent un préjudice à la filière commerciale légale.

Un suivi quantitatif des agrégations de quatre grosses espèces d'Epinephelines (Loches) est fait annuellement depuis 1992. Il indique une chute forte et sans équivoque des effectifs.

La démographie humaine de la Nouvelle-Calédonie étant en augmentation, il est urgent de prendre une mesure de protection des agrégations de frai, consistant à interdire toute pêche dans les passes du récif barrière entre la pleine lune de septembre et celle de janvier.

Dynamique des populations de Loches dans le lagon Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie Familles des Epinephelinae et des Plectropomidae

Claude CHAUVET

Laboratoire d'Etudes des Ressources Vivantes et de l'Environnement Marin
Université de la Nouvelle-Calédonie (chauvet@univ-nc.nc)

La littérature scientifique s'enrichit chaque jour de publications soulignant le rôle majeur que jouent les grands prédateurs pour l'équilibre des peuplements notamment pour ceux qui ont une forte biodiversité. Cependant, les populations haut placées dans la chaîne alimentaire ont une biologie et une physiologie qui les rendent plus vulnérables à la pêche que les autres. Certaines espèces de poissons de la famille des Epinephelinae et des Plectropomidae (Loches ou Mérous) sont au nombre de ces grands prédateurs benthiques du lagon. Le LERVEM suit et étudie 9 espèces. Toutefois, les études menées sur l'une d'elles, la Loche Bleue (*Epinephelus cyanopodus*), peuvent servir de modèle pour une gestion de l'ensemble de ces espèces. Sa biologie a été étudiée depuis 1992 : la croissance, la sexualité, le comportement de frai, le développement des juvéniles ainsi que la typologie des gîtes aux différents âges. Par ailleurs on dispose des statistiques de la pêche professionnelle depuis 1996 pour le lagon Sud-Ouest ainsi que des estimations des captures plaisancières pour la même zone.

Les conclusions indiquent que ce poisson n'est pas encore surexploité, bien que les effectifs dans les rassemblements de frai aient diminué dans une proportion de 1 à 10 durant les 6 dernières années. D'importants recrutements en 1996 et 1997 expliquent ces faits apparemment contradictoires. Ces réussites de pontes exceptionnelles relevent notablement le niveau des effectifs accessibles à la pêche depuis l'année 2000. Le recrutement 2003 fut également important.

En conclusion, tout semble indiquer que le stock de Loches Bleues se maintient grâce aux aléas de recrutements exceptionnels et cela malgré une importante pression de pêche. Les stocks d'*E. maculatus* (Grisette) et de *Plectropomus leopardus* (Saumonée) se comportent de manière similaire. Ces espèces bénéficient toutefois d'une fréquence plus élevée de bons recrutements. E. *fuscoguttatus* (Loche marron),) et P. *Laevi* (Saumonée grosse race) hautement ciguatoxiques, pressentent des effectifs d'une remarquable stabilité. En revanche, le stock d'*E. polyphekadion* (Loche crasseuse) décline de façon perceptible. Quant aux stockx d'*E. malabaricus* (Mère Loche) et plus encore celui d'*E. lanceolatus* (Loche Carite), ils sont gravement décimés et E. *coioïdes* (Loche de Prony) semble profiter du déclin d'*E. malabaricus* pour étendre son habitat lagonnaire.

Des interdictions de pêche dans les agrégations de frai devraient constituer des mesures suffisantes pour prévenir le déclin de la plupart de ces espèces. Toutefois, en ce qui concerne E. *malabaricus* et E. *lanceolatus,* un moratoire sur leur pêche apparaît comme la seule mesure d'urgence pouvant encore enrayer leur déclin, voire leur disparition (notamment pour la L. Carite). Ce type de décision irait d'ailleurs dans le sens des recommandations de l'UICN.

Variations spatiotemporelles de l'approvisionnement en jeunes poissons du lagon de Wallis

Matthieu JUNCKER

Laboratoire des Ressources Vivantes et de l'Environnement Marin (LERVEM)
Université de la Nouvelle-Calédonie

L'étude des peuplements de poissons récifaux de Wallis a montré d'importantes fluctuations des abondances spécifiques. Afin de comprendre ces variations, une étude a été engagée sur l'approvisionnement du lagon en jeunes poissons.

La plupart des poissons des milieux récifaux ont gardé des phases dispersives océaniques dans leur cycle de développement. A l'issue de cette phase, ils colonnisent les récifs. L'étude menée à Wallis a permis de constater que la colonisation s'opère principalement au moment des quartiers de lune lorsque les conditions de luminosité et de hauteur d'eau sur le récif barrière sont favorables. Un total de 45 127 jeunes poissons appartenant à 131 espèces a été collecté à l'aide de filets de crête. Les résultats indiquent une homogénéité de la présence dans les trois filets des espèces les plus fréquentes, quelle que soit l'orientation de ces derniers. En revanche, les espèces peu abondantes (effectifs cumulés compris entre 6 et 100 individus) et rares (effectifs cumulés ≤ 5 individus) ne sont pas réparties de manière homogène. Ces observations permettent d'émettre l'hypothèse que les nuages de poissons juvéniles des espèces abondantes doivent entourer l'île sur plusieurs dizaines de kilomètres, alors que les espèces peu abondantes et rares forment des agrégats de petite taille. Le suivi temporel de la colonisation révèle d'importantes variations au cours de l'année avec deux pics d'abondances: l'un en été et l'autre en hiver austral. Nos résultats diffèrent sensiblement de ceux obtenus dans d'autres études similaires menées dans les océans Pacifique et Indien pour lesquelles les abondances les plus fortes ont été constatées aux périodes les plus chaudes de l'année et fréquemment au moment des nouvelles lunes.

Recherche d'indicateurs des effluents d'élevages de crevettes de Nouvelle-Calédonie et modélisation des flux de nutriments

P. PAGAND (1), Lemonnier H. (2), Herbland A. (2)

(1) Université de Nouvelle Calédonie - LERVEM, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Ifremer – IAC, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

L'élevage de crevettes en Nouvelle-Calédonie connaît actuellement un essor important : douze fermes de grossissement, représentant 500 hectares de bassins, installées en arrière de mangrove, produisent 1800 tonnes de crevettes par an. Cette activité devrait se renforcer puisqu'il est prévu, à l'horizon 2007, d'accroître la production annuelle à 5000 tonnes sur une surface d'environ 1000 ha. Toutefois, la multiplication des fermes, l'augmentation de la production et la possible intensification des systèmes d'élevage sont susceptibles d'augmenter la pression sur l'environnement et de provoquer des modifications dommageables de la mangrove et du lagon. Afin de pérenniser cette activité, fortement dépendante de la qualité de son environnement, et de conserver l'image « respect de l'environnement » dont bénéficie aujourd'hui la production aquacole, il est indispensable de préserver ce milieu.
Aussi, la gestion de l'environnement littoral par les services compétents nécessite à la fois une bonne connaissance de la qualité et des quantités de déchets exportés par les fermes d'élevage et la possibilité de suivre leur devenir dans le milieu receveur. A cet effet, les objectifs de ce travail sont : (i) de rechercher des indicateurs permettant de suivre le devenir des effluents dans le milieu lagonaire et (ii) de concevoir, à partir des paramètres de gestion des élevages, un modèle prédictif des flux azotés et phosphorés. Cette étude sera réalisée pendant la période de production 2004 par un suivi des différents paramètres de l'eau des baies et des effluents issus de deux fermes de production (Pénéides de Ouano et La Sodacal).

Identification génétique des populations de *Beryx splendens* Poissons des fonds de la Zone Economique Exclusive de la Nouvelle-Calédonie

Lauriana LEVY

Laboratoire d'Etudes des Ressources Vivantes et de l'Environnement Marin
Université de la Nouvelle-Calédonie, Laboratoire Ifremer-MHNP
Concarneau (laurianalevy@hotmail.com)

Dans le cadre d'un éventuel développement de la pêche hauturière et afin d'éviter la surexploitation, il est nécessaire de préciser les unités de stocks et les limites géographiques des populations.
La présente étude porte sur des échantillons de *Beryx splendens* provenant de zones géographiques diverses. L'analyse comparative des séquençages d'ADN permet de fixer la répartition des populations distinctes et de comprendre les éventuelles interrelations.
Deux fragments moléculaires (Cytochrome B et D-Loop) ont été définis et sont utilisés par alignement sur près de 2000 pb afin de distinguer les variétés génétiques. Ce travail est mené à deux échelles spatiales: la Zone Exclusive Économique calédonienne et l'échelle mondiale.
Différents lots d'échantillons ont été obtenus par chalutage ou par échanges entre scientifiques (Et nous remercions nos collègues du Japon, de Nouvelle-Zélande, d'Australie, des Amériques, d'Afrique et d'Europe).
Les premiers résultats semblent indiquer que les stocks de *Beryx* se présentent sous la forme de différentes populations cloisonnées. Il n'y aurait donc que peu ou pas d'échange entre ces unités de reproduction. S'agissant de plusieurs stocks indépendants, cette ressource serait alors particulièrement vulnérable à l'exploitation.

Le Département Ressources marines de la CPS

Le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS), créé en 1947 sous le nom de «Commission du Pacifique Sud», est la plus ancienne organisation régionale du Pacifique. Le mandat de la CPS consiste à aider les populations ocaéniennes à prendre et à appliquer en connaissance de cause les décisions relatives à leur avenir par le biais de l'assistance technique, de la formation et de la recherche. La CPS, par l'intermédiaire de son département Ressources marines, reconnaît le rôle vital de la pêche dans la vie de la région et elle s'emploie à aider les états et territoires océaniens, aux niveau régional, national et local, à exploiter durablement et de façon productive les ressources halieutiques.

Pour plus d'informations : www.spc.int

SPC Marine Resources Division

The Secretariat of the Pacific Community, established in 1947 as the «South Pacific Commission», is the oldest regional organisation in the Pacific. SPC's mission is to help Pacific Island people to make and implement informed decisions about their future through technical assistance, training and research. SPC, through its Marine Resources Division, recognises the vital role of fisheries in the life of the region and is committed to assisting Pacific Island countries and territories maintain productive fisheries that are fully sustainable at regional, national and community levels.

For further information: www.spc.int

Écosystèmes terrestres : biodiversité et valorisation des ressources

Communications orales

Terrestrial ecosystems: biodiversity and resource development

Oral presentations

Pourquoi les flores et faunes insulaires sont-elles à la fois si riches, si étranges et si vulnérables ?

Jacques BLONDEL

CEFE-CNRS, Montpellier, France

Bien que la théorie de biogéographie insulaire de MacArthur & Wilson ait, par son caractère heuristique indiscutable, servi de cadre à une multitude d'études fondamentales et appliquées à la conservation, le caractère biologiquement irréaliste de plusieurs de ses prémisses la rend peu opérationnelle. D'où une multitude de controverses, notamment à propos de deux de ses pierres angulaires, à savoir les renouvellements d'espèces et les richesses spécifiques à l'équilibre. Après avoir défini les différentes catégories d'isolats spatiaux sur un gradient allant des îles océaniques aux fragments d'habitat continentaux, on introduira la notion de *fonctionnalité insulaire* (par opposition à la *fonctionnalité continentale*) pour désigner l'ensemble des processus écologiques et évolutifs qui conduisent les biotas insulaires – populations, espèces, assemblages d'espèces – à acquérir une identité qui les rend stables et robustes à condition que leurs relations au monde extérieur ne changent pas. Cette identité se définit par un ensemble d'adaptations propres à chaque île et qui se déclinent à plusieurs échelles : flores et des faunes (degré d'endémisme), interactions entre espèces (relations aux compétiteurs, prédateurs et parasites), traits d'histoire de vie (composantes du syndrome d'insularité). L'essentiel de ces adaptations se caractérise par une relation à l'espace qui est fondamentalement différente de celle des organismes continentaux. L'holocauste des biotas insulaires, qui s'avère effrayant par le nombre d'espèces éteintes qui s'accumulent dans les archives fossiles, est dû *in fine* à la disparition de leur fonctionnalité qu'entraîne la rupture de leur isolement spatial. Cette rupture est inéluctable dès que l'homme et les espèces qui l'accompagnent envahissent les îles dont les espèces qui les peuplent sont naïves et totalement désarmées face à de nouveaux compétiteurs et prédateurs.

Bien qu'elles soient difficiles à mettre en oeuvre en raison de la globalisation des échanges entre îles et continents, les mesures conservatoires qui seraient les plus efficaces à long terme pour enrayer l'érosion de la biodiversité seraient de maintenir la fonctionnalité des communautés insulaires, laquelle nécessite que soient maintenus en l'état les milieux dans lesquels les espèces ont évolué et que soient évitées toutes les invasions qui entraînent de nouvelles pressions de sélection dévastatrices. C'est à ce prix qu'on pourra espérer conserver une biodiversité qui reste étonnamment élevée pour de nombreux groupes animaux et végétaux, sans compter toutes les espèces et sous-espèces qu'il reste à décrire.

Why is it that island flora and fauna are so rich and unusual and yet so vulnerable?

Jacques BLONDEL

CEFE-CNRS, Montpellier, France

Although MacArthur and Wilson's island biogeographical theory has been used, owing to its indisputably heuristic nature, as a basis for a host of pure and applied studies on conservation, the biologically unrealistic nature of several of its premises makes it somewhat unusable. This has given rise to a great number of controversies, particularly in regard to two of its foundational tenets, ie species renewal and equilibrium-specific richness. After defining the various spatial isolate categories on a scale ranging from ocean islands to continental habitat fragments, the notion of *island functionality* (as opposed to *continental functionality*) will be introduced to refer to all ecological and developmental processes that lead to a strong, stable identity for island biota – populations, species and assemblies of species – as long as their relationship with the outside world remains unchanged. Identity is defined by a number of adaptations which are peculiar to each island and described according to several scales: flora and fauna (degree of endemicity), interaction with other species (relationship with competitors, predators and parasites) and life-history characteristics (island syndrome components). A feature of most of these adaptations is a relationship to space that differs from that of continental species. The island biota holocaust is frightening, due to the number of extinct species lying in the fossil record, and ultimately results from their loss of functionality caused by the disruption of their spatial isolation. Such disruption is inevitable when man and the species that come with him invade islands, where the native species are naïve and totally unprepared for the new competitors and predators.

Although difficult to apply, due to globalised trade between islands and continents, the most effective conservation methods in the long term for preventing biodiversity erosion would be to maintain island community functionality, which would require leaving the environments in which the species developed untouched and prevent any incursions that would introduce new and devastating selection pressures. Only by making such sacrifices could the still astoundingly high biodiversity for many animal and plant groups be preserved, not to mention all the species and subspecies that are as yet undescribed.

De la connaissance spécifique à l'approche biomoléculaire des écosystèmes terrestres insulaires du Pacifique

Bruno FOGLIANI (1) *et al.*

(1) Laboratoire de Biologie et Physiologie Végétales Appliquées, Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La richesse de la biodiversité française est mondialement reconnue. Dans le Pacifique, la Nouvelle-Calédonie, la Polynésie française, Wallis et Futuna représentent 5 des 17 éco-régions françaises identifiées par le WWF. CI considère d'ailleurs la Nouvelle-Calédonie comme un *hotspot* de la planète, en raison de son exceptionnelle biodiversité spécifique.

La faune et la flore terrestres dans ces archipels sont encore loin d'avoir dévoilé tous leurs secrets. Des espèces inédites sont régulièrement découvertes dans des zones insuffisamment explorées. Certains groupes restent peu étudiés par manque de spécialistes (microflore des sols du « maquis minier » néo-calédonien, etc). Les programmes engagés pour collecter, répertorier et décrire ces populations demeurent insuffisants.

Les techniques modernes de caractérisation de la biodiversité spécifique, notamment la biologie moléculaire, ont conduit à reconsidérer l'espèce non plus sur des critères strictement morphologiques, mais selon ses potentialités génétiques intrinsèques. Cette nouvelle approche a permis de conforter, voire d'infirmer des identifications établies selon des méthodes morphologiques classiques. Il n'en reste pas moins qu'à l'heure actuelle, il paraît peu réaliste de ne pas associer ces deux méthodes complémentaires. Dans ce domaine en pleine évolution de nombreux exemples existent (Santal, Monarques, etc).

Tous ces exemples montrent qu'au-delà de l'espèce seule, c'est tout l'écosystème dans lequel elle se développe qui doit d'être pris en compte. Aussi les études « du vivant » sont-elle dorénavant pluridisciplinaires, intégrant entre autres des données d'ordre biologique, écologique et biochimique. Ce nouveau type d'approche est essentiel à la compréhension des phénomènes complexes mis en jeu (cycles biologiques, facteurs environnementaux, etc).

Les recherches engagées sur les écosystèmes terrestres insulaires du Pacifique doivent être développées et élargies pour compenser le retard encore trop important en matière de connaissance spécifique de nombreux groupes animaux ou végétaux. Elles devront être complétées par des études de biologie moléculaire indispensables pour comprendre les stratégies évolutives de ces groupes aussi bien au plan de leurs adaptations morphologiques, physiologiques que comportementales. Les données, qui devront être acquises dans les prochaines années, seront essentielles à la compréhension, la préservation et la gestion de la biodiversité des régions françaises d'outre-mer.

From specific knowledge to a biomolecular approach to Pacific Island terrestrial ecosystems

Bruno FOGLIANI (1) *et al.*

(1) Applied Biology and Plant Physiology Laboratory, University of New Caledonia, Noumea, New Caledonia

French biodiversity's richness is recognised worldwide. In the Pacific, New Caledonia, French Polynesia and Wallis and Futuna account for 5 of the 17 French ecoregions identified by WWF. IC considers New Caledonia to be one of the Planet's hotspots, because of its remarkably specific biodiversity. The terrestrial fauna and flora in these island groups still hold many secrets. Previously unknown species are regularly discovered in these under-explored areas. Some groups (eg the microflora of New Caledonia's "mining scrub") still have not been properly studied because of a shortage of specialists. Programmes set up to collect, catalogue and describe these populations are still inadequate.

Modern methods of characterising specific biodiversity, particularly molecular biology, have led to species' being defined according to their intrinsic genetic potential rather than strictly morphological criteria. Using this new approach, identifications based on standard morphological methods can be confirmed or invalidated. It is currently unrealistic, however, not to combine both of these complementary methods. There are many examples that can be provided in this rapidly changing field (such as sandalwood and monarch butterflies, etc).

These examples illustrate that the entire ecosystem in which the species live should be considered rather than the species in isolation. In addition, studies of "living things" have become multidisciplinary, integrating biological, ecological, biochemical and other data. This new type of approach is essential to understanding the complex phenomena at work, such as biological cycles and environmental factors.

Research into Pacific island terrestrial ecosystems must be developed and broadened to make up for still too wide a gap in terms of specific knowledge on many animals and plants. It should be supplemented by molecular biology studies that are essential for understanding these groups' development strategies as well as their morphological, physiological and behavioural adaptation. The data that should be gathered in coming years will be vital for understanding, preserving and managing biodiversity in French overseas regions.

Altération de la biodiversité terrestre des îles françaises du Pacifique : effets de l'anthropisation et des invasions biologiques

Michel de GARINE-WICHATITSKY (1), N. Barré (1), V. Blanfort (1), F. Brescia (1), J. Chazeau (2), T. Jaffré (2), H. Jourdan (2), J-Y. Meyer (3), J. Tassin (1)

(1) Institut Agronomique néo-Calédonien (IAC), Port-Laguerre, Païta, Nouvelle-Calédonie ; (2) Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; (3) Délégation à la recherche, Gouvernement de Polynésie française

La biodiversité des territoires français du Pacifique représente une part importante de la biodiversité de l'ensemble du territoire national. Les principales menaces d'origine humaine qui pèsent sur ce patrimoine biologique sont de trois ordres.

La destruction des habitats a essentiellement été le fait des feux qui ont eu un impact important par le passé sur certaines formations végétales (e.g. forêts sèches et maquis de basse altitude en Nouvelle-Calédonie). La plupart des zones qui devaient brûler ont déjà subi l'action des feux, et aujourd'hui, ce sont essentiellement les défrichements pour l'extension des zones agricoles et l'urbanisation qui menacent certains milieux naturels (mangroves, forêts sèches). En Nouvelle-Calédonie, l'exploitation minière et, dans une moindre mesure, l'exploitation forestière, contribuent à la régression des maquis et des forêts humides, à la fois par la destruction directe du couvert végétal et par l'ouverture de voies de pénétration pour les espèces allochtones.

Un nombre important d'espèces allochtones a été introduit dans les îles françaises du Pacifique. L'impact des espèces envahissantes sur la biodiversité de ces territoires est sans doute largement mésestimé, car il n'a fait l'objet d'études que de manière relativement récente et seulement sur certains groupes. Des études ont été consacrées aux espèces les plus agressives, à la fois végétales (*Miconia calvescens* en Polynésie française, adventices des pâturages en Nouvelle-Calédonie) et animales (*Cervus timorensis, Rattus rattus, Anas platyrhynchos et Wasmannia auropunctata* en Nouvelle-Calédonie). Elles ont montré que ces espèces généraient des altérations profondes de la composition spécifique et du fonctionnement des écosystèmes indigènes, souvent accompagnées d'impacts économiques notables.

La surexploitation des espèces végétales et animales indigènes constitue également une menace importante. La coupe d'essences forestières (*Santalum austrocaledonicum, Arillastrum gummiferum*) a entraîné la raréfaction locale de certaines populations et un appauvrissement de la diversité dans plusieurs massifs. Une chasse excessive entraîne également une baisse

alarmante des effectifs de gibiers endémiques (carpophages endémiques de Nouvelle-Calédonie et de Polynésie française, chiroptères frugivores), de même que la surexploitation par la cueillette (escargots du genre *Placostylus*). La chasse permet cependant le contrôle des populations de certaines espèces envahissantes (cerf rusa et cochon sauvage en Nouvelle-Calédonie).

L'urgence en terme de recherche est d'identifier et de hiérarchiser les menaces qui pèsent sur les principales espèces et milieux sensibles. La mise en place de dispositifs (observatoires) permettant le suivi à moyen et long terme de la dynamique de ces milieux sous l'action de ces menaces, associés à des mesures actives de gestion, permettront une meilleure compréhension des facteurs d'altération de la biodiversité et d'améliorer leur prévention.

Adverse impacts on terrestrial biodiversity in the French Pacific Islands: effects of human activity and biological invasions

Michel de GARINE-WICHATITSKY (1), N. Barré (1), V. Blanfort (1), F. Brescia (1), J. Chazeau (2), T. Jaffré (2), H. Jourdan (2), J-Y Meyer (3), et J. Tassin (1)

(1) New Caledonian Agricultural Institute (IAC), Païta, New Caledonia ; (2) IRD Noumea Centre, New Caledonia ; (3) Research Division, French Polynesian Governement

French Pacific territories account for a significant portion of the nation's overall biodiversity. The main human threats to these biological assets fall into three categories. Habitat loss has mainly been caused by fire that had a major impact in the past on some plant formations, such as dry forest and low-altitude scrub. Most areas that required burning have already been burnt and today the main threat to some natural environments, ie mangroves and dry forest, is bush clearance for expanding agriculture and towns. In New Caledonia, mining and, to a lesser extent, logging, are contributing to the retreat of scrubland and rainforest, by both directly destroying plant cover and creating pathways for introduced species. A large number of exotic species have been introduced to the French Pacific islands. The impact of invasive species on French territories' biodiversity has clearly not been fully estimated, as it has only relatively recently been studied and then solely for certain species. Studies have concentrated on the most aggressive plant (*Miconia calvescens* in French Polynesia and weeds and pastures in New Caledonia) and animal species (*Cervus timorensis, Rattus rattus, Anas platyrhynchos and Wasmannia auropunctata* in New Caledonia). They have shown that these species have had a profound impact on native ecosystems' specific composition and functioning, often accompanied by significant economic repercussions.

Another major threat is the overuse of native plant and animal species. Logging of forest species such as *Santalum austrocaledonicum and Arillastrum gummiferum* has led to local depletion and impoverished diversity in several mountain areas. Overhunting has also brought about an alarming fall in endemic game numbers (New Caledonian and French Polynesian endemic pigeons and fruit bats), as has excessive harvesting of *Placostylus* snails. Hunting, however, keeps down populations of some invasive species, such as the rusa deer and wild boar in New Caledonia.

The most urgent tasks in research terms are to identify and classify by order of importance the threats from the main species and to sensitive environments. Facilities, such as observatories for monitoring the dynamics of these environments when responding to such threats, combined with active management, will lead to a better understanding of factors that undermine biodiversity and will improve prevention.

2

Gestion de la biodiversité terrestre dans les îles françaises du Pacifique

Jean-Yves MEYER

Délégation à la recherche, Gouvernement de Polynésie française, Papeete, Tahiti, Polynésie française

La biodiversité terrestre des îles françaises du Pacifique (Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Wallis et Futuna) est confrontée aux mêmes menaces (disparition, fragmentation et modification des habitats, invasions par des espèces introduites, surexploitation des ressources, accroissement de la pression et des activités humaines) et à l'urgence à agir pour sauvegarder des habitats uniques et des espèces endémiques menacés de disparition à court-terme. Les mesures réglementaires (espèces et aires protégées) mises en place depuis les années 1950–70 sont insuffisantes (les parcs et réserves naturelles ne représentent que 2 à 3 % de la surface terrestre de Polynésie française et de Nouvelle-Calédonie, il n'en existe aucun à Wallis et Futuna). Depuis une dizaine d'années, plusieurs programmes contribuant à gérer et conserver la biodiversité terrestre ont été menés dans les îles française du Pacifique, dans les trois directions suivantes :

- conservation *in situ* avec la réhabilitation des anciens sites miniers et la restauration d'habitats en Nouvelle-Calédonie en utilisant des plantes indigènes et endémiques, la sauvegarde de vestiges de forêts sèches en Nouvelle-Calédonie (mise en clôture), la translocation d'oiseaux endémiques menacés (*Vini ultramarina, Ducula galeata*) en Polynésie française pour constituer des populations de sauvegarde ;
- conservation *ex situ* avec la multiplication et la plantation des santals endémiques en Polynésie française et Nouvelle-Calédonie, l'élevage en captivité d'espèces animales endémiques (escargots *Partula* en Polynésie française ou *Placostylus* en Nouvelle-Calédonie) ;
- contrôle des espèces introduites envahissantes avec la lutte manuelle et biologique contre l'arbre *Miconia calvescens* en Polynésie française, lutte manuelle et chimique contre l'arbuste *Mimosa invisa* à Wallis et Futuna, la lutte chimique et hormonale contre les mouches des fruits *Bactrocera spp.* en Polynésie française et Nouvelle-Calédonie, les essais de lutte chimique (barrières et appâts toxiques) contre la fourmi *Wasmannia auropunctata*, la gestion des populations de cerf *Cervus timorensis russa* et celle des mauvaises herbes des pâturages en Nouvelle-Calédonie.

Si ces programmes ont donné des résultats satisfaisants face aux menaces existantes, des mesures pro-actives sont également nécessaires, notamment en matière de prévention contre l'introduction de nouvelles espèces envahis-

santes dans les agro-systèmes et les écosystèmes naturels (systèmes d'alerte précoce, protocole d'évaluation des risques, renforcement ou création de quarantaines, durcissement de la législation). Une collaboration accrue entre îles françaises du Pacifique et avec les pays voisins de la zone s'impose en matière de gestion et de conservation de la biodiversité (échange des informations, partage des connaissances, développement de réseaux d'experts, transfert de technologies, formation des personnels) afin de faire face à des problèmes aux dimensions régionales plutôt que nationales ou locales.

Management of Terrestrial Biodiversity in the French Pacific Islands

Jean-Yves MEYER

Délégation à la recherche, French Polynesia Government, Papeete, Tahiti, French Polynesia

Terrestrial biodiversity in all French Pacific Islands (French Polynesia, New Caledonia and Wallis and Futuna) is faced with the same threats, ie extinction, habitat fragmentation and change, introduced species invasion, resource depletion, increased pressure and human activity. Action urgently needs to be taken to save unique habitats and highly endangered species. Regulatory measures for protected species and areas introduced from the 1950's to the 1970's are inadequate. Natural parks and reserves account for only 2 to 3 % of French Polynesia and New Caledonia's land area and there are none in Wallis and Futuna. Over the last decade, several programmes involving terrestrial biodiversity conservation have been conducted in the French Pacific Islands in the following areas:

- *in situ* conservation with former mine site rehabilitation and habitat restoration in New Caledonia using native and endemic plants, saving dry forest remnants in New Caledonia (fencing) and relocating endangered endemic bird life (*Vini ultramarina, Ducula galeata*) in French Polynesia to set up rescue populations;
- *ex situ* conservation with endemic sandalwood breeding and planting in French Polynesia and endemic animal species breeding in captivity (*Partula* snails in French Polynesia or *Placostylus* in New Caledonia);
- managing introduced invasive species through manual and biological control of *Miconia calvescens* in French Polynesia, manual and chemical control of the *Bactrocera spp* fruit fly in French Polynesia and New Caledonia, chemical control trials using toxic barriers and baits against the *Wasmannia auropunctata* ant and managing *Cervus timorensis russa* deer and pasture weed populations in New Caledonia.

Although these programmes have yielded satisfactory results with existing threats, proactive measures are also required, particularly with regard to the prevention of new invasive species in agrosystems and natural ecosystems (early warning systems, risk assessment protocols, strengthening or setting up quarantine facilities and tightening up legislation). Increased co-operation is required between French Pacific Islands and neighbouring countries in the region in biodiversity conservation and management (with information exchange, knowledge sharing, expert network development, technology transfer and staff training) so as to handle issues that are regional in scope rather than national or local.

Valorisation de la biodiversite terrestre des iles francaises du Pacifique : ressources et potentialites

Phila RAHARIVELOMANANA (1), T. Teai (1), A. Gicquel (1), P. Cabalion (2), J.-M. Bouvet (3)

(1) Laboratoire de chimie des substances naturelles, Université de la Polynésie française, Faaa, Polynésie française
(2) Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(3) CIRAD Département « Arbres et Plantations », Montpellier, France

La biodiversité est un concept complexe dont la valorisation peut avoir un sens économique, écologique ou socio-culturel.
Les îles françaises du Pacifique Sud présentent une biodiversité terrestre riche, originale et fragile comportant de réelles potentialités à valoriser. Cette biodiversité peut être valorisée économiquement de deux manières : par voie directe (production de biens) ou par voie indirecte (fourniture de services).
Les possibilités de valorisation occupe un domaine très vaste incluant l'alimentation, l'artisanat, l'industrie, le tourisme, etc.
La démarche classique de valorisation rationnelle des ressources naturelles comporte plusieurs étapes telles que l'inventaire des ressources, leur caractérisation, le recensement des différentes utilisations et intérêts, l'étude des tendances et marchés, etc.
Les travaux d'inventaire (flore, faune, produits agricoles, sites naturels, etc) apportent de nouveaux éléments de réflexion pour recenser les ressources naturelles potentiellement intéressantes à exploiter.
L'optimisation de la valorisation d'une ressource naturelle (végétale ou animale) nécessite une bonne connaissance de ses caractéristiques physico-chimiques, chimiques, génétiques ainsi que ses pôles d'intérêt comme l'activité biologique (exemples du santal et du tamanu).
La compilation des diverses possibilités d'utilisations traditionnelles ou modernes d'une substance contenant de métabolites d'intérêt pourrait être une source d'inspiration pour de nouvelles pistes de valorisation.
L'étude des tendances en matière de produits naturels et la prospection de marchés porteurs (tels que les produits bio ou les produits exotiques par exemple) est indispensable pour orienter judicieusement le choix des produits à valoriser.
De nouvelles voies de valorisation sont à explorer dans le but de développer une économie durable basée sur des filières de produits naturels innovants et respectueuse de la biodiversité. Il est nécessaire de connaître la biodiversité dans son ensemble pour bien la gérer et la valoriser au mieux. Des recherches à caractère pluridisciplinaire devraient être menées dans ce but.

Terrestrial biodiversity development in the French Pacific islands: resources and potential

Phila RAHARIVELOMANANA (1), T. Teai (1), A. Gicquel (1), P. Cabalion (2), J.M. Bouvet (3)

(1) Natural Substance Chemistry Laboratory, University of French Polynesia, Faaa, French Polynesia
(2) IRD Noumea Centre, New Caledonia
(3) CIRAD "Trees and Plantations" Department, Montpellier, France

Biodiversity is a complex concept in which development can mean economic, environmental, social or cultural.
The French Pacific Islands have a rich, original and fragile biodiversity with real development potential. It could be economically developed in two ways, ie directly by producing goods or indirectly by providing services.
The development potential spans a very broad range of areas including food, handicraft, industry and tourism, etc.
Standard natural resource development procedure is carried out in several stages, such as listing the resources, describing them, recording their various uses and economic value, trend analyses, market studies, etc.
Inventory work (flora, fauna, agricultural produce and natural sites) provides further ideas for listing natural resources with economic potential.
Optimised natural (plant or animal) resource development requires thorough knowledge of the resource's physico-chemical, chemical and genetic characteristics as well as particularly relevant aspects, such as biological activity (eg sandalwood and tamanu).
Compiling the various traditional or modern uses of a substance containing marketable metabolites could inspire further development options.
Analysing natural product trends and identifying growth markets, such as organic or exotic products, is essential in order to choose products wisely for development.
New development options should be explored with the aim of developing a biodiversity-friendly economy based on innovative natural products. Biodiversity needs to be fully understood for better development and management and multidisciplinary research should be conducted with this aim in mind.

Les latérites en environnement tropical, source de métaux économiques

Fabrice COLIN (1,2) et D. Nahon (2)

(1) IRD, UMR161, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) CEREGE, UMR161, 13545, Aix en Provence, France

Les latérites sont des formations superficelles développées au dépend des roches de la lithosphère dans des conditions climatiques tropicales. La nature de ces formations est ainsi principalement fonction de la nature de la roche parentale et des agents atmosphériques.

Au sein de la ceinture tropicale et depuis plus de 60 millions d'années, les latérites ont ainsi transformé les minéraux primaires en minéraux et produits amorphes, dit secondaires, en constituant des manteaux d'altération, véritable masque de sols rouges (couleur due à la présence prépondérante de fer) caractérisant les paysages latéritiques.

L'épaisseur des latérites peut varier de quelques dizaines de mètres à quelques centaines de mètres en fonction de l'importance des processus qui les affectent, à savoir la dissolution géochimique et l'érosion mécanique, dépendant étroitement de l'évolution du climat et de la stabilité tectonique des substrats. Ainsi, les conditions à long terme favorisant la genèse des latérites sont essentiellement présentes au sein de la ceinture tropicale, et sur les formations géologiques de type ancien (archéennes) ou en dérivant. Or, ces roches contiennent généralement des métaux comme le fer, l'aluminium, le manganèse, le nickel, le chrome, le cuivre et des métaux précieux comme l'or, le palladium, le platine. Lors de la genèse des latérites, les minéraux parentaux sont hydrolysés et les éléments les moins mobiles, en particulier ces métaux, sont concentrés au sein des latérites meubles. Ces occurences superficielles sont faciles à atteindre par l'homme et d'un coût moindre d'exploitation, ils constituent alors des gisements économiques.

A ce jour, la plupart des pays tropicaux tirent une grande ressource socio-économique et de développement de ces gisements latéritiques. Dans la région Pacifique, l'Australie (or et nickel) la Papouasie Nouvelle-guinée (or), et la Nouvelle-Calédonie (nickel, cobalt) en sont les principaux exemples.

La recherche se décline fondamentalement en développant des études géomorphologiques, minéralogiques, géochimiques et géophysiques de l'échelle du paysage à celle de l'atome, par l'utilisation de traceurs de la genèse et de l'évolution des latérites. Elle se décline logiquement parallèlement au plan appliqué car donnant des informations précieuses sur la nature des gisements étudiés. En Nouvelle-Calédonie, ces recherches fédèrent ainsi les

institutions et organismes de recherche publics, les opérateurs miniers et les collectivités territoriales. Elles s'organisent bien sûr autour des objets miniers étudiés dans une dimension écosystémique latérites/biosphère et hydrosphère en miroir d'étude de sols, de la biodiversité et des eaux (nappes, rivières et lagon). Cette recherche apporte des informations utiles à l'exploration et l'exploitation du nickel principalement et également à la gestion et préservation de l'environnement au sens large. En effet, les sols latéritiques supportent une biodiversité remarquable et constituent un milieu de vie particulièrement sensible aux perturbations anthropiques potentielles, qu'il convient de mieux connaître, pour en mesurer et en diminuer les effets négatifs potentiels.

Ces études sont développées avec un partenariat local, régional et international, qui devra être renforcé dans un futur proche. L'aspect fédérateur et exemplaire résultera du fait que la problématique «mine (ressources de développement économique et social) et environnement (développement local durable)» se pose pour les pays de la région Pacifique, mais aussi pour l'ensemble des pays du sud et ceci, dans un espace culturel diversifié.

Laterites in Tropical Environments as a Source of Marketable Metals

Fabrice COLIN (1,2) and D. Nahon (2)

(1) IRD, UMR161 , Noumea, New Caledonia,
(2) CEREGE, UMR161, 13545, Aix en Provence, France

Laterites are surface formations developed at the expense of lithospheric rock in tropical climates. The nature of a formation depends mainly on the parent rock and atmospheric conditions.

In the tropical belt, laterites have been transforming primary minerals for over 60 million years into amorphous or secondary products that make up regolith layers, literal masks of red soil (due to the high iron content) that give lateritic landscapes their distinctive appearance.

Laterite thickness can vary from several tens of metres to a few hundred, depending on the intensity of the processes affecting it, ie geochemical dissolution and mechanical erosion, which are closely connected to climate change and the substrates' tectonic stability. Conditions that in the long run facilitate laterite generation are essentially found in the tropical belt. The rocks generally contain metals such as iron, aluminium, manganese, nickel, chrome, copper and precious metals such as gold, palladium and platinum.

As laterite is generated, parent minerals become hydrolysed and the less mobile elements, particularly these metals, become concentrated in the soft laterite. Such surface occurrences are within easy reach of man and cost less to mine. They are, therefore, marketable deposits.

Most tropical countries derive major social, economic and development advantages from laterite deposits. In the Pacific region, Australia (nickel and gold), Papua New Guinea (gold) and New Caledonia (nickel and cobalt) are the main examples.

Research has basically focussed on developing geomorphological, mineralogical, geochemical and geophysical studies, ranging in scale from the landscape to the atom, by using laterite generation and development tracers. It is naturally organised in terms of applied work in the area, as it provides valuable information on the nature of the deposits studied. In New Caledonia, research efforts have thus involved public research institutions and organisations. Activities are, of course, centred around mining issues studied from a laterite/biosphere and hydrosphere ecosystem perspective and mirror studies on soils, biodiversity and water (tables, rivers and lagoon). The research is contributing useful information chiefly for nickel exploration and mining, as well as for environmental management and conservation in the wider sense. Laterite soils support remarkable biodiversity and are an

environment that is particularly sensitive to disturbances by man that need to be more closely studied in order to gauge and reduce potentially negative effects.

These studies have been developed through local, regional and international partnerships, which will require strengthening in the immediate future. The example-setting and unifying factor of this approach will stem from the fact that mining issues (economic and social development resources) and environmental issues (sustainable local development) are challenging the Pacific region and the countries of the South as a whole against a backdrop of diverse culture.

Exploitation durable et réhabilitation des sites miniers

Bob GILKES

Faculté des Sciences de la Terre et Géographiques, Université d'Australie Occidentale, Perth, Australie

L'activité minière de la région du Pacifique est en pleine expansion depuis quelques années avec le développement de mines d'or, de bauxite, de houille, de nickel et d'autres minéraux nécessitant la réalisation de puits ou d'arènes de taille importante. La climatologie de la région est diversifiée, mais parfois de nature extrême, entraînant des risques écologiques. Par ailleurs, la topographie de ces sites miniers varie, d'une part, entre la plaine et, d'autre part, des paysages accidentés, parfois assujettis à de fortes érosions. Or, l'activité minière peut menacer les écologies terrestres et aquatiques, y compris certaines espèces rares. Les secteurs agricole, forestier et touristique ainsi que celui de la pêche subissent également les effets des activités minières, qui concernent, d'autre part, les ressources en eau et les infrastructures. En Nouvelle-Calédonie, en Australie et en Indonésie, par exemple, le développement de grandes mines latéritiques en roche ultrabasique altérée impose la réhabilitation de grandes mines à ciel ouvert situées dans des milieux allant du plateau aride au terrain montagneux et humide. Certaines mines se trouvent dans des parcs nationaux et autres zones de grand intérêt écologique. Une des particularités des roches ultrabasiques est la présence de biotes rares se trouvant exclusivement dans ces milieux et nécessitant, de ce fait, des mesures urgentes et efficaces de préservation.

Les conditions des concessions minières accordées aux sociétés par les gouvernements stipulent généralement la restitution des zones exploitées à un état identique ou très semblable à celui existant avant les activités d'exploitation. Ces clauses ont exposé au grand jour notre manque de connaissances sur les fonctionnements chimiques, physiques et biologiques de certains systèmes terrestres de la région du Pacifique. D'importants travaux de recherche ont été entrepris en Nouvelle-Calédonie, en Australie et ailleurs afin de fournir ces informations, alors que de grandes mines sont en cours de réalisation en anticipation de la mise au point de méthodes durables de réhabilitation.

Parmi les domaines faisant l'objet d'études, citons :

- les propriétés physiques des matériaux : compaction, durcissement du sol, érosion, rétention d'eau ;
- les propriétés chimiques des matériaux : acidité, métaux lourds, sodicité, salinité, nutriments ;
- les processus biologiques : germination des semences, établissement des plantes, diversité, activité microbienne, symbiose, colonisation par la faune ;

- les enjeux de la gestion : incendie, voirie, drainage, phytopathologies ainsi que végétaux et animaux retournés à l'état sauvage.

Cette communication présentera les « pratiques exemplaires » en matière de réhabilitation des sites miniers mises en œuvre par certaines sociétés australiennes. Elle traitera alors des problèmes particuliers liés à la réhabilitation des mines de nickel latéritique, puisque celles-ci représentent une activité de grande importance économique en Nouvelle-Calédonie. Les principaux enjeux de ce secteur sont, entre autres, la gestion des sols végétaux avec leur réserve de nutriments et d'organismes, l'amélioration des matériaux de fond de mine afin de faciliter le drainage et la pénétration par les racines et, enfin, les stratégies de fertilisation et de revégétation. Il est surtout indispensable que toute réhabilitation de sites miniers définisse des critères cohérents de suivi à long terme permettant d'évaluer et d'anticiper l'efficacité des méthodes adoptées. Or, ces critères doivent être capables de déclencher une alerte suffisamment précoce de tout impact sur site ou hors site des activités minières ou de la réhabilitation entreprise.

Sustainable exploitation and restoration of mining sites

Bob GILKES

School of Earth and Geographical Sciences, The University of Western Australia, Perth, Australia

Mining activities in the Pacific Region have increased greatly in recent years with the extensive development of gold, bauxite, coal, nickel and other mines that involve the excavation of large pits. Climates in the region are diverse but are sometimes extreme resulting in environmental hazards. Mines are located within topographies that range from flat to mountainous where erosion may be severe. Furthermore mining activities may threaten local terrestrial and aquatic ecologies, including rare species. Valuable farming, fishing, timber and tourist industries are also impacted by mining as are water resources and infrastructure. For example, in New Caledonia, Australia and Indonesia, the development of large lateritic nickel mines on weathered ultramafic rocks is resulting in the need to rehabilitate large open pits located within environments that range from arid plateaux to wet mountainous terrain. Some mines are within national parks and other areas of high conservation value. A feature of laterites on ultramafic rocks is the occurrence of rare biota that are specific to these environments so that effective conservation measures are paramount.

Mining agreements between companies and governments generally stipulate that mined land should be rehabilitated to a condition that is identical to or closely resembles the pre-mining condition. This requirement has brought into stark focus our lack of knowledge of the chemical, physical and biological functions of some land systems in the Pacific Region. Considerable research in New Caledonia, Australia and elsewhere is being carried out to provide this information while at the same time large mines are being developed in anticipation of sustainable rehabilitation methods being identified.

Issues that are being investigated include:

- Physical properties of materials: compaction, hardsetting, erosion, water retention;
- Chemical properties of materials: acidity, heavy metals, sodicity, salinity, nutrients;
- Biological processes: seed germination, plant establishment, diversity, microbial activity, symbiosis, fauna colonisation;
- Management issues: fire, traffic, drainage, plant disease, feral plants and animals.

This presentation will identify "best practice" minesite rehabilitation as it is carried out by some companies in Australia. It will then focus on the

specific problems associated with rehabilitation of lateritic nickel mines as these are of great economic significance in New Caledonia. Important considerations include the management of topsoil with its store of nutrients and organisms, the amelioration of minefloor materials to enable drainage and root penetration, fertilisation and revegetation strategies. Importantly, all minesite rehabilitation should define robust longterm monitoring criteria that will assess and predict the success of rehabilitation practices, and which will provide a timely warning of any on-site and off-site impacts of mining and rehabilitation.

Cycle de l'eau : de l'eau de pluie au lagon

Jacques BOULÈGUE

IRD, Département Milieux et Environnements, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France

A la surface de la Terre, l'eau subit un comportement cyclique contrôlé par l'énergie thermique apportée par le soleil. L'évaporation à partir des océans et des terres, le transit atmosphérique et la retombée sous forme de pluie sont rapides : un peu plus d'une semaine en moyenne. En Nouvelle Calédonie et sur les terres proches, la quantité et le régime des pluies dépendent des périodes de turbulence atmosphérique (cyclones) et de l'exposition par rapport aux alizés. Les contrastes sont importants en raison de l'effet orographique et des vents dominants. Ce premier cycle de l'eau, rapide, sous contrôle climatique, est susceptible d'évolution au gré des variations climatiques. Les prévisions d'évolution restent encore peu fiables dans le domaine du Pacifique Sud-Ouest qui nous intéresse.

Une fois à terre, le cycle de l'eau devient plus compliqué. L'évaporation va renvoyer une grande partie (60 à 70 %) de l'eau de précipitation vers l'atmosphère. Les végétaux participent de ce flux d'eau vers l'atmosphère par leur transpiration. L'eau s'infiltre dans les sols et les roches altérées. Les quantités infiltrées sont faibles car la morphologie et l'état de surface de la latérite n'y sont pas favorables. L'infiltration peut pénétrer en profondeur à la faveur de fractures, comme l'a montré l'exploration géologique du territoire. L'intensité des pluies regroupées sur une saison courte, la nature des sols, la morphologie contrastée, permettent des ruissellements importants dont l'exutoire est le lagon. Des transferts majeurs d'éléments dissous et de suspensions sont ainsi réalisés.

Le cycle de l'eau est accompagné d'un effet de dissolution des minéraux et de transport mécanique des roches en suspension. Ils constituent un des facteurs de la mise en place de concentrations minérales. Le transport vers le lagon est une caractéristique importante de sa vie : apport d'éléments nutritifs, mais aussi d'éléments toxiques lorsqu'ils s'enrichissent au fil de la chaîne alimentaire, augmentation de la teneur en suspensions qui entraîne une réduction de la pénétration lumineuse.

Les prélèvements faits par l'homme sur le cycle de l'eau sont négligeables en terme de flux, mais ils exigent une qualité permettant des conditions d'exploitation alimentaire, sanitaire, industrielle et agricole à un coût acceptable. Actuellement les ressources disponibles dans le Pacifique Sud-Ouest ne permettent pas de concevoir une occupation humaine dense. La qualité de l'eau disponible, qui dépend beaucoup des pratiques agricoles, industrielles et sanitaires est un facteur contrôlable si la volonté existe. Les coûts de remédiation de la qualité des eaux restent élevés et ils doivent inciter à des conditions de prélèvement anthropique mieux contrôlées économiquement et socialement.

The water cycle: from rainfall to the lagoon

Jacques BOULÈGUE

IRD, Earth and environement Department, Pierre and Marie Curie University, Paris, France

Water at the Earth's surface follows a cyclical pattern governed by the sun's thermal energy input. On average, it takes little more than a week for water evaporating from the ocean and land to transit through the atmosphere and return as rain.

In New Caledonia and nearby landmasses, rainfall amounts and patterns depend on atmospheric disturbance periods (cyclones) and exposure to trade winds. There are major contrasts caused by the orographic effect and prevailing winds. This rapid initial water cycle, which is governed by the climate, fluctuates according to climate variations and forecasts remain unreliable in the Southwest Pacific, ie the region under consideration.

Once on land, the water cycle becomes more complicated. Evaporation returns a large portion (60 to 70 %) of precipitation into the atmosphere. Plants contribute to the water flux towards the atmosphere through transpiration and water seeps down through the soil and weathered rock. The amount of seepage is small, as the laterite surface's morphology and condition do not lend themselves well to the process. Seepage can, however, be deep when there are cracks, as demonstrated by geological explorations in the Territory. Heavy rainfall over a short season, the soil types and a sharply varied landscape combine to cause considerable runoff into the lagoon. As a result, major transfers of dissolved elements and suspended particles occur.

With the water cycle comes a mineral dissolution effect and a mechanical transport effect on suspended rock. This is one of the factors contributing to mineral concentrations. Transport to the lagoon is an important feature in the cycle, as it provides nutrients as well as carrying away toxic substances when they build up in the food chain. It also increases the suspension content, thereby reducing light penetration.

Man uses an insignificant amount of the water cycle in terms of flux, but quality at an affordable cost is an important consideration for food, sanitation, industry and agriculture. Dense human occupation is not an option with currently available resources in the Southwest Pacific. The quality of available water, which is closely linked to agricultural, industrial and sanitation practices, can be controlled, if so desired. The cost of corrective action with regard to water quality is, however, high and should provide an incentive for better economic and social control of man's water use.

Gestion intégrée des ressources en eau douce : le cas des îles Loyauté en Nouvelle-Calédonie

Didier LILLE

US ESPACE, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les lentilles d'eau douce constituent la seule ressource en eau des îles Loyauté (Maré, Tiga et Lifou). Le milieu est vulnérable, complexe et mal appréhendé. Le développement économique est une nécessité pour les Loyauté, or aucune activité n'est indépendante de l'eau. Du fait de la situation, les risques de pollution de la lentille prennent une importance considérable. Le programme SAGE a été mis en œuvre par la Province des îles Loyauté afin de répondre à la question suivante : Comment rendre les filières de développement économique, agriculture, tourisme, élevage ou projets d'aménagement compatibles avec la gestion durable de la ressource en eau ? Les enjeux sont ainsi de trois ordres : 1) Préserver la santé des populations consommatrices ; 2) conjuguer le développement économique et la préservation de la ressource en eau ; et 3) protéger et gérer un patrimoine environnemental de niveau mondial par sa biodiversité et son caractère endémique.

Afin de répondre au besoin exprimé, un groupement scientifique de compétences pluridisciplinaires dans les domaines des sciences de l'eau, des sciences technologiques, juridiques et de communication a été mis en oeuvre. L'environnement est un tout, intégrant aussi bien la composante culturelle que la composante écologique. En particulier, les grands axes ayant trait aux géosciences (compréhension du fonctionnement de la nappe et vulnérabilité de la ressource), à l'environnement de surface (pollutions, risques et menaces), à la formation (information des acteurs et sensibilisation des enfants), à la télédétection (suivi et actualisation des données cartographiques et des indicateurs de surface) et aux systèmes d'information (spécification, capitalisation de connaissances, télécommunication) ont été étudiés. Le produit central est un système intégré de connaissances et de données, baptisé EAUNET à l'attention des acteurs du développement des îles Loyauté. Il permet de disposer à tout instant et en tout lieu via Internet d'une information sélectionnée, actualisée et scientifiquement validée, à des fins d'aide à la décision.

Cette présentation propose de décrire cette expérience récente et, plus particulièrement, deux aspects : d'une part, la démarche participative de mise en œuvre du programme (collectivités publiques, autorités coutumières, population, scientifiques) et, d'autre part, la méthode générique de conception d'un système dynamique intégré et distribué de connaissances géoréférencées sur le sujet.

Integrated fresh water resource management
The case of the Loyalty Islands, New Caledonia

Didier LILLE

US ESPACE, Noumea IRD Centre, Nouvelle-Calédonie

The freshwater lenses are the Loyalties' sole water resource and the environment is vulnerable, complex and poorly understood. The Loyalty Islands need to develop economically and all industry is dependent on water. Given the water lens's position, there is a considerable pollution risk. The SAGE Programme was implemented by the Loyalty Island Province in response to the following challenge: making economic development, ie through agriculture, tourism, livestock farming or land development projects compatible with sustainable water resource management.

The challenge is threefold: 1) protecting consumer health; 2) combining economic development with water resource conservation; and 3) protecting and managing a world-class environmental heritage, which earns this status through its biodiversity and endemicity.

In order to respond to the need expressed by the authorities, a multidisciplinary scientific group with skills in water science, technology, law and communication was set up. Environment is a whole that includes both culture and ecology. The main areas studied were those relating to geoscience (understanding water table functioning and resource vulnerability), surface environment (pollution risks and threats), training (educating stakeholders and awareness training for children), remote sensing (monitoring and updating mapping data and surface indicators) and information systems (specification, knowledge use and telecommunications).

The programme's centrepiece is an integrated knowledge and data system dubbed EAUNET (ie «waternet») that is designed for the Loyalty Islands' development stakeholders. It especially provides selected, updated and scientifically validated information for decision-making purposes.

This presentation will describe this recent experience, focussing particularly on two aspects: the participatory approach to implementation (government bodies, customary authorities, public and scientists) and the generic design of a dynamic integrated and disseminated geographical reference system on the issue.

Agriculture océanienne et environnement

François MADEMBA-SY

Programme de recherche sur les cultures fruitières, Institut Agronomique néo-Calédonien (IAC), La Foa, Nouvelle-Calédonie

L'agriculture océanienne est confrontée à de nombreux facteurs limitant son développement. Le contexte physique est souvent défavorable, avec une faible fertilité des sols, une nécessité du recours à l'irrigation avec des ressources en eau limitées et un risque de salinisation et une pression parasitaire élevée. Ce milieu est également fragilisé par une anthropisation accélérée pouvant conduire à la pollution des nappes phréatiques, constituant l'unique ressource hydrique des milieux insulaires, cette pollution pouvant également affecter le lagon. La compétitivité des productions agricoles est rendue difficile en raison de coûts de productions élevés du fait de l'éloignement des sources d'approvisionnement. Pour toutes ces raisons, les schémas de productions intensives ne sont pas appropriés. Cette présentation développe des exemples de techniques respectueuses de l'environnement mises au point en Nouvelle-Calédonie dans les productions végétales (fruits et légumes) et animales (élevage bovins)

Pacific Island agriculture and the environment

François MADEMBA-SY

Crop Research Programme, New Caledonian Agricultural Institute (IAC), La Foa, New Caledonia

There are many factors restraining development in Pacific Island agriculture. These are often adverse physical conditions, including low soil fertility, the need to use irrigation with scarce water resources plus a salination risk and high parasite pressure. The environment is also being undermined by increased human activity that could contribute to polluting water tables, which are the only water source in island environments, possibly also affecting lagoons. Offering competitive agricultural produce is made all the more difficult by high production costs, owing to distant supply sources. Intensive production is therefore not an appropriate option. This presentation discusses environmentally friendly examples developed in New Caledonia for plant (fruit and vegetable) and animal (beef) production.

Valorisation des déchets organiques en agriculture Exemple de la valorisation d'un compost urbain sur trois types de sols tropicaux

Paino VANAI

Chef du service de l'environnement des îles Wallis et Futuna

Le recyclage des déchets organiques et plus particulièrement de la fraction organique des déchets urbains dans l'agriculture constitue une piste de valorisation possible qui ne peut être envisagée que dans la mesure où ces produits ne présentent pas d'effet toxique pour les organismes des sols et pour la plante. La présence dans ces produits de métaux lourds, généralement à des teneurs significatives, est à l'origine de ces effets toxiques qui limitent leur utilisation à grande échelle.

Cette première étude a été entreprise dans le but de déterminer les conditions de valorisation possibles en milieu tropical d'un compost urbain produit sur l'île de Tahiti.

La première phase de l'étude, réalisée en vases de végétation, sans apport d'engrais minéraux, a été consacrée à l'analyse des effets d'apports croissants de compost urbain, d'une part, sur les trois types de sols les plus représentés dans les îles du Pacifique (oxydisol, mollisol et inceptisol) et d'autre part, sur le développement d'un plant test, le maïs. Au niveau des sols, les effets du compost sur les caractéristiques physico-chimiques ont été déterminés. La mobilité et la biodisponibilité des métaux lourds dans les différentes fractions des sols ont été évaluées par extraction séquentielle. Au niveau de la plante, la courbe de croissance et la production de matière végétale ont été mesurées sur trois cycles de culture successifs. Les teneurs en éléments majeurs et en métaux lourds ont été analysées dans la partie aérienne de la plante.

La deuxième phase de l'étude, réalisées en plein champ chez des agriculteurs des île de Tahiti et de Moorea, s'est attachée à évaluer dans les conditions normales d'exploitation notamment avec un apport d'engrais minéral, l'intérêt économique de l'utilisation d'un tel produit. Les productions de plusieurs cultures maraîchères mises en place sur les trois types de sols utilisés dans la précédente expérimentation ont été suivies et mesurées sur plusieurs cycles.

Organic waste reuse in agriculture
Example of urban compost use in three types of tropical soil

Paino VANAI

Department of the Environment, Wallis and Futuna

Recycling organic waste, particularly the organic part of urban waste, in agriculture is a production option that can only be envisaged if the product does not have toxic effects on soil organisms or plants. Any heavy metal content, usually at significant levels, causes such toxic effects and narrows the product's application potential.

This initial study was undertaken with a view to determining the various ways in which an urban compost produced in Tahiti could be used in a tropical environment.

The first phase of the study, conducted in growing vessels without mineral fertiliser, focussed on analysing the effects of increased additions of urban compost on the three most representative soil types in the Pacific islands (oxydisol, mollisol and inceptisol) and the growth of a maize test seedling. With regard to the soils, the compost's effects on their physical and chemical features were determined. The mobility and bioavailability of heavy metals in the various soil fractions were assessed by sequential extraction. With regard to the plant, growth curves and plant material production were measured over three successive cultivation cycles. Major elements and heavy metals were analysed in the plant's aboveground parts.

The study's second phase, conducted in the field on Tahitian and Moorea farms focussed on evaluating the commercial advantages of using such a product in normal production conditions with mineral fertiliser added. A number of market-gardening crops grown in the soil types used in the previous trial were monitored and measured over several cycles.

Écosystèmes terrestres : biodiversité et valorisation des ressources

Communications affichées

Terrestrial ecosystems: biodiversity and resource development

Poster presentations

Contribution des différentes unités de végétation à la richesse et à l'originalité de la flore de la Nouvelle-Calédonie

Tanguy JAFFRÉ, F. Rigault, G. Dagostini, J. Fambart-Tinel, J. Munzinger

Laboratoire de Botanique et d'Écologie Végétale Appliquées, Centre IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La flore de la Nouvelle-Calédonie demeure incomplètement connue. Toutefois l'analyse des données actuelles, concernant la flore des plantes vasculaires, témoigne de sa richesse (3261 espèces pour 19 100 km^2) et de sa forte originalité (2410 espèces, 110 genres et 5 familles endémiques).

La forêt dense humide, qui couvre environ 3900 km^2, sur différents types de substrats, possède la flore la plus riche (2013 espèces). En outre, son originalité s'exprime par un taux d'endémicité de 82 %, ainsi que par la présence de 1160 espèces, 45 genres et 5 familles endémiques, qui y sont strictement cantonnées.

Les maquis, sur roches ultramafiques ou acides, qui couvrent environ 6000 km^2, ne totalisent que 1144 espèces. Par contre, le taux d'endémicité atteint 89 %, et 534 espèces et 18 genres endémiques leur sont strictement inféodés.

La forêt sèche en dépit d'une faible superficie (moins de 100 km^2) rassemble 424 espèces, avec un taux d'endémicité de 55 %, et renferme 67 espèces et 1 genre lui appartenant en propre.

Les autres formations végétales (savanes, fourrés, prairies, mangroves...) ont toutes une flore moins riche et un nombre inférieur d'espèces endémiques.

Au sein de la végétation classée par grands types édaphiques, celle des roches ultramafiques (terrains miniers), qui occupe environ 5600 km^2 totalise 2145 espèces (endémiques à 81 %) et possède en propre 1109 espèces, 40 genres et 2 familles endémiques.

La flore de l'ensemble des groupements végétaux sur roches acides ou volcaniques, bien qu'elle occupe plus de 9000 km^2, ne rassemble que 1888 espèces (endémiques à 64 %). 528 espèces, 10 genres et 1 famille endémiques y sont toutefois strictement cantonnés.

La végétation des roches calcaires, couvrant 3800 km^2, totalise 485 espèces dont seulement 39 % sont endémiques de l'archipel.

Il apparaît ainsi que la forêt dense humide, apporte la plus grande contribution à la richesse et à l'originalité de la flore de la Nouvelle-Calédonie. Cette primauté revenant, pour les groupements végétaux édaphiques, à la végétation des roches ultramafiques.

The diversification of *Rhyncogonus* weevils in the South Pacific

Claridge ELIN (1), G. K. Roderick (1), R. G. Gillespie (1), R. B. Gump (2)

(1) Insect Biology Division, University of California, Berkeley
(2) Station for Tropical Research, University of California, Moorea

The broad-nosed weevil genus *Rhyncogonus* occurs across eastern Polynesia from Nihoa in Hawaii to Henderson island in the Pitcairns. There are 107 described species, all species, except two are single island endemics, making this a fascinating genus for studying Pacific biogeography and the process of evolution on islands.

Rhyncogonus species and related genera were collected across the Pacific, with a focus on French Polynesia. Molecular sequence data was collected for freshly collected specimens. A phylogenetic analysis of the genus was made with respect suitable out-group taxa. Molecular dating of divergences was carried out using the geological ages of islands as calibration points.

Results: 12 previously un-described species were collected in French Polynesia. Centres of diversity for *Rhyncogonus* occur on the islands of Rapa and Tahiti. The phylogeny shows extremely deep divergences within the in-group. Molecular dating methods suggest that the genus diverged from its sister genus *Elytrurus* at least 15 Mya.

The large number of un-described species collected from French Polynesia underlines the need for further invertebrate survey work in the region. *Rhyncogonus* has a long history in the region and must have colonized French Polynesia before many of the current high islands were in existence. This suggests a role for ancient high islands, such as the Line islands and Tuamotus as "stepping-stones". Recent patterns of diversification within the group are consistent with our current understanding of Pacific geology, and suggest a role for within island vicariance processes.

Influence de champignons mycorhiziens à arbuscules issus de sols métallifères de la Nouvelle-Calédonie sur l'adaptation des plantes aux métaux

Hamid AMIR, A. Renard, V. Gaudichon, R. Pineau

LBPVA, Université de la Nouvelle Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

En Nouvelle-Calédonie, les sols métallifères ou miniers, ont permis le développement de nombreuses espèces végétales endémiques adaptées aux conditions extrêmes de ces environnements particuliers. Cette adaptation à des conditions peu favorables est parfois liées à la présence de microorganismes symbiotes intervenant dans la relation de la plante avec le substrat. Les champignons mycorhiziens à arbuscules (MA) constituent un des groupes de symbiotes les plus universels, infectant la grande majorité des plantes. Ces champignons sont très peu connus dans les sols miniers, et leur rôle dans cet environnement n'a fait l'objet d'aucune étude.

Plusieurs souches MA, appartenant au genre *Glomus*, ont été isolées de sols bruns hypermagnésiens et de sols ferritiques de la Nouvelle-Calédonie. Elles sont maintenues en collection par culture sur sorgho. Les effets bénéfiques d'une de ces souches sur la croissance de plantes de maquis miniers ont été estimés. Certaines de ces souches réduisent fortement l'effet toxique du nickel sur la plante dont elles ont colonisé les racines, et cela malgré que ce métal réduise leur sporulation et le volume racinaire colonisé. Le dosage du nickel dans les plantes indique que cette réduction de toxicité est à relier à une moindre pénétration du métal dans les organes, aussi bien les racines que les parties aériennes. La teneur en phosphore des plantes est plus élevée en présence des souches mycorhiziennes, mais la présence de nickel en forte concentration semble réduire cette amélioration.

2

Les problématiques *Hybanthus* (Violaceae) de la Nouvelle-Calédonie, apport de données moléculaires et morphométriques

Jérôme MUNZINGER

Laboratoire de Botanique et d'Écologie Végétale Appliquées, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les Violaceae de Nouvelle-Calédonie sont représentées par deux genres, l'un lianescent, *Agatea* A. Gray, l'autre arbustif ou arboré, *Hybanthus* Jacq. Deux *Hybanthus* calédoniens ainsi qu'une espèce australienne sont des « hyper accumulateur » de nickel, et certains taxons calédoniens sont des candidats potentiels pour la re-végétalisation des anciens sites miniers. Cependant, alors que ces espèces font l'objet de nombreuses recherches physiologiques, leur taxonomie demeure confuse.

Une première espèce, *H. micranthus,* à aire de distribution très restreinte, est morphologiquement très différentes des autres. Le problème principal est la confusion possible ou la conspécificité entre deux taxons : 1) *H. caledonicus* (Turcz.) Cretz., extrêmement polymorphe, qui rassemble actuellement de nombreuses formes et variétés, validement publiées ou identifiées dans l'herbier et 2) *H. austrocaledonicus* (Vieill.) Schinz & Guillaumin. Pour tenter de résoudre ce problème, une approche phylogénétique a été réalisée sur ce groupe, en utilisant les séquences ITS de l'ADN nucléaire, ainsi qu'une approche morphométrique sur des caractères foliaires en complément d'une approche morphologique et micro-morphologique.

Les données moléculaires confirment qu'*Hybanthus micranthus* est très distinct, alors que les deux autres taxons sont extrêmement proches. Une séparation existe tout de même entre les deux derniers taxons, mais en regroupant l'une des formes d'*H. caledonicus*, la forme *serratifolia,* avec *austrocaledonicus*. Cette dernière donnée est d'ailleurs confirmée par des observations de terrain. L'approche morphométrique confirme l'homogénéité de certaines formes, mais des intermédiaires existent et les caractères foliaires mesurés ne permettent pas de bien discriminer tous les taxons.

Ces résultats indiquent surtout que les *Hybanthus* seraient en pleine radiation, probablement en relation avec les conditions écologiques, et notamment édaphiques, variées du territoire. Une approche au niveau populationnel est envisagée en complément de ces travaux.

Gestion intégrée du littoral en Nouvelle-Calédonie
Approche par télédétection et Système d'Information Géographique

Pascal DUMAS

US 140 ESPACE/Latical, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(dumas@noumea.ird.nc)

L'évolution statutaire de la Nouvelle-Calédonie en un Pays d'Outre-Mer a conduit à ce que l'aménagement et la gestion du littoral soient de compétence provinciale. Les pressions anthropiques croissantes sur les littoraux à mangrove et à récifs coralliens des Provinces Sud et Nord ont conduit ces deux entités à une réflexion sur le futur de leurs littoraux. Un schéma d'aménagement est en cours sur la façade occidentale de la Province Sud et deux aires marines protégées, l'une sur la commune de La Foa, l'autre sur la partie sud-est de la Grande Terre, sont programmées en complément des îlots actuellement en réserve dans le lagon jouxtant Nouméa. En Province Nord, une aire marine protégée est également prévue au pied du Mt Panier, sur la façade orientale de l'île. Avec la mise en place des divers projets industriels, une véritable politique de gestion intégrée du littoral en Nouvelle Calédonie est plus que d'actualité. Dans ce contexte, les outils télédétection et SIG ont permis de poser un diagnostic de l'état du littoral et des pressions anthropiques qu'il subit.

Nos travaux s'intègrent dans le cadre d'un travail de recherche sur les apports de la télédétection et des SIG pour la gestion intégrée de la zone côtière de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie. Au travers de ce poster, on se propose de présenter quatre étapes essentielles au processus de gestion intégrée. En premier lieu, nous exposons la démarche de délimitation du géosystème littoral, afin de déterminer l'extension de l'espace à gérer. On aborde ensuite sa caractérisation qui passe par l'inventaire et l'analyse des systèmes naturels et anthropiques. Il s'agit alors d'évaluer la sensibilité environnementale du littoral à partir d'indicateurs spatialisés représentatifs de diverses pressions anthropiques et naturelles, susceptibles de dégrader l'environnement marin. Dans ce sens, nous définissons d'une manière quantitative les flux et charges azotés produits par chaque type d'activité polluante (aquaculture, urbanisation, élevage et agriculture) pour évaluer le risque d'eutrophisation. Dans un troisième temps, nous nous intéressons à l'érosion mécanique des sols, phénomène ayant un impact majeur sur les écosystèmes récifaux en Nouvelle-Calédonie. Ces méthodes, appliquées à l'échelle des communes de Dumbéa, Paita et Boulouparis, permettent ainsi de dresser d'une part des cartes de la production azotée par unité de gestion du littoral et d'autre part une cartographie de la susceptibilité des sols à l'érosion. Ces informations sont alors croisées au degré de confinement du milieu marin et à la sensibilité des écosystèmes récifaux et de mangrove dans le but d'identifier des zones de gestion prioritaires. Enfin, une approche diachronique 1986/2001 met en évidence les changements de l'occupation du sol afin d'anticiper les évolutions futures.

Systèmes intégrés de connaissances pour l'aide à la décision en environnement

Morgan MANGEAS (1), C. Largouët (2), TOURAÏVANE (1), G. Taladoire (2), D. Lille (1)

(1) Institut de Recherche pour le Développement, Centre de Nouméa, Unité S140 ESPACE - LATICAL
(2) Université de La Nouvelle Calédonie - Unité S140 ESPACE - LATICAL

La problématique générale du projet de recherche SICADE consiste à concevoir un ensemble d'outils mathématiques et informatiques novateurs pour la modélisation, la supervision et la surveillance des phénomènes spatio-temporels dans le domaine de l'environnement. L'originalité de notre approche réside dans l'élaboration d'algorithmes modulaires et complémentaires permettant de représenter au mieux des dynamiques évoluant dans des dimensions aux échelles spatiales et temporelles fluctuantes.
Notre objectif, pour les quatre années à venir, est de construire une infrastructure logicielle distribuée générique dédiée à la gestion de phénomènes environnementaux destinée à la fois aux chercheurs et aux décideurs.
La particularité du contexte environnemental nécessite en effet de tenir compte d'un nombre élevé de contraintes telles que la complexité des dynamiques des systèmes et sous-systèmes observés, la diversité des échelles et des points de vue, l'intégration de données hétérogènes, incertaines, imprécises et incomplètes, la représentation de connaissances pluridisciplinaires.
De notre point de vue, seule une approche intégrée, basée sur un ensemble d'outils appropriés, est capable d'appréhender ce type de problématique.
A terme, l'enjeu est de pouvoir analyser et simuler au mieux un phénomène complexe à partir des sources de données disponibles et de proposer aux décideurs une assistante intelligente pour une gestion raisonnée de l'environnement. Les applications sont nombreuses comme par exemple : l'estimation des impacts d'une exploitation minière, la gestion de la ressource en eau, la gestion des ressources halieutiques, la surveillance des océans et la gestion du littoral, la préservation de la biodiversité, la détermination des relations entre facteurs environnementaux et santé, etc.
Dans cette démarche, nous pouvons distinguer quatre grandes thématiques de recherche :
(a) Extraction de connaissance ;
(b) Modélisation et supervision de phénomènes spatio-temporels ;
(c) Stratégies et aide à la décision ;
(d) Web sémantique, développement de web services ;
Dans le cadre de la modélisation, nous nous intéressons à la modélisation par

événements discrets qui peut s'appliquer aux phénomènes discrets par nature ou aux systèmes continus discrétisables. Nous étudions les capacités des modèles de type qualitatifs (automates, automates temporisés, graphes causaux temporels, réseaux bayésiens, chroniques...) mais aussi celles des modèles numériques (modélisation non-linéaire du type réseaux de neurones supervisés ou non supervisés, etc).
Bien que notre approche se veuille générique, nous tenons compte des exigences des applications traitées en particulier en ce qui concerne les flux de données à intégrer et leur hétérogénéité. Nous souhaitons également développer des algorithmes efficaces capables de traiter en temps réel des flux de données importants. Une attention particulière est portée à l'interopérabilité des données et traitements qui doivent être conformes aux normes internationales en vigueur de l'information géographique.

ISIS : infrastructure standardisée pour l'information spatialisée

TOURAÏVANE (1), C. Kolbowicz (1), A. Hnawia (1), G. Taladoire (2), D. Lille (1)

(1) IRD Nouméa - Unité S140 ESPACE - LATICAL
(2) Université de La Nouvelle-Calédonie - Unité S140 ESPACE - LATICAL

Face aux divers projets de développement et à l'émergence de la notion de développement durable, la nécessité d'une gestion concertée multi-acteurs de l'environnement se fait jour. Le besoin en systèmes d'informations spatialisées est aujourd'hui clairement exprimé et il n'existe pas à l'heure actuelle une approche globale adaptée à ce besoin. Sous l'impulsion de l'Etat, de l'Europe et d'organisations internationales, il est maintenant recommandé de bâtir des systèmes d'information interopérables ayant pour vocation de mettre à disposition des données et connaissances, sous une forme accessible et de contribuer à l'aide aux décisions de gestion.

Cette approche des systèmes interopérables basés sur des standards issus d'un consensus de la communauté internationale devrait permettre de mutualiser les données et connaissances sur un espace géographique donné et de fournir aux divers utilisateurs les moyens de rechercher et d'accéder ces informations provenant de sources distantes, réparties et hétérogènes. Cette architecture servira de base pour une réflexion globale sur la mise à disposition de catalogues de données sur l'environnement en Nouvelle-Calédonie.

Les systèmes d'informations interopérables proposent un cadre fédérateur pour la mise en place des médiateurs de systèmes d'informations. La vision de ce projet est la pleine intégration des données géographiques, et des ressources pour leur exploitation, dans le courant des technologies de l'information, avec une utilisation large de systèmes géoinformatiques au sein de l'infrastructure globale de l'information. Cette vision, résumée sous le terme 'interopérabilité', est précisée par les buts suivants :

- Promouvoir l'utilisation d'applications ouvertes pour le traitement de l'information géographique sur le domaine des technologies de l'information.
- Synchroniser les technologies de l'information géographique avec les standards internationaux émergents.
- Assurer la coopération entre les fournisseurs de systèmes et les utilisateurs pour le développement d'interfaces ouvertes multi-acteurs et multi-usages.
- Fournir une plate-forme sécurisée d'échange pour promouvoir les partenariats, initiatives et projets communs de développement dans le domaine des technologies de l'information géographique.

Cette thématique constitue une initiative pluri thématique qui s'intéresse aux données spatialisées pour, dans un premier temps, les besoins des politiques

de gestion environnementale. Il s'appuie sur les normes ISO/OGC.W3C existantes et/ou en cours de définition dans le domaine de l'interopérabilité des systèmes d'informations.
L'IRD, grâce au projet pilote SAGE, a su démontrer la pertinence de cette approche système au niveau régional. Le laboratoire LATICAL de Nouméa dispose d'une équipe de Recherche sur les Systèmes Intégrés de Connaissances pour l'Aide à la Décision en Environnement. Il possède une compétence dans le domaine des systèmes d'informations distantes, réparties et hétérogènes. Il a conçu et réalisé un premier système d'accès aux données, distantes et réparties, ayant trait à la gestion de la ressource en eau des îles Loyauté. Il s'agit en quelque sorte d'un premier pas vers la constitution d'un catalogue de données accessibles à des usages diversifiés. Ce système étend le champ d'utilisation des SIG et bases de données jusqu'alors réservé à un public restreint et permet de mutualiser les compétences et dépenses liées à l'élaboration des systèmes d'information. La conformité de ce système aux spécifications de l'OGC (OpenGIS Consortium) le rend évolutif, pérenne et extensible.

Collaboration increases conservation impact: the role of regional coordination

Kate Brown

Action Strategy Adviser, SPREP, Samoa

This poster will focus on the main mechanism for increasing collaboration and coordination of conservation activity in the Pacific Region – the Action Strategy for Nature Conservation in the Pacific islands region 2003–2007 and associated Pacific Island Roundtable for Nature Conservation. The Action Strategy is focused on mainstreaming conservation and accommodates the three pillars of sustainable development through achievable five year targets that all stakeholders are encouraged to commit to. It was developed through a multi stakeholder review process involving community members, governments, NGOs, regional and international organizations, civil society and the private sector.

The Roundtable is a voluntary coalition of conservation organizations and donor agencies, which was launched in 1998 by the South Pacific Regional Environment Programme (SPREP). It focuses on implementing, monitoring and reviewing the Action Strategy and in achieving its 30 year goals of:

Conserving the biodiversity and natural environment of the Pacific region.

Ensuring nature conservation and sustainable resource use are integral parts of all island economies.

Pacific peoples, their governments, and institutions leading activities for the sustainable and equitable use of natural resources in the Pacific region.

The Roundtable is the only forum in which major regional players can discuss and develop new ways to address the main issues of nature conservation facing the Pacific islands. It has the official endorsement of all Pacific island governments and representatives from local and national Pacific island groups. Participation is totally voluntary and representatives regularly attend the Roundtable from international and regional NGOs, intergovernmental agencies and donor agencies.

As a powerful tool for sharing expertise and learning from the experience of others it is responsible for implementing the Pacific Type II Partnership on Mainstreaming Conservation and Traditional Knowledge.

Recherches sur la fourmi pionnière *Wasmannia auropunctata* : un modèle pour la compréhension et la gestion des processus d'invasions biologiques

Hervé Jourdan, J. Le Breton et J. Chazeau

IRD, US001 Enbiopac/Laboratoire Zoologie Appliquée, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

L'équipe de Zoologie Appliquée de l'IRD développe la thématique des espèces envahissantes depuis 1995, avec un modèle reposant sur la guilde des Formicidae, groupe clé de voûte en milieu tropical. Les recherches s'intéressent plus particulièrement à l'invasion de la Nouvelle-Calédonie par la « fourmi électrique », *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Myrmicinae). Native d'Amérique subtropicale, cette *tramp species* a été largement dispersée par l'Homme dans la ceinture tropicale. Introduite accidentellement en Nouvelle-Calédonie au cours des années 60, sa dispersion initiale a accompagné celle du pin des Caraïbes. Ubiquiste et opportuniste, cette fourmi pionnière nuisible par sa piqûre colonise les milieux agricoles et urbains comme les milieux naturels. Elle offre un modèle pertinent pour comprendre les modalités du succès d'un envahisseur et les conditions du maintien de la biodiversité en sa présence. Les recherches ont précisé l'expression de *W. auropunctata* dans les milieux naturels et cultivés, évalué les conséquences de sa présence sur la biodiversité des arthropodes et des vertébrés, étudié les facteurs qui conditionnent cette expression et les facteurs qui contribuent au succès envahissant (facteurs abiotiques limitants, unicolonialité, compétitivité dans la guilde), et comparé la situation en Nouvelle-Calédonie avec les situations rencontrées dans son aire d'origine (Brésil, Guyane). Ces travaux ont inclus une enquête sur les nuisances induites par l'envahisseur auprès des populations humaines périurbaines ou rurales. Les voies d'un contrôle de l'envahisseur, par appâts toxiques ou par utilisation d'auxiliaires, ont également été prospectées. Ces recherches débouchent sur une compréhension générale des phénomènes d'invasion et apportent des éléments de diagnostic et d'action pour la préservation et la gestion des écosystèmes. Elles se prolongent par des études qui portent sur le déterminisme génétique du phénomène et qui élargissent le questionnement à d'autres espèces envahissantes de la guilde des *tramp species*.

Les communautés de Formicidae comme bio-indicateurs pour la gestion des habitats (conservation et restauration écologique)

Hervé JOURDAN et J. Chazeau

US001 Enbiopac/Laboratoire Zoologie Appliquée, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La perturbation d'un écosystème est signalée par des changements dans les paramètres de populations et de diversité dans les communautés considérées. Dans le contexte du développement durable des États du Pacifique et de la conservation de leur endémisme, des indicateurs fiables sont nécessaires pour permettre une gestion raisonnée des espaces naturels (conservation ou restauration). Depuis 2000, nous validons l'usage des communautés de Formicidae comme indicateurs de perturbation en milieu insulaire tropical. Ces insectes dominants (tant en terme d'individus que d'espèces) constituent un groupe clé de voûte en interaction forte avec les autres composantes des écosystèmes, ce qui est l'un des critères principaux de définition d'un indicateur : les différences dans leurs assemblages reflètent des modifications plus globales de la biodiversité. Les Formicidae sont abondantes dans les milieux, leurs colonies pérennes sont actives en continu (il n'est pas nécessaire d'attendre l'émergence d'imagos), leur identification ou distinction taxinomique est accessible (ce qui n'est pas le cas de nombreux groupes, notamment en Nouvelle-Calédonie) et le *turn-over* des populations est rapide, donc susceptible de révéler tout changement de conditions (notamment micro-climatiques, du fait de leur petite taille). Dans le but de développer un outil de diagnostic environnemental, nous avons adapté au contexte néo-calédonien une méthodologie d'échantillonnage standardisée, à partir de pièges d'interception et de prélèvement de quadrats de litière (traités dans des extracteurs de Winkler), disposés ou prélevés le long de transects linéaires (200 m, 20 points d'échantillonnages). Ce protocole d'échantillonnage standard permet des comparaisons inter-stations. Nous présentons ici des résultats préalables (*benchmarks*) validant l'interprétation des variations de diversité (richesse et composition) entre états perturbés et état de base (*baseline*). Ces travaux ont aussi permis d'améliorer la connaissance taxonomique de ce compartiment de la faune néo-calédonienne, puisque le nombre des *morphospecies* recensées est passé de 102 à environ 180, réparties dans 50 genres. Si aucun genre n'apparaît restreint à l'archipel, l'endémisme spécifique dépasse 60 %. La faune présente des affinités australiennes plutôt qu'indo-australiennes ou orientales. Sa caractéristique écologique majeure (par rapport au reste des tropiques) est la faible contribution des espèces arboricoles. L'origine Gondwanienne, le long isolement, l'absence de fourmis légionnaires (telles que les Dorylines) permettent d'expliquer la survie de taxa reliques et la forte radiation de genres tels que *Rhytidoponera, Lordomyrma et Cerapachys.* Le domaine ultrabasique apparaît comme un refuge permettant la persistance de cet archaïsme. Cependant, on dénombre 25 espèces introduites, qui sont des facteurs d'altération des écosystèmes dont l'occurrence doit être prise en compte dans l'établissement des diagnostics écologiques. L'étude des communautés de Formicidae paraît donc être une approche féconde, tant dans la perspective d'inventaires rapides pour des actions de sauvegarde des milieux que pour des recherches à long terme sur les successions écologiques et l'impact des changements anthropiques sur la biodiversité.

Research cooperation between biology department and French Embassy in Suva, Fiji

Anand P. TYAGI

The Department of Biology, School of Pure and Applied Sciences, The University of the South pacific, Suva, Fiji

There is a long history of research and teaching cooperation between French Embassy and the Department of Biology. It was started in mid 1990s when Professor Peter Newell was the Head of the Biology Department. French Embassy in Suva provided funding to visit various biology teaching and research staff to explore and undertake research in the research areas of mutual interest to both parties. The Department of Biology, almost regularly receiving teaching help to run BI308 - Environmental and Marine Microbiology course since 1998. Funding was also provided for exchange visits to Biology staff and Scientist from IRD Noumea to explore the areas of research and to prepare research projects. Since the start of cooperation (between Biology and French Embassy) one Biology student has already completed her MSc research work at the University of New Caledonia (UNC) under joint supervision of UNC and USP supervisors. The approval has been granted to fund another two students in 2004 to be placed at Institute of Research for Development (IRD) and Institute of Agronomy – New Caledonia (IAC). These students will be registered at USP but part of their research work will be conducted at IRD and IAC under the supervision of IRD, IAC and USP supervisors. Students will be working on Molecular Genetics of small New Caledonian fish and fruit flies. Besides, French Embassy in Suva provides funding to USP supervisors to visit those institutions where students are placed from the Department of Biology to supervise them in their research work. Funding is also made available to enhance the research cooperation between the Department of Biology and French Embassy by way of sponsorship to attend conferences held / are being held in New Caledonia and other French territories including metropolitan France.

Classification de la végétation de la vallée d'Opunohu (Moorea, Polynésie française) utilisant des données AirSAR et MASTER

Benoit STOLL et P. Capolsini

Jeune Equipe Terre-Océan, Université de Polynésie française

Ce poster traite de la cartographie de la végétation et de l'utilisation des sols de la vallée d'Opunohu (Moorea, Polynésie rançaise) à l'aide de données JPL-AirSAR et MASTER (MODIS/ASTER) acquises durant la campagne PACRIM2 (août 2000).

Ces capteurs sont fondamentalement différents mais peuvent être considérés comme complémentaires car MASTER est un capteur multi-spectral disposant de 50 canaux distribués dans le visible, le proche/moyen infra-rouge et infra-rouge thermique avec une résolution de 20 mètres tandis que JPL-AirSAR est un capteur radar disposant des bandes C (TOPSAR), L et P (POLSAR) avec une résolution de 5 mètres.

Notre domaine d'étude principal traite du couvert végétal complexe et fragile des îles hautes du Pacifique Sud. Nous étudions la vallée d'Opunohu à cause de sa diversité de végétation et d'occupation des sols hautement représentatives des îles volcaniques polynésiennes. Nous y trouvons différents types de forêts, cocoteraies, champs d'herbe rase, landes à fougères, zones urbanisées, aires cultivées, etc...

Nous définissons un jeu de classe simple basé sur la hauteur relative de la végétation à partir d'un composite radar RGB permettant de discriminer visuellement nos classes de végétation. Une classe « Champ d'Ananas » (ressource économique importante de l'île de Moorea) se distingue particulièrement de la classe de même hauteur relative « Végétation Basse ». Les espèces végétales inclues dans chaque classe sont discutées.

Deux cartes de classification sont produites à partir des images AirSAR et MASTER en utilisant un algorithme de Maximum de Vraisemblance et un jeu de photos aériennes comme base d'apprentissage. La comparaison des résultats de ces deux classifications nous conduit à proposer une fusion originale des images permettant d'améliorer les résultats.

Conservation et valorisation du santal de Polynésie française (*Santalum insulare*) par l'étude des variations de la composition de l'huile essentielle selon la répartition géographique et la situation écologique des populations relictuelles

Jean-François BUTAUD (1,2), V. Gaydou (1), J.-P. Bianchini (1) et P. Raharivelomanana (1)

(1) Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles, Université de la Polynésie française, Faaa, Tahiti, Polynésie française
(2) Département Forêt et Gestion de l'Espace Rural, Service du Développement Rural, Ministère de la Promotion des Ressources Naturelles, Papeete, Tahiti Polynésie française

Le santal polynésien (*Santalum insulare*) a été surexploité pour son bois de cœur odorant durant la première moitié du 19ème siècle. Actuellement, ses populations relictuelles se cantonnent dans des sites reculés et difficiles d'accès de 10 îles et 3 archipels. Elles ont été localisées dans des stations écologiquement très contrastées puisque trouvées du niveau de la mer sur sol corallien jusqu'au sommet des plus hautes montagnes sur sol volcanique. L'étude chimique de l'huile essentielle extraite du bois de cœur du santal a été réalisée sur plusieurs centaines d'échantillons de diverses provenances. Différents chimiotypes, liés aux origines géographiques et aux conditions écologiques dans lesquelles croissent les individus étudiés, ont ainsi pu être mis en évidence. La qualité de l'huile essentielle dépendant alors à la fois de la génétique et des variables du milieu, il a été envisagé des actions de conservation appropriées de cette ressource naturelle locale en voie de disparition. Un intérêt particulier est apporté à la conservation *in situ* des populations les plus vulnérables, et notamment celles de chimiotypes rares, par la pose de clôture, l'éradication des herbivores, la dératisation ou encore la mise en place d'une législation *ad hoc*. Parallèlement, la conservation *ex situ* a été entreprise avec la création de plantations de conservation ou vergers à graines de différentes provenances. Ces mesures prises et à prendre dans toutes les îles de l'aire de répartition du santal polynésien permettront, guidées par des études botaniques, écologiques, chimiques et génétiques, une bonne valorisation de cette ressource polynésienne d'avenir.

Conservation et valorisation de la diversité du santal (*Santalum austrocaledonicum*) en Nouvelle-Calédonie

Jacques TASSIN (1), J-M Bouvet (2), L. Bottin (2), A. Vaillant (2), A. Lagrange (1), M. Brinkert (1), F. Steierer (1)

(1) IAC-Cirad, Programme Forêt, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Cirad, Département Forêts, Montpellier, France

Le santal constitue, au sein du Pacifique Sud, une espèce à fort intérêt économique et patrimonial, fortement exploitée depuis le milieu du XIXe siècle. En Nouvelle-Calédonie, la perspective d'une gestion durable des populations naturelles invite à prendre connaissance de la diversité du Santal à différentes échelles spatiales et selon diverses composantes (génétique, chimique, morphologique) dont les liens restent méconnus.
Les inventaires des populations des îles Loyauté, réalisés en 2003 et 2004 à partir d'un réseau de placettes, ont mis en évidence une forte diversité dans la dynamique naturelle et le niveau d'exploitation de la ressource, conduisant à des recommandations situées non plus au niveau des îles, mais à une échelle plus fine, afin d'éviter toute surexploitation locale. En outre, les études conduites sur les communautés d'espèces végétales accompagnant le santal ont montré qu'il s'agit d'une espèce accompagnée d'un cortège de plantes exotiques qui peuvent en compromettre le développement aux stades jeunes. L'analyse génétique de 11 populations, basée sur l'étude de microsatellites chloroplastiques montre des flux de gènes préférentiels entre les îles Loyautés, l'île des Pins étant génétiquement plus proche des populations reliques de la Grande Terre. Les distinctions opérées par les taxinomistes, relevant trois variétés différentes sur la Grande-Terre, ne sont pas confirmées par les analyses génétiques. L'analyse en cours des teneurs en huiles essentielles au sein de 6 populations permettra de tester la distribution de la diversité génétique pour ces caractères complexes au sein de l'archipel. Ces nouvelles connaissances sur le plan démographique, phytosociologique et génétique seront intégrées dans une stratégie de gestion *in situ* de l'espèce permettant la sauvegarde des ressources et leur exploitation optimale.

Gestion d'une collection de cultivars de *Vanilla tahitensis* en Polynésie française

Maurice WONG

Etablissement Vanille de Tahiti, Département Recherche et Développement, Raiatea, Polynésie française

La vanille de Tahiti, *Vanilla tahitensis,* est l'une des trois espèces du genre Vanilla (Orchidacées) qui présente des fruits aromatiques. Elle est cultivée en Polynésie française depuis plus d'un siècle. Au cours des prospections réalisées dans les plantations traditionnelles et dans les vallées de la Polynésie, en particulier dans les îles de Raiatea, Tahaa, Huahine, Tahiti et Moorea, nous avons pu distinguer une dizaine de variétés de *Vanilla tahitensis* pour lesquelles plusieurs clones par cultivar ont été collectés et conservés en collection. Ces individus se différencient suivant les caractères morphologiques des parties aériennes (le port de la plante, la taille de la tige, la longueur des entre-nœuds, la forme et la dimension des feuilles), les caractères des inflorescences (dimension des fleurs, nombre par inflorescence, abondance par liane, précocité), les caractères des fruits (la forme, la longueur et la masse) et par la composition chimique des gousses analysée par HPLC. L'analyse factorielle discriminante de ces caractères permet de séparer clairement des groupes variétaux comme les cultivars « Haapape », « Tahiti », « Rea Rea », « Parahurau » ou « Potiti ». La conservation de ces ressources est actuellement réalisée *in planta* dans une serre ombrière équipée d'une toile d'ombrage et d'une toile insect-proof. La collection compte actuellement plus de 250 accessions. Les individus de cette collection sont aussi conservés sous forme de vitro-plants, ce qui assure une double conservation des lignées. L'indexation sanitaire, en particulier virale, est réalisée régulièrement par des tests ELISA sur les 3 groupes de virus susceptibles d'infester le vanillier, les potivirus, le virus de la mosaïque du concombre (CMV), le virus de la mosaïque du Cymbidium (CymMV). La diversité génétique des cultivars sera déterminée à partir des marqueurs de type AFLP en cours de réalisation. Elle permettra de voir si la Polynésie a été une zone de diversification génétique pour cette espèce.

Microsorum scolopendria (metua pua'a), une fougère médicinale polynésienne : présentation générale et étude préliminaire chimique

Raimana HO, T. Teai, K. Rectenwald, P. Raharivelomanana

Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles, Université de Polynésie française, Faaa, Tahiti, Polynésie française.

Par leur abondance et leur variété, les Ptéridophytes représentent dans les îles montagneuses du Pacifique oriental un des groupes les plus importants du règne végétal. Les Polypodiacées représentent à Tahiti la famille de « fougères » comportant le plus d'espèces.

Dans la vie quotidienne des anciens polynésiens, les fougères jouaient un rôle non négligeable comme plantes ornementales et médicinales, mais sans aucun rapport avec la place qu'elles occupaient dans le règne végétal.

Actuellement, l'importance pratique de cette famille s'est beaucoup réduite, seules quelques Polypodiacées sont encore employées, tel que le metua pua'a.

C'est une des fougères médicinales par excellence. Extrêmement répandue à Tahiti, c'est une espèce de haute comme de basse altitude, terrestre comme épiphyte. Elle entre dans la composition d'un grand nombre de remèdes.

Alors que les Tahitiens ont abandonné l'usage de nombreuses plantes médicinales, le « metua pua'a », en raison de son abondance et d'une réputation probablement surfaite, est encore employé actuellement, principalement comme purgatif et vermifuge chez les enfants. Il pourrait être la cause de nombreuses intoxications, voir de décès chez les nouveau-nés et les jeunes enfants au cours des années 1967 à 1970.

Pour la première fois, une étude de la composition chimique des sucs cellulaires du metua pua'a, qui joue un si grand rôle dans la pharmacopée tahitienne traditionnelle, est abordée. Les études préliminaires montrent que les composés biologiquement actifs majoritaires appartiennent à la famille des ecdystéroïdes et des flavonoïdes.

Recherche de principes antiviraux dirigés contre les virus de la dengue issus des plantes endémiques ou indigènes de Polynésie Française

Manola LAILLE (1), J.-Y. Meyer (2) et E. Suhas (1).

(1) Institut Louis Malardé, Laboratoire de recherche en virologie médicale, Papeete, Tahiti, Polynésie française

(2) Délégation à la Recherche, Gouvernement de Polynésie française, Papeete, Tahiti, Polynésie française

A l'heure actuelle, aucun traitement spécifique antiviral contre la dengue n'existe et la mise au point d'un vaccin tétravalent pose toujours d'énormes difficultés. Un programme de recherche centré sur l'identification de substances naturelles potentiellement bio-actives contre la dengue à partir de la biodiversité de Polynésie française a été réalisé par l'Institut Louis Malardé avec des financements Contrat Développement II, 2000-2004 et Contrat d'Objectifs 2002. La collaboration interdisciplinaire entre botanistes, chimistes et virologistes est nécessaire pour la mise en œuvre de ce programme. La présélection ethnopharmacologique associée aux diverses données bibliographiques concernant les familles de plantes bioactives a été effectuée. Soixante plantes sélectionnées appartenant à 27 familles différentes ont été testées *in vitro* selon la méthode de réduction du nombre de plages de lyse (méthode de référence pour des virus formant des plages sur les cellules permissives et sensibles). Parallèlement, l'indice de sélectivité (IS) ou encore appelé indice thérapeutique (IT) pour ces extraits actifs a été déterminé après les mesures de cytotoxicité des extraits végétaux par le test colorimétrique MTT (bromure de [3-(4,5-diméthylthiazol-2-yl)-2,5-diphényltétrazolium].

Parmi les dix-neuf extraits bruts actifs, neuf montrent une activité antivirale anti-dengue sans être cytotoxiques et avec un IS intéressant (>4). Aussi, le fractionnement bioguidé avec pour objectif isolement et identification de principes actifs sur les extraits bruts actifs a été entrepris.

Ellagitanins d'intérêt pharmacologique et cosmétique isolés des feuilles de *Cunonia macrophylla*, Cunoniaceae endémique à la Nouvelle-Calédonie

Bruno FOGLIANI (1), P. Raharivelomanana (2), J.-P. Bianchini (2), S. Bouraïma-Madjebi (1)

(1) Laboratoire de Biologie et Physiologie Végétales Appliquées, Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles, Université de la Polynésie française, Faa'a, Tahiti, Polynésie française

Des études préliminaires d'activités biologisques menées sur une cinquantaine d'espèces de la famille des Cunoniaceae de Nouvelle-Calédonie ont permis de sélectionner l'espèce *Cunonia macrophylla* Brongniart & Gris, pour des potentialités détectées sur un extrait méthanolique brut de ces feuilles. Une étude chimique approfondie, faisant appel à diverses techniques de purification et d'analyse structurale, a dès lors été engagée et a conduit à la caractérisation de tanins bioactifs retrouvés pour la première fois chez cette famille de plante. Ces ellagitanins ont été identifiés comme étant l'acide ellagique-4-O-β-D-xylopyranoside (6), la mallorepanine (3), l'acide mallotinique (1) associés à la corilagine (2), l'acide chébulagique (4), l'acide ellagique (5) et l'acide gallique (7). Il a été démontré qu'ils possédaient des activités antimicrobiennes ainsi que des potentialités d'inhibition de la xanthine oxydase. Les capacités antimicrobiennes ont été déterminées à l'encontre de bactéries pathogènes de l'homme (*Staphylococcus aureus, Corynebacterium accolans*) et de plante (*Erwinia carotovora*), ainsi que sur une levure pathogène de l'homme (*Candida albicans*). De telles activités ont été détectées pour la première fois dans le cas des molécules 1, 3, 4 et 6. Les effets inhibiteurs de tous ces ellagitanins, en relation avec leur structure, à l'encontre de la xanthine oxydase, enzyme participant au vieillissement de la peau et au phénomène de la goutte, ont été évalués et comparés. Le composé 6 présente la meilleure activité et semble être d'un intérêt certain pour des recherches plus approfondies.

Qualité et rendement des huiles essentielles du niaouli (*Melaleuca quinquenervia*) de la Nouvelle-Calédonie

Bénédicte TRILLES-COUSTENOBLE (1) et S. Bouraïma-Madjèbi (2)

(1) Unité de Production des Espèces Végétales (UPEV)
(2) Université de la Nouvelle-Calédonie (UNC)

Le niaouli, *Melaleuca quinquenervia* (Cavanilles) S.T. Blakes, est une espèce indigène de Nouvelle-Calédonie. Une analyse chimique (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse) et statistique (analyse en correspondance principale) de 135 hydrodistillats de feuilles d'arbres adultes provenant de différentes régions de la Grande-Terre a permis d'identifier 6 chimiotypes différents. Outre leur composition chimique qui répond aux normes requises pour la commercialisation, au minimum 60 % de 1,8-cinéole, certains plants produisent des substances nouvelles pouvant apporter un supplément à la qualité des huiles produites.
Comparés à un rendement commercial moyen de 0,7 %, les échantillons analysés donnent une production en huiles essentielles comprise entre 0 % et 3 %. Une relation a été établie entre la densité des glandes sécrétrices des feuilles et le rendement. Cette corrélation a pour point initial un individu exceptionnel dépourvu de glandes sécrétrices et qui ne produit pas d'huile.
Des individus conformes ont été multipliés par microbouturage, ce qui permettra une production à caractère industriel d'arbres présélectionnés.

Analyse de la composition aromatique de l'ananas frais (*Ananas comosus* [L.] Merr.) de Polynésie française

Taivini TEAI (1), A. Claude-Lafontaine (1), C. Schippa (2), F. Cozzolino (2) et P. Raharivelomanana (1)

(1) Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles, Université de la Polynésie Française, Faaa, Tahiti, Polynésie française
(2) ISKW Biosystems, Grasse, France

Introduit en 1789 par le Capitaine Blight, l'ananas est devenu depuis un fruit très apprécié des Polynésiens et très utilisé par l'industrie de l'agroalimentaire de Polynésie française. Les composés volatils contenus dans la pulpe fraîche d'ananas ont été extraits par un solvant organique et analysés par CPG/DIF, CPG/DNP et CPG/SM. Cent dix-huit composés ont été identifiés à partir de leur temps de rétention sur colonnes capillaires polaire et apolaire, et par leur spectre de masse. Ils se répartissent en 42 esters (44,9 %), 14 composés à fonctions multiples (14,3 %), 10 lactones (11,5 %), 9 produits soufrés (10,3 %), 14 acides (7,3 %), 11 composés carbonylés (4,7 %), 11 alcools et phénols (3,8 %) et 7 hydrocarbures (3,3 %). Quatre composés ont été trouvés à une concentration supérieure à 1 mg/kg, l'octanoate de méthyle (1,49 ppm), le 3-méthylthiopropanoate de méthyle (1,14 ppm), l'hexanoate de méthyle (1,1 ppm) et la 3-méthyl-2,5-furanedione (1,07 ppm), 3 autres ont été détectés à une concentration comprise entre 0,5 et 1 ppm et vingt-cinq entre 0,1 et 0,5 ppm. Parmi ces 118 molécules volatiles, 71 ont été décrites dans la littérature comme étant présentes dans l'arôme de l'ananas. Notre étude montre que sur les 47 volatils nouvellement détectés, 5 composés phénoliques libres, 4 composés soufrés et 1 famille de composés furanoïdes sont analysés pour la première fois dans la composition de l'arôme d'ananas.

Effects of Nickel salt concentrations on germination and development of *Grevillea exul var. rubiginosa*

R. CHANDRA (1), A. P. Tyagi (1), M. Bouraiama-Saliou (2), V. Leon (2) and R. Pineau (2)

(1) Department of Biology (SPAS), The University of the South Pacific, Suva, Fiji
(2) Plant Physiology Laboratory, University of New Caledonia, Noumea

Endemic plant species have been considered among the best means of ecological restoration of exploited mining sites in New Caledonia. These plants have the adaptability characteristics allowing them to thrive on serpentine soils. This study investigates the physiological effects of nickel concentrations at different developmental stages on *Grevillea exul* var. *rubiginosa* an endemic New Caledonian species. The first two stages of plant life cycle, germination and post germination under controlled conditions were studied. The experiment involved Petri dish germination and growth of seeds and seedlings respectively, particularly root development and length in different salts of nickel (nickel chloride, nickel sulphate and nickel acetate,) with 0 – 500 ppm concentrations. Nickel chloride was found to be the most toxic compared to nickel acetate and sulphate. Decrease in both parameters studied, ie germination rates and root lengths, were observed with increasing concentrations of nickel with nickel chloride as the salt solution applied to seeds. No significant differences were observed for nickel sulphate and nickel acetate except for increase in both germination rate and root length for 50 and 10 ppm nickel acetate. These results suggest that the form of nickel used in the present investigation to test the germination rate and root elongation in *Graevillea exul* var. *rubiginosa* are essential for experimental work in the field. These results will be helpful in re-vegetation efforts of nickel mining sites in New Caledonia because these types of nickel salts present in the natural serpentine soil environment.

Évolution des paramètres physico-chimiques contrôlant la résistivité électrique des manteaux d'altération latéritique du massif péridotitique de Thiébaghi, Nouvelle-Calédonie

J-C PARISOT, D. Mathe, S. Bezis, V. Combier, A. Paugam, M. Ritz, C. Savin, B. Robineau, A. Beauvais

IRD, UMR161, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les manteaux d'altération latéritique constituant les gisements de nickel de Nouvelle-Calédonie montrent d'importantes variations d'épaisseur. L'étude de la géométrie de ces formations par sondages carottés se révèle parfois coûteuse et peu précise. La tomographie de résistivité électrique (TER) permet d'obtenir à partir de mesures réalisées en surface une image géoélectrique continue en 2D des matériaux en profondeur. Cette technique permet de préciser certaines limites de faciès.

Les paramètres physico-chimiques susceptibles d'influencer les valeurs de résistivité mesurées sur les différents faciès d'altération du gisement nickélifère de Thiébaghi, au nord de la Nouvelle-Calédonie, ont été étudiés pour optimiser l'interprétation des images géoélectriques obtenues. Dans les manteaux d'altération latéritique, le courant électrique circule sous forme électrolytique par déplacement ionique, soit dans les eaux interstitielles, soit à la surface de minéraux comme les argiles. La résistivité d'un terrain peut être corrélée empiriquement à certaines propriétés physico-chimiques comme la capacité d'échange cationique (CEC), les bases échangeables, la porosité, l'humidité, et la composition minéralogique. Ces différents paramètres ont été analysés au laboratoire sur les principaux faciès d'altération dont les résistivités et la conductivité des eaux ont été mesurées *in-situ*. Les variations de résistivité en fonction de la quantité d'eau ont également été étudiées expérimentalement.

La goethite est le principal constituant minéralogique, cependant des traces de sépiolite et de serpentine ont été identifiées dans les saprolites à la base des profils. La saturation en eau contrôlerait la résistivité des horizons de saprolite fine, alors que la CEC, essentiellement due au Mg^{2+}, aurait une influence non négligeable sur celle des horizons plus profonds de saprolite grossière. Les phyllosilicates, sépiolite, serpentine, smectite, ainsi que des produits manganésifères amorphes de type asbolane présents à la base de profils d'altération peuvent être les principaux responsables de la CEC. Une étude expérimentale des variations de résistivité en fonction de la déshydratation confirme l'influence prépondérante du taux de saturation en eau dans la saprolite fine.

Nouveaux composés triterpéniques isolés des feuilles du *Calophyllum inophyllum* Linn. de Polynésie française

Frédéric LAURE (1), M. Lopes (1), R. Rosas (2), R. Faure (3), J.-P. Bianchini (1), P. Raharivelomamana (1), B. Fogliani (4)

(1) Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles, Université de la Polynésie française, Faa'a, Tahiti, Polynésie française ; (2) Spectropole, Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, Université d'Aix-Marseille III, France ;
(3) Laboratoire de Valorisation de la Chimie Fine, UMR 6, Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, Université d'Aix-Marseille III, France ;
(4) Laboratoire de Biologie et Physiologie Végétales Appliquées, Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Le *Calophyllum inophyllum* (Tamanu), un arbre à multiples usages traditionnels en Polynésie, présente des potentialités de valorisations économiques intéressantes, telle que la production de son huile qui est en pleine expansion. Une étude phytochimique du Tamanu a été réalisée.
Des échantillons de feuilles sèches de Tamanu provenant de diverses îles de l'archipel de la Société, en Polynésie française, ont été extraits à l'acétate d'éthyle à l'aide d'un Soxhlet. L'extrait obtenu a subi une série de chromatographies préliminaires sur silice avec gradients de solvants puis une CLHP préparative sur silice avec un mélange isocratique iso-octane/acétate d'éthyle (80:20) et une détection réfractométrique. Ceci a permis d'isoler trois nouveaux triterpènes de type friedelane: l'acide 27-hydroxyacétate canophyllique (1), l'acide 3-oxo-27-hydroxyacétate friedelan-28-oïque (2) et l'acide 3,4-secofriedelan-3,28-dioïque (3), ainsi que quatre triterpènes connus: la friedeline (4), le canophyllol (5), l'acétate de canophyllol (6) et l'acide canophyllique (7).
Les déterminations structurales de ces sept triterpènes ont été menées à bien par l'association de différentes techniques d'analyses. Les spectres IR (Spectroscopie Infra-Rouge) ont permis dans un premier temps de déterminer les fonctions chimiques caractéristiques des molécules étudiées (carbonyle, acide carboxylique, alcool, ester). Les déterminations détaillées des squelettes carbonés résultent des attributions des protons et des carbones des spectres RMN (^{1}H et ^{13}C, à 500 MHz). Ces structures ont été confirmées par des analyses RMN en 2D de type gs-COSY, gs-HMQC et gs-HMBC, mais aussi par les masses et les fragmentations obtenues en SM-SM (Spectrométrie de Masse en tandem) avec infusion directe.

Effet du nickel sur les semences d'une Proteaceae endémique du maquis minier néo-calédonien

Virginie LÉON (1), J. Rabier (2), R. Notonier (3), R.M. Barthelémy (2), X. Moreau (3), S. Bouraïma-Madjèbi (1), J. Viano (2), R. Pineau (1)

(1) Laboratoire de Biologie et Physiologie Végétales Appliquées, Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Equipe Biodiversité et Environnement, Université de Provence, Marseille, France
(3) SCME, Université de Provence, Marseille, France

Les sols ultramafiques de Nouvelle-Calédonie sont riches en nickel et sont recouverts d'une végétation à fort taux d'endémisme (« maquis minier »). Ce maquis est composé d'espèces végétales ayant probablement développé des stratégies d'adaptation, en particlier au milieu nickélifère. L'objectif du travail présenté était de soumettre des semences de *Grevillea exul* var. *rubiginosa* (Brongn. et Gris) Virot, une Proteaceae endémique du maquis minier, à une dose de nickel élevée afin d'étudier les effets de ce métal sur la germination. Ces effets sont étudiés en microscopie électronique à balayage.
Des graines, scarifiées ou non, ont été semées en conditions contrôlées (boîtes de Pétri stériles incubées en étuve) en présence de solutions de chlorure de nickel allant de 5 à 500 $\mu gNi.g^{-1}$. Le temps de latence et le taux de germination ont été mesurés durant 40 jours de culture. Parallèlement, des coupes longitudinales congelées de graines en germination ayant été semées en présence de 500 $\mu gNi.g^{-1}$ ont été réalisées au cryomicrotome, puis préparées pour des observations cytologiques et des analyses minérales en microscopie électronique à balayage.
Les résultats indiquent que le nickel diminue le pourcentage de germination et que l'enveloppe des graines induit des inhibitions tégumentaires. Les cartographies minérales montrent que le nickel ajouté dans le milieu est majoritairement retenu dans l'enveloppe des semences, dont les cellules sont riches en cristaux de calcium, probablement des cristaux d'oxalate de calcium. L' enveloppe séminale semble donc jouer un rôle de barrière à la pénétration du nickel. De plus, les réserves séminales des semences sont riches en calcium et comportent des globoïdes riches en phosphore, ce qui suggère une bonne adaptation de cette espèce aux sols ultamafiques très pauvres en ces deux éléments.

Chemical compositions of the essential oil distillates from some endemic aromatic plant species of Papua New Guinea

Stewart WABO WOSSA (1), T. Rali (1), D. N. Leach (2)

(1) Department of Chemistry, University of Papua New Guinea, Papua New Guinea
(2) Center for Phytochemistry, Southern Cross University, Lismore, NSW, Australia

The island of New Guinea harbours more than five percent of the world's biodiversity within some of the world's most biologically diverse ecosystems. Between 15 000 to 20 000 species of ferns and flowering plants are found here. The investigation of the chemistry of this diversity and endemism has been minimal to date.

In our ongoing search to identify and document the chemical constituents in the traditional medicinal and aromatic plants species from this floral diversity, we have examined the chemistry of the essential oil extracts from more than thirty aromatic plant species. The poster of the preliminary results of our findings, together with the samples of the essential oil distillates will be exhibited during this presentation.

The plant materials were collected from different geographical locations around the country and their essential oils obtained by hydro-distillation. The oil distillates were dried and analyzed using gas chromatography-mass spectrometer method. The individual oil constituents were tentatively identified by their respective retention times and confirmed by comparison to the mass spectral data and that of the authentic reference compounds.

The results obtained for chemical compositions in the essential oil distillates of the plant species studied were: Araceae (*Acorus calamus*, *Homalomena aromatica*), Asteraceae (*Vernonia lanceolata*), Himatandraceae (*Galbulimima belgraveana*), Lamiaceae (*Ocimum basilicum*, *Pogostimon cablin*,), Lauraceae (*Cryptocarya massoia*, *Cinnamon podagricum*, *Cinnammomum sp*1., *Cinnamon sp*2.), Myristicaceae (*Myristica fragrans*), Myrtaceae (*Callistemon sp*1., *Callistemon sp*2., *Eucalyptus alba*, *Eucalyptus papuana*, *Melaleuca dealbata*, *Melaleuca cajeputi platyphylla*,), Piperaceae (*Piper aduncum*, *Piper fragile*, *Piper gibbilimbum*, *Piper nigrum*, Piper sp.), Rutaceae (*Clausena harmandiana*, *Euodia hortensis var trifolia*, *Euodia aromatica*, *Euodia sp.*, *Zanthoxylum conspersipunctatum*), Poaceae (*Cymbopogon citratus*), Vitaceae (*Vitex trifolia*), and Zingiberaceae (*Ellataria cardamomum*, *Cucurma longa*, *Riedellia urceolata*, *Zingiber officinale*). The results of other unidentified plant species together with the preliminary results of our ongoing studies will also presented.

In conclusion, the results suggest that *Pogostimon cablin* is a rich natural source of patchoulol (71 %), *Melaleuca cajeputi platyphylla* is the rich

natural source of platyphyllol (78 %), and *Cymbopogon citratus* is the rich natural source of citral (90 %). The new aromatic plant species studied were *Piper gibbilimbum*, *Vernonia lanceolata*, *Galbulimima belgraveana*, *Euodia aromatica*, *Zanthoxylum conspersipunctatum*, and *Riedelia urceolata*. The results of other newer species will also be presented when their botanical identities are confirmed.

Origine et mise en place des ophiolites calédoniennes

Christian PICARD (1), M.-A. Audet (2)

(1) LGPMC - EA 3325, Université Nouvelle-Calédonie
(2) Falconbridge Nouvelle-Calédonie

Depuis les années quatre-vingt, peu de travaux ont été accomplis sur l'ophiolite néo-calédonienne (ONC), hormis sur les milieux supergènes (projet UR037, IRD). Au LGPMC, nos recherches sur l'ONC portent sur l'analyse structurale et pétro-géochimique des matériaux primaires afin de mieux appréhender leur origine et leurs modalités de mise en place. Ainsi, les études sur le massif du Sud et l'Unité de Poya (Cluzel *et al.*, 1994,1997,2001) révèlent que les unités ophiolitiques se sont constituées de la fin du Crétacé au Paléocène dans le bassin Sud Loyauté lors de la dislocation de la marge gondwanaise en réponse à la subduction de la plaque Pacifique, puis ont été obductées à l'Éocène. Nos travaux sur le massif du Koniambo montrent que les klippes de la côte ouest sont plus complexes et présentent plusieurs nappes superposées qui inversent la stratigraphie: séquences mantelliques à harzburgites au sommet; séquences cumulatives de dunites dans la partie inférieure au dessus des basaltes. Une telle situation est typique des zones de front de nappes. Elle pourrait résulter de la convergence par glissement différentiel des nappes, dont l'un des moteurs pourrait être l'exhumation du nord calédonien. Ce modèle d'inversion de nappes pourrait expliquer la présence de matériaux de plus en plus profond vers le nord, et donc la présence de lherzolites dans le massif de Tiébaghi.
L'étude pétrologique (analyse des éléments traces et terres rares à très basse teneur au LGCA - Grenoble) conforte les différences observées. Ces études, confrontées à celles sur les volcanites, devraient permettre de comprendre les relations génétiques entre l'unité de Poya et la nappe ultramafique.
Principales collaborations sur le sujet: LGCA-UMR5025 à Grenoble, Université du Québec à Montréal, Université de Hobart en Tasmanie, Société Falconbridge en Nouvelle-Calédonie.

Hydraulique villageoise en Nouvelle-Calédonie (1987-2004) : prospection hydrogéologique dans les roches fissurées

D. LEVENEUR (1), J. Leguéré (1), E. Goachet (1), T. Chaverot (2), J. Bouvier (2), R. Avril (3)

(1) A2EP, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) DRN Province Sud, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(3) DAN Province Nord, Koné, Nouvelle-Calédonie

Dans le cadre des campagnes d'hydraulique villageoise en Afrique, le BRGM a expérimenté une méthode de prospection en milieu intertropical, pour la recherche de zones fracturées propices à l'implantation de forages d'eau en roche saine. Les problématiques rencontrées dans ces régions sont similaires à celles de nombreux secteurs de la Nouvelle-Calédonie.

En 1987 à l'initiative du BRGM, cette méthode a été transposée sur le Territoire, pour essayer de mettre en évidence des ressources aquifères en milieu fissuré dans le Nord de la Grande Terre (région sèche d'Arama, Poum). Sur la base de cette expérience réussie, A2EP réalise des prospections pour l'implantation de forage d'eau en milieu fissuré depuis 1991.

La méthode consiste en une analyse de la géologie à partir de photographies aériennes et satellitaires permettant la mise en évidence de traits structuraux d'extension significative. Une reconnaissance géologique de terrain complète l'analyse. Des mesures géophysiques au sol (de type électrique), précisent la position des anomalies au droit de ces traits structuraux. Une fois les sites d'implantation définis, les travaux de forage (en utilisant la méthode Marteau Fond de Trou) confirment la présence ou non de l'eau sur le site choisi. Ces prospections ont abouti à l'implantation de plus de 300 forages d'eau avec 71 % de forages productifs (supérieur à 1 m^3/h).

L'expérience acquise lors de ces campagnes a pu être mise en application dans la zone Pacifique, lors d'une coopération entre la France et Fidji (Fonds Pacifique). De 1996 à 1997, A2EP et le Mineral Ressources Department ont mis leur moyens en commun pour appliquer les méthodes utilisées en Nouvelle-Calédonie dans la région de Labasa, sur la côte ouest de l'île de Vanua Levu, dont le contexte hydrogéologique est comparable.

Cette coopération a permis de préciser les conditions favorables à l'implantation de forage d'eau en milieu fissuré sur l'île de Vanua Levu et de réaliser 13 forages positifs, totalisant un débit de 6000 m^3/jour.

Coupling strata and granulometry detection on core images

Michel ALLENBACH (1), N. Selmaoui (2), B. Répetti (1), C. Laporte-Magoni (1)

(1) *LGPMC Laboratoire de Géosciences et Physique de la matière Condensée, Université de la Nouvelle Calédonie*
(2) *ERIM Equipe de Recherche en Informatique et Mathématiques, Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle Calédonie*

In this paper, we propose an approach combining both strata detection and grain analysis on images of indurated cores. We use high-resolution images (47 µm/pixel) for granulometry and low-resolution images (270 µm/pixel) for strata detection, stored in indexed database. The quality of these images is sufficient for an interpretation identical and even higher than the geologist's eye. The methods we have implemented and adapted for strata detection are based: (1) on time-frequency transformations (Fourier), and (2) on scale-frequency transformations (wavelet). A comparison between these two methods is provided for representative image examples—we demonstrate that the wavelet transform method is more efficient because it allows to better identify strata and to distinguish these from fractures which are due to drilling operations or to geological processes (tectonic movements, recrystallization). For the detection and analysis of grain size, by contrast, we decided to use the most classical mathematical morphological operator in imagery—the regional maxima, widely used in granulometry, and well adapted to the detection of small grains. The sequential description (stratification) on low-resolution images, and the granulometry assessment on high-resolution images constitute two distinct tasks, performed in parallel. For each layer detected, we can perform a specific granulometric analysis. The efficiency, reliability and repeatability of our methods have been tested without any subjectivity. The samples used for this purpose were taken from a borehole in the Cretaceous to Upper Eocene volcano-sedimentary series of the New Caledonian west coast.

La gestion des conflits liés à l'exploitation des ressources minérales : contribution de l'approche socio-économique

J-F. ORRU & R. Pelon

REM - EIDD

Les ressources naturelles sont inégalement réparties et représentent une valeur variable dans le temps et dans l'espace. De là derivele caractère souvent conflictuel de leur exploitation : elles exigent en effet de la part des acteurs un partage du territoire et/ou de la richesse.

Les ressources minérales en particulier, par leur caractère non renouvelable, leur valeur parfois très élevée et l'aspect fluctuant des réserves (accès aux financements, technologie, réglementation...) représentent un véritable défi en terme de gestion des conflits.

Les conflits liés à l'exploitation des ressources minérales sont polymorphes. On pense d'emblée aux conflits armés (pillages, guerres civiles), notamment en Afrique (RDC, Angola, Sierra Léone), mais ces expressions de violence restent des cas extrêmes. La plupart du temps, il s'agit de conflits d'usage, de superposition ou de confrontation d'intérêt tels que : la concurrence entre activité minière artisanale et agro-pastoralisme, les relations industries-communautés, et les choix divergeant entre la mise en valeur des ressources minérales et la mise en place d'espace naturel protégé.

Ce poster propose d'abord une approche diachronique de la caractérisation des conflits et de leur mode de gestion. D'une tendance interventionniste guidée par des intérêts bilatéraux jusqu'à la transparence normative imposée par les institutions internationales, la gestion des conflits miniers et pétroliers a longtemps nié le développement des communautés concernées localement. Le contexte actuel, propre à la mondialisation, change la portée des conflits et invite à une évolution radicale dans leur mode de résolution. L'approche socio-économique, par essence interdisciplinaire, se présente comme un ensemble de concepts et d'outils capable d'établir des diagnostics autant que de proposer des solutions opérationnelles permettant de concilier les intérêts en présence pour contribuer à la gestion et à la résolution de ces conflits.

Basée sur l'expertise scientifique et technique du BRGM en Afrique mais aussi en Amérique du Sud (notamment en Guyane) et dans le Pacifique (Papouasie Nouvelle-Guinée) ; ce poster illustre les apports nouveaux de la méthodologie socio-économique, méthodologie applicable notamment aux enjeux conflictuels du développement de l'industrie du nickel en Nouvelle Calédonie.

Biogéo-diversité fonctionnelle des sols latéritiques miniers de la Nouvelle-Calédonie : application à la restauration écologique

Nicolas PERRIER (1,2,3,4), F. Colin (1), H. Amir (2), N. Barré (3), B. Dreyfus (5), Y. Prin (5), M. Ducousso (5), J-P. Ambrosi (1), T. Jaffré (1), V. Dumontet (6), B. Swarbrick (4)

(1) IRD, UR037, Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; (2) Université de Nouvelle-Calédonie LBPVA, Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; (3) Institut Agronomique NeoCaledonien, Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; (4) Falconbridge NC SAS, Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie ; (5) Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes, TA10/J, Montpellier, France ; (6) Laboratoire des Plantes Médicinales CNRS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La Nouvelle-Calédonie présente un écosystème latéritique unique au monde et particulièrement intéressant, tant au plan économique qu'au plan environnemental. En effet, les manteaux d'altération, issus de l'altération latéritique des roches ultrabasiques, sont enrichis en nickel et la flore qui les recouvre est l'une des plus riches et originales de la planète, avec plus de 3300 espèces endémiques sur un territoire de 19000 km^2. L'étude des relations entre ces différentes entités notamment, en environnement minier, les transferts de métaux entre les sols et les plantes, est primordiale pour la connaissance de ces écosystèmes diversifiés et sensibles aux perturbations anthropiques.

Sur un transect représentatif du Massif du Koniambo (gisement en prospection par Falconbridge/SMSP), du sommet vers l'aval, nous avons identifié quatre formations végétales distinctes à partir d'un maquis dominé par *Araucaria montana* sur plateau, jusqu'à une forêt dense dominée par *Nothofagus balansae* en talweg. Sur ce transect, la spéciation des métaux dans les différents ensembles pédologiques montre des quantités de nickel total élevées et une séquestration du nickel au sein des oxy-hydroxydes de fer goethite, hématite, maghemite et des valeurs en nickel disponible faibles. La présence de deux plantes hyperaccumulatrices, *Phyllanthus favieri* (Euphorbiacée) pour le nickel et *Tieghemopanax jaffrei* (Araliacée) pour le manganèse, indique un transfert important des métaux vers les plantes. La présence de champignons ecto et endomycorhiziens est primordiale dans un rôle de protection des plantes au regards des transferts de métaux potentiellement phytotoxiques. Les plantes sont pour la pluspart endomycorhizées, mais quatre espèces sont ectomycorhizées *Tristaniopsis spp.* et *Nothofagus spp.* La caractérisation moléculaire des carpophores et des mycorhizes a permis de définir des espèces fongiques nouvelles et la dominance du genre *Cortinarius* observé pour la première fois en milieu tropical. Les transferts

de métaux au niveau de l'interface champignon/plantes (dans les mycorhizes) sont en cours d'étude.

Les résultats de notre travail trouvent des applications fortes dans le domaine de la restauration écologique des sites miniers en Nouvelle-Calédonie. Cette thématique intéresse particulièrement les pays de la région Pacifique qui tirent des revenus substantiels de la valorisation de ressources minières de type latéritiques, comme par exemples, l'Australie, la Papouasie et l'Indonésie.

Invasibilité de la végétation des espaces pastoraux et des forêts sèches de la Nouvelle Calédonie par des espèces végétales indigènes ou exotiques

Vincent BLANFORT (1) et S. Dauré (2)

(1) IAC – Cirad Emvt CRN, Pouembout, Nouvelle-Calédonie
(2) IAC, Païta, Nouvelle-Calédonie

Depuis une quinzaine d'années, les invasions biologiques n'épargnent aucune région du monde et suscitent un intérêt majeur pour la recherche scientifique. Les espèces envahissantes constituent une grave menace car elles contribuent à l'érosion de la biodiversité mondiale et portent également préjudice aux activités humaines. Il est aujourd'hui admis que les milieux insulaires sont beaucoup plus touchés par le phénomène que les milieux continentaux. La Nouvelle-Calédonie n'échappe pas à la règle, les espèces végétales envahissantes constituent un problème préoccupant sur le plan agricole, environnemental et socio-économique. Au terme d'un peu plus de deux siècles de présence européenne, environ 800 espèces de plantes se sont établies à l'état sauvage en Nouvelle-Calédonie. Plus de 50 espèces sont considérées aujourd'hui comme envahissantes à des degrés divers et relèvent d'une problématique régionale au niveau du Pacifique et de l'Australie. Elles sont notamment localisées dans les zones d'élevages de ruminants qui occupent 11 % du territoire. Sur un plan environnemental, certaines espèces exotiques envahissantes jusqu'ici cantonnées à ces espaces peuvent coloniser des milieux naturels avoisinants et contribuer à leur dégradation. C'est le cas des forêts sèches sur la cote ouest qui constituent un biotope à forte valeur biologique menacé de disparition

Face à cette situation, des recherches ont abouti à la mise au point d'outils d'aide à la gestion des pâturages et à des méthodes de contrôle des plantes envahissantes permettant une meilleure maîtrise de la ressource alimentaire. Dépassant le cadre strict des pâturages, l'action concerne aussi les forêts sèches où les caractéristiques et la dynamique spatiale des pestes végétales sont étudiées en relation avec leur comportement de colonisation dans les pâturages voisins. Dans ces différents milieux, les résultats obtenus portent aussi sur la mise au point de méthodes de diagnostics et de restauration dans le cas de dégradation par des espèces végétales envahissantes.

Critical biodiversity hotspots for terrestrial forest insects and freshwater biota in French Polynesia

Ronald ENGLUND (1), D. Polhemus (2), J.-Y. Meyer (3)

(1) Bishop Museum, Honolulu, Hawaii, USA
(2) Department of Systematic Biology, MRC 105, Smithsonian Institution, Washington DC, USA
(3) Délégation à la Recherche, Gouvernement de Polynésie française, Papeete, Tahiti, Polynésie française

Since 1999, the Pacific Biological Survey of the Bishop Museum conducted biological surveys as part of an *Inventaire et Valorisation de la Biodiversité* or inventory and evaluation of biodiversity, a research program conducted in French Polynesia with the assistance and financial support of the *Gouvernement de la Polynésie française*. The objectives of surveys in the Marquesas and Austral Islands were: 1) to assess the native aquatic insect fauna and describe the overall biodiversity of this fauna, 2) assess the biodiversity and status of Heteroptera and other important insects in native forest areas, 3) to assess the impacts or lack of impacts of introduced aquatic species on native stream biota, 4) to qualitatively assess the impacts of introduced species, feral ungulates, urbanization, on native insects, and 5) to provide museum specimens and an information baseline for future researchers. Significant findings of these surveys include a pristine native freshwater fauna lacking introductions of non indigenous fish, amphibians, or aquatic reptiles found in most islands of French Polynesia. Extensive research in Hawaii has shown the devastating impacts of alien fish species on the native stream fauna, and every effort should be made to avoid introductions of any non-native aquatic species to French Polynesia. Numerous undescribed aquatic insect species have been found in the Marquesas and Austral Islands, including new species and range extensions of Heteroptera (true bugs), Diptera (aquatic flies), and Odonata (dragonflies and damselflies). A rich terrestrial native insect fauna with numerous undescribed species of Coleoptera (beetles), Diptera (flies), Heteroptera (true bugs), and Homoptera (planthoppers) and has also been found in remnant areas of native forest on each island surveyed. The native species found in French Polynesia are important on a worldwide basis, and preservation of this biodiversity is critical. Areas containing significant levels of terrestrial insect and aquatic native biodiversity in the Marquesas and Austral Islands have been identified. To preserve this rich native biodiversity and Polynesian cultural heritage, it is imperative to protect the limited remaining native forests and aquatic ecosystems in French Polynesia.

Endémisme, identité biologique et conservation dans les îles de Polynésie française : le cas des mollusques terrestres

Benoît FONTAINE (1), O. Gargominy (2), P. Bouchet (1), A. Abdou (1)

(1) Muséum national d'Histoire naturelle, département Systématique et Evolution, Unité Taxonomie et Collections (Malacologie), Paris, France
(2) Muséum national d'Histoire naturelle, département Ecologie et gestion de la Biodiversité, Unité Inventaire et suivi de la Biodiversité, Paris, France

Avec plus de 300 espèces endémiques, les mollusques terrestres de Polynésie française sont un des fleurons de la faune insulaire. Des noms tels que *Rapanella*, *Australdonta*, *Gambiodonta*, *Tubuaia*, *Opanara* sont à l'image d'un endémisme générique archipelaire ou même insulaire, tandis que *Australdonta raivavaeana*, A. *tubuaia*, A. *rimatarana* et *Gambiodonta mangarevana* sont les marques d'une identité biologique purement insulaire. Au sein même de chaque île haute, le relief accentué et les milieux contrastés favorisent la diversification des espèces et provoquent un micro-endémisme par sommet, vallée ou mato qui confirme l'importance primordiale de ces îles pour l'étude des phénomènes évolutifs. Le Muséum National d'Histoire Naturelle, avec l'aide du gouvernement de Polynésie française, est parti sur les traces des premiers collecteurs du XIXe siècle et sur celles de la fameuse Mangareva Expedition de 1934 pour mesurer l'impact de l'occupation humaine sur ces faunes caractéristiques. Les extinctions d'espèces, voire même de genres, déjà constatées en 1934, sont confirmées par ces nouvelles prospections, qui ajoutent également des espèces nouvelles pour la science, décrites alors qu'elles sont déjà éteintes. Les faunes littorales et d'altitude sont toutes touchées, mais il subsiste localement, sur parfois quelques mètres carrés seulement, de véritables bijoux de biodiversité qu'il convient de protéger fortement par des actions spécifiques. Le contraste entre une reconnaissance internationale de ce patrimoine naturel et les moyens mis en œuvre pour le protéger suggère une implication forte et immédiate des pouvoirs publics, gage de qualité des habitats naturels relictuels en Polynésie française.

New Caledonian *Placostylus* land snails reared in captivity: impact for their conservation

Fabrice BRESCIA

Institut Agronomique néo-Calédonien, Programme Elevage et Faune Sauvage, Païta, New Caledonia

Land snails of the genus *Placostylus* (Bulimulidae), show a very restricted distribution area (Western Pacific). The species found in New Caledonia are all endemic and more or less endangered.
In New Caledonia, *Placostylus* snails are favoured as food, collected in forest (Isle of Pines mainly), marketed and consumed. Furthermore, as an important part of Melanesian culture and traditions, the snails are used for various purposes such as food and jewellery as well as for their medicinal properties. The number of snails harvested on the Isle of Pines has increased over the last few years and reached a maximum of 48 tons (about 700,000 snails) in 1993. A recent survey indicated a 40 % decrease in the number of wild snails between 1993 and 2000, a situation which is mainly due to over-exploitation. Local authorities therefore imposed measures designed to limit the amount of snails harvested by forbidding gathering during the reproductive season. In parallel to these control measures, the Institut Agronomique néo-Calédonien (IAC) is exploring conservation strategies such as off-site preservation as well as developing farming methods. The management of the latter would allow exploitation of this natural resource to continue, a matter which is of great concern to the local people, as well as the preservation of wild snail populations as part of the new Caledonian biodiversity. In addition, successful farming would enable the production and restocking of small populations of *P. fibratus* in areas where they are almost extinct, a situation often caused by habitat modifications and impacts of predators such as carnivorous snails, feral pigs, rats, etc.
The species found in New Zealand are currently endangered. Authorities are in the process of trying to reduce the number of extinctions by establishing new snail populations in areas they once occupied. Research is also being carried out into captive rearing techniques while in captivity.
The poster presents the captive rearing technique for *Placostylus* snails, and discuss about conservation implications.

Phylogéographie et endémisme des gobies dulçaquicoles de Polynésie française, l'exemple du genre *Sicyopterus*

Philippe KEITH et P. Berrebi

Muséum national d'Histoire naturelle, Département des milieux et peuplements aquatiques, Paris, France

Les milieux insulaires de la région Indo-Pacifique possèdent des espèces dulçaquicoles tout à fait originales. Les rivières sont en effet colonisées par des poissons Gobiidae dont le cycle vital s'est adapté aux caractéristiques particulières de ces milieux jeunes, pauvres en éléments nutritifs et soumis à de fortes variations saisonnières climatiques et hydrologiques. Ces espèces pondent en eau douce, les larves dévalent vers la mer où elles vivent une phase planctonique puis retournent vers les rivières où elles grossissent et se reproduisent.

Ces Gobiidae constituent souvent la biodiversité la plus importante dans les rivières polynésiennes ainsi que le taux d'endémisme le plus grand.

Afin d'étudier l'histoire de ces poissons du point de vue de l'évolution, leur biogéographie et de comprendre la mise en place des faunes dans les rivières polynésiennes, des études de phylogénie par séquençage de l'ADN mitochondrial ont été réalisées, en particulier sur le genre *Sicyopterus*. Dans ce genre, une espèce (*S. lagocephalus*) est supposée ubiquiste dans la région Indo-Pacifique tandis que d'autres espèces sont endémiques de certaines îles ou archipels polynésiens (Rapa, Société, Marquises) et elles vivent ou non en sympatrie avec elle.

La réalisation d'un arbre phylogénétique avec toutes les espèces de *Sicyopterus* endémiques de Polynésie, l'espèce ubiquiste et quelques autres espèces du Pacifique, a permis non seulement de valider les espèces endémiques du point de vue de la systématique classique, mais aussi de mettre en évidence les liens de parenté entre elles et de renseigner sur leur divergence. Ainsi, l'archipel de la Société constituerait une zone tout à fait particulière au sein de l'évolution du genre.

Les premiers résultats laissent aussi supposer plusieurs vagues de colonisations/spéciation/recolonisation dans l'archipel polynésien par le biais de la phase larvaire marine, seule phase de dispersion possible (donc de colonisation de nouveaux milieux insulaires) pour ces espèces.

L'étude de phylogénie fournit des éléments de compréhension de la mise en place de la faune dulçaquicole en Polynésie française et valide le caractère exceptionnel, en terme d'évolution et de biodiversité, de ses poissons endémiques.

Biologie, écologie et conservation des gobies amphidromes de la Nouvelle-Calédonie

Philippe KEITH

Muséum national d'Histoire naturelle, Département des milieux et peuplements aquatiques, Paris, France

Les espèces dulçaquicoles de gobies des systèmes insulaires du Pacifique ont un cycle de vie particulier, que l'on qualifie d'amphidrome. Les espèces pondent en eau douce, les larves dévalent vers la mer où elles vivent une phase planctonique puis retournent vers les rivières où elles grossissent et se reproduisent.
En raison des remontées massives dans les rivières dont les larves (« bichiques », « ina'a »...) font l'objet à certaines périodes de l'année, ces espèces sont aussi, dans certains archipels, une ressource alimentaire importante pour les populations locales, mais une ressource très fragile, parfois même au bord de l'extinction en raison de la complexité du cycle biologique des espèces et des particularités hydrologiques des îles.
Les modalités qui ont régi la mise en place d'un tel cycle biologique et les paramètres qui ont conduit à l'évolution de ce groupe sont peu connus. Une étude de biologie et d'écologie a donc été menée en Nouvelle-Calédonie sur cette famille, qui constitue la biodiversité la plus importante dans les rivières ainsi que le taux d'endémisme le plus grand, en vue de leur gestion et de leur conservation.
D'une manière générale, l'étude montre que les œufs éclosent après 24 à 70 heures et les larves sont transportées vers la mer où elles passent par une phase planctonique de 90 à 170 jours. Le recrutement s'échelonne tout au long de l'année mais correspond aux périodes de fortes pluies. Arrivant en estuaire à une taille variant de 13 à 25 mm selon les espèces, les larves subissent une véritable métamorphose avant d'entrer en rivière et les juvéniles vont développer de puissantes nageoires pectorales ainsi qu'une ventouse pelvienne qui leur permettra de franchir les cascades. Certains « grimperont » ainsi jusqu'à 1000 mètres d'altitude.
L'étude montre aussi que les variables saisonnières (pluie, sécheresse, inondation, cyclone...) ont une influence considérable sur la survie des populations : les événements biologiques, comme la reproduction, la ponte, la dispersion des larves (donc la colonisation des rivières) en dépendent et y sont synchronisés. En Calédonie, les impacts humains sont considérables sur les habitats aquatiques, en particulier sur ceux de l'embouchure qui sont d'une grande importance pour les espèces amphidromes, or celles-ci doivent effectuer deux migrations entre l'eau douce et la mer. Le succès de ce type de cycle vital qui doit assurer la production de larves et le repeuplement des rivières est dépendant du maintien du corridor montagne-océan qui permet le mouvement entre les deux milieux.
Outre la préservation des habitats, il faut aussi arriver à comprendre au mieux la biologie et l'écologie des espèces afin de développer des stratégies de gestion pour les préserver.

Biogéographie des monarques (Pomarea) des îles Marquises

Alice CIBOIS (1), J.-C. Thibault(2), E. Pasquet (3)

(1) American Museum of Natural History, Department of Ornithology, New York, USA, et Musée d'Histoire naturelle de la ville de Genève, Département de mammalogie et d'ornithologie, Suisse
(2) Parc naturel régional de Corse, Ajaccio, Corsica
(3) Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution, FRE 2695 Origine, Structure et Evolution de la Biodiversité et Service de Systématique Moléculaire, IFR 101-CNRS, Paris, France

Les monarques du genre *Pomarea*, endémique à la Polynésie orientale, habitent des îles hautes des archipels des Cook, de la Société et des Marquises. Plusieurs espèces ont disparu et d'autres sont menacées, en raison de la prédation des rats noirs (*Rattus rattus*) et de la régression de leur habitat forestier. Nous avons utilisé comme marqueur l'ADN mitochondrial pour développer une phylogénie de toutes les formes connues, y compris celles qui sont éteintes. Cette phylogénie est confrontée aux données géologiques des îles de Polynésie orientale, en particulier celles des îles Marquises où l'on trouve la plus grande diversification des monarques. Dans cet archipel, la phylogénie du genre *Pomarea* est en accord avec l'apparition séquentielle des îles. L'âge des lignées est présenté approximativement, en utilisant soit une horloge moléculaire, soit des méthodes bayésiennes qui tiennent compte de données géologiques. Pour la plupart des îles, les deux analyses laissent apparaître des différences, estimées à 1-2 millions d'années, entre l'âge des îles et l'âge des nœuds. Nous suggérons que les différences sont dues au décalage de temps entre l'émergence des îles et leur colonisation réussie par les monarques.

L'avifaune des forêts sclérophylles de Nouvelle-Calédonie : caractérisation du peuplement et espèces indicatrices

F. DESMOULINS, N. Barré

Institut Agronomique néo-Calédonien, Programme Elevage et Faune Sauvage, Païta, Nouvelle-Calédonie

Des inventaires ont été conduits dans 21 massifs de forêts sèches, une des formations naturelles les plus menacées du territoire, en utilisant la méthode des indices ponctuels d'abondance, basée sur des écoutes de 10 minutes sur 332 points régulièrement répartis au sein des massifs boisés et en périphérie de ceux-ci. Quarante espèces ont été recensées, dont 8 espèces introduites (5 passereaux, 2 colombidés, 1 gallinacé), présentes plutôt en lisière et dans les milieux anthropisés adjacents aux massifs que dans ceux-ci. Parmi les 32 espèces natives, 9 sont endémiques à la Nouvelle-Calédonie et 15 sont des sous-espèces endémiques. Aucune n'est spécifique des forêts sèches ; elles sont toutes communes et bien réparties sur le territoire. La plupart d'entre-elles sont des espèces ubiquistes occupant indifféremment les formations boisées et les zones pastorales ou agricoles avoisinantes. Cependant, cinq espèces : Autour à ventre blanc, Ptilope de Grey, Myzomèle cardinal, Siffleur calédonien et Rhipidure tacheté sont strictement inféodées aux formations boisées bien structurées et bien conservées de forêts sèches. Une autre espèce, également commune en forêt humide, le Miro à ventre jaune occupe en outre des formations secondarisées âgées et denses à *Acacia spirorbis*. Les facteurs contribuant au maintien de ces espèces et les causes expliquant leur présence - piégeage dans des poches reliques de forêt ou migration depuis les forêts humides de piémont - sont à éclaircir. Ces espèces relativement spécialisées contribuent à la diversité de ce milieu et peuvent servir de bio-indicateurs pour évaluer la qualité d'un massif et/ou suivre son évolution écologique au cours des processus de conservation et de restauration.

Les oiseaux marins dans le lagon sud de la Nouvelle-Calédonie : répartition, abondance et menaces

Pascal VILLARD, M. Pandolfi (1) et V. Bretagnolle (2)

(1) Direction des Ressources Naturelles, Province Sud, Nouvelle-Calédonie
(2) CNRS, Centre d'études biologiques de Chizé, Beauvoir sur Niort, France

Depuis le début des années 90, un suivi des îlots du lagon sud a été mené dans le but de recenser, étudier et suivre la dynamique des populations d'oiseaux marins.

Ce programme a permis de connaître la distribution et les effectifs des différentes populations ainsi que leur évolution pour 11 espèces (5 sternes, 2 noddis, 1 mouette, 2 pétrels et 1 puffin). De plus, deux aspects particuliers de leur écologie étaient étudiés : i) le succès reproducteur, conduit à l'échelle du lagon mais aussi de façon plus fine sur des nids marqués et régulièrement contrôlés ii) l'écologie alimentaire, abordée avec l'analyse de contenus stomacaux et des observations de nourrissage des oiseaux en mer.

Toutes ces informations collectées permettaient aussi de mieux cerner les menaces qui pèsent sur cette communauté d'oiseaux marins. Ainsi une première mesure concrète était réalisée avec la dératisation des îlots. Certains de ceux-ci, proches de Nouméa, bénéficient d'un statut de réserve et donc d'une surveillance. La fréquentation du lagon par les visiteurs augmente et avec elle les dérangements occasionnés. Une sensibilisation accrue de ces personnes est donc nécessaire telle la pose de panneaux d'informations. Mais la réelle mesure à mettre en place pour assurer la survie de ces communautés d'oiseaux marins passe par la mise en réserve intégrale de certains des îlots lointains qui hébergent une grande partie de cette avifaune marine nicheuse.

Les rats, prédateurs du cagou ?

Sophie ROUYS (1), J. Theuerkauf (2)

(1) Laboratoire des Ressources Vivantes et de l'Environnement Marin (LERVEM), Université de la Nouvelle-Calédonie
(2) Museum et Institut de Zoologie, Académie Polonaise des Sciences, Pologne

Le nombre de cagous (*Rhynochetos jubatus*) a considérablement décliné du fait de la perte d'habitat et de la prédation par les mammifères introduits. Les cagous, inaptes au vol, sont une proie facile pour les chiens errants qui sont à même de réduire sévèrement des populations isolées. La nature spectaculaire des attaques de chiens sur les cagous adultes fait que l'on considère généralement ces mammifères comme le prédateur principal de ces oiseaux. Les forêts humides de Nouvelle-Calédonie abritent cependant d'autres mammifères introduits susceptibles d'être prédateurs du cagous, de leurs œufs ou de leurs poussins : cochons sauvages (*Sus scrofa*), chats (*Felis catus*), rats noirs (*Rattus rattus*) et rats polynésiens (*Rattus exulans*). Pour optimiser l'efficacité des programmes de protection des cagous, il est donc aussi important de connaître les prédateurs de leurs œufs et poussins.

Pour déterminer l'impact des mammifères sur les populations de cagous, nous effectuons depuis septembre 2002 des recensements de cagous et documentons les densités de mammifères introduits (par piégeage de rats, transects, observations directes) dans diverses régions. Nous suivons d'autre part les nidifications de cagous par télésurveillance afin de déterminer le taux de prédation et les prédateurs de ces oiseaux.

Jusqu'à présent, aucune prédation par les rats sur des nids de cagous n'a été observée mais des cochons sauvages ont détruit deux œufs de cagous. Des analyses de régression des densités de rats en relation avec celles des cagous indiquent qu'une influence des rats sur la densité de leurs populations est probable. Les densités de cagous sont positivement corrélées à celles des cochons sauvages, probablement car les cochons et cagous sélectionnent le même type d'habitat, une compétition entre ces deux espèces serait donc possible.

Impacts des ruminants introduits sur les forêts sèches de la Nouvelle-Calédonie

Michel de GARINE-WICHATITSKY (1,2) et J. Spaggiari (1)

(1) IAC, Programme Elevage et Faune Sauvage, Païta, Nouvelle-Calédonie
(2) CIRAD-EMVT, Programme Econap, TA 30/F, Montpellier, France

Parmi les menaces qui pèsent sur la conservation de la biodiversité néo-calédonienne, notamment sur les forêts sèches, le pâturage par les ruminants introduits (essentiellement le cerf rusa *Cervus timorensis russa*, introduit à la fin du XIXe siècle) est fréquemment évoqué, bien que peu d'études aient évalué son impact. Ce poster présente les résultats d'une étude menée en 2002-2003 dans le cadre du Programme de Conservation des Forêts Sèches. Sur 12 sites de forêt sèche hébergeant des densités variables de ruminants, les relevés effectués sur un total de 267 placettes de 40 m^2 ont permis d'établir la fréquence de présence des principales espèces végétales et des impacts provoqués par les ruminants (abroutissement, frottis) en fonction des densités de ruminants estimées à partir de l'abondance des fécès. L'analyse de la fréquence de consommation de plus de 100 taxons (identifiés au niveau de l'espèce ou du genre) n'indique pas de différences significatives en fonction du type biologique des plantes (graminée/herbacée/ligneux) ou de leur statut (endémique/indigène/introduite). Certaines espèces endémiques de forêt sèche figurant sur la liste des espèces menacées de l'UICN subissent des impacts négatifs directs et importants de la part des ruminants, mais d'autres ne semblent pas subir d'impact sérieux. Paradoxalement, certaines plantes envahissantes seraient même contrôlées par le pâturage des ruminants. Par ailleurs, des marques dues aux frottements des bois des cerfs mâles lors du rut (frottis) ont été relevées sur les troncs de 46 espèces différentes, sans sélectivité apparente. Ces résultats permettent de mieux appréhender les menaces que représentent les ongulés introduits sur les forêts sèches afin de mieux les contrôler. Ils ouvrent des perspectives pour la mise au point d'indicateurs biologiques qui permettraient de gérer les populations de cerfs et leurs impacts sur les forêts sèches, une solution complémentaire des coûteuses mises en défens.

SAGE : Un programme de recherche pluridisciplinaire au service du développement des Iles Loyauté

Didier LILLE (1), M. Allenbach (3), Touraïvane (1), C. Kolbowicz (1), M. Mangeas (1), G. Taladoire (2),

(1) IRD Nouméa - Unité S140 ESPACE - LATICAL, Nouvelle-Calédonie
(2) Université de la Nouvelle-Calédonie - Unité S140 ESPACE - LATICAL
(3) Université de la Nouvelle-Calédonie – Laboratoire de Géologie et de Physique de la Matière Condensée (LGPMC)

Les nappes phréatiques représentent la seule ressource en eau douce pour les îles Loyauté. L'évolution démographique récente, les nombreux projets de développement (touristique, industriel, agricole) et les préoccupations environnementales des responsables politiques ont conduit la Province des Iles Loyauté à mettre en place une politique volontariste pour une gestion concertée de cette ressource.

Le programme SAGE a pour principal objectif de fédérer les résultats de recherche et de les intégrer dans un système d'informations évolutif et accessible par les différents acteurs. Ce programme permet la maîtrise et l'anticipation des conséquences de l'activité humaine sur l'avenir des nappes phréatiques des îles Loyauté. Dans un souci de gestion et de protection de la ressource en eau, le service environnement de la Province des îles Loyauté a favorisé le développement d'un partenariat scientifique et technique de haute technologie. L'IRD, l'Université de la Nouvelle-Calédonie et l'Université d'Orléans ont conjugué leurs efforts à ceux des services de la province et des bureaux d'étude afin de mettre à disposition des acteurs du développement des îles, leur expertise pluridisciplinaire en environnement de manière concrète et opérationnelle. Le projet comprend ainsi sept axes thématiques.

L'axe « Géologie » du programme SAGE a eu pour mission de collecter les données scientifiques sur le fonctionnement de la nappe souterraine permettant d'estimer les risques potentiels de pollution des lentilles d'eaux douces des îles Loyauté. Le programme est abordé sous deux facettes complémentaires : une approche de géologie structurale et une approche d'hydrogéologie karstique. Les connaissances acquises ont ensuite été intégrées avec celles de l'axe « Géomatique » et de l'axe « Système d'Information » pour aboutir en fin de programme (2004) à la livraison d'un Système d'Aide à la Gestion de l'Environnement : SAGE.

La complexité des phénomènes abordés par ce programme ont conduit les concepteurs de l'axe « Système d'informations » à définir une architecture distribuée et distante pour le système d'aide à la gestion de la ressource en eau. Chaque domaine d'expertise scientifique dispose de ses propres données

qui proviennent généralement de sources différentes ; l'architecture distribuée d'EAUNET permet simplement de puiser et croiser des données provenant des diverses sources de données disponibles et ce, de manière naturelle et transparente. Ce système d'informations intègre, en particulier, les résultats obtenus par les géologues pour expliquer et visualiser cette circulation qui va permettre, à terme, d'identifier les impacts des polluants sur cette ressource en eau. Cette visualisation, tout comme le reste du système, est accessible à travers Internet ; cette exigence implique la nécessité de structurer ce travail autour des standards reconnus pour la représentation en 2D et 3D. Le système EAUNET se veut durable : pour anticiper les évolutions inévitables des systèmes d'informations dans les années à venir, l'architecture développée est structurée autour des standards ouverts et émergents tels que GML pour l'échange de données géographiques, WMS et WFS de l'OGC (Consortium international de standardisation des données géographiques) pour l'accès aux entrepôts de données géographiques hétérogènes et distantes.

Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, une collaboration étroite entre les diverses composantes du programme a permis d'effectuer les premières modélisations hydrogéologiques et d'esquisser les scénarii d'aide à la décision qui ont été présentés en fin de programme. Le système final se présente sous la forme un site web qui permet de choisir des données provenant de sources de données différentes et d'afficher l'ensemble de ces données sur une page web interactive. Le site web du programme SAGE est accessible à l'adresse suivante : http://www.espace.ird.nc/sage.

Apports du programme sage a la connaissance hydrogeologique des îles Loyaute

Michel LEPILLER (1,3), M. Allenbach (2), F. Orange (1,3), T. Hoibian (2), D. Cluzel (1), A. Hoez (3)

(1) Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (UMR CNRS 6113)
(2) Laboratoire de Géosciences, Université de Nouvelle-Calédonie
(3) École Polytechnique de l'Université d'Orléans

Le développement économique durable des îles Loyauté est confronté à deux enjeux environnementaux fondamentaux : la préservation de la qualité des eaux souterraines, seule ressource en eau douce possible pour la production d'eau potable et celle du milieu marin qui les entoure, réceptacle ultime des eaux issues des formations carbonatée qui les constituent.

Les recherches en hydrogéologie menées dans le cadre du programme SAGE avaient pour objectif de mieux caractériser l'aquifère et notamment de préciser le rôle de la karstification dans son fonctionnement, l'objectif final étant l'élaboration d'un modèle le plus fidèle possible à la réalité constituant un outil de gestion de l'aménagement et du développement.

La prospection détaillée des sections de littoral accessibles a permis de caractériser l'exhaure de l'aquifère. Ces prospections effectuées à Lifou et Mare ont montré que cette exhaure s'effectuait de manière localisée, les exutoires ou groupes d'exutoires se situant le plus souvent, géographiquement, dans les parties concaves du trait de côte et hydrauliquement au débouché de thalwegs piézométriques traduisant l'existence d'axes de drainage créés par la dissolution au sein de l'aquifère.

Une interprétation des documents piézométriques disponibles a montré la cohérence existant entre la répartition des exutoires et le partitionnement de l'aquifère en systèmes hydrologiques.

La mise en œuvre de la techniques du traçage quantitatif (fondée sur la détection du traceur sur le terrain à l'aide d'un fluorimètre et sur la confirmation de la restitution au laboratoire à l'aide d'un spectrofluorimètre dans les cas douteux) a été d'un apport décisif pour la représentation conceptuelle du drainage de l'aquifère et pour sa modélisation : Les cénotes ouverts sur les flancs du bourrelet périphérique ne sont pas distribués de façon aléatoire et sans lien entre eux, mais jalonnent une zone fortement karstifiée en forme de guirlande par laquelle transite une eau peu salée jusqu'à une faible distance de la côte. L'intersection de cette guirlande et du trait de côte actuel détermine la situation des exutoires qui assurent l'exhaure de l'aquifère. La vitesse de circulation de l'eau dans ces drains est 100 à 1000 fois plus élevée qu'une estimation fondée sur l'hypothèse d'une distribution homogène et continue de la perméabilité.

Ces données ont pu être intégrées dans une première ébauche de modèle numérique dont le perfectionnement nécessite la poursuite des recherches, notamment sur le terrain, en vue de préciser la structure de l'aquifère et les caractéristiques de l'infiltration.

Comportement géochimique et minéralogique des platinoïdes en environnement tropical

Daouda TRAORÉ (1), T. Augé (2), M. Cathelineau, C. Peiffert, J.-P. Parisot (1), P. Maurizot (4), F. Colin (1).

(1) IRD, UMR 161, Nouméa, Nouvelle-Calédonie (daouda.traore@noumea.ird.nc)
(2) BRGM, Ressources Minérales, Orléans, France
(3) UMR G2R/CREGU Université Henri Poincaré, Vandoeuvre-lès-Nancy, France
(4) BRGM, Service des Mines et de l'Energie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

L'idée que des Minéraux du Groupe du Platine (PGM) puissent se transformer et se former en environnement post-magmatique et supergène est controversée depuis le milieu des années 1960. Augustithis émit le premier en 1965 l'hypothèse que des pépites d'Éléments du Groupe du Platine (PGE) ont pu se former dans les altérites du complexe ultrabasique de Joubdo en Ethiopie. Cette hypothèse sera plus tard défendue par plusieurs auteurs, avec cependant des divergences dans le mode de formation: « accrétion chimique » pour les uns, cristallisation de PGM pour certains et transformation par lixiviation sélective pour d'autres. La contradiction a cependant été vite apportée par les partisans de « PGM inertes » dans les milieux de lessivage. Dans ce contexte, l'amélioration des connaissances sur le comportement post-magmatique et supergène des platinoïdes passe le choix de sites, qui permettent de suivre sur un profil les modifications géochimiques et minéralogiques subies par les porteurs primaires de PGE dans le manteau d'altération.

En Nouvelle-Calédonie, l'indice platinifère de la Rivière des Pirogues constitue un site exceptionnel, avec la co-existence de minéralisations primaire bien caractérisée et secondaire au sein des latérites sus-jacentes. Une double approche a permis de caractériser les transformations géochimiques et minéralogiques majeures qui ont affecté les grains de PGM pendant les phases de serpentinisation et d'altération supergène, à savoir la caractérisation minéralogique et géochimique des chromites minéraux hôtes des PGM et des PGM eux-mêmes dans la minéralisation primaire, et l'étude de leur évolution morphologique et géochimique dans le profil d'altération.

Ainsi, la présence autour des chromites hôtes des PGM de cortex à ferritchromite indique t-elle une altération précoce des spinelles pendant la phase de serpentinisation. Cette transformation bien connue dans les spinelles, a également été décelée dans la minéralisation de platinoïdes associée aux chromites, grâce à l'utilisation de Si et Mg comme traceurs de la serpentinisation.

Ces traceurs ont permis de discriminer très nettement une population de PGM à fortes teneurs de Si et Mg, avec un rapport atomique Mg/Si constant

et proche de 3/2. Ces concentrations de Si et Mg et le rapport atomique de 3/2 sont indicateurs de la présence de silicates de type serpentine, et témoignent ainsi de l'origine hypogène de la population de PGM.
En milieu supergène, la dissolution des chromites est rapide et débute dans la saprolite fine. Cette dissolution se fait préférentiellement suivant la fracturation primaire du minéral et conduit à une dislocation des cristaux. Les PGM ainsi livrés aux agents d'altération dans le manteau latéritique, subissent à leur tour une dissolution avec un appauvrissement sélectif et préférentiel de S, Cu, Pd, Fe et Pt. Ce lessivage sélectif conduit à la formation de grains résiduels poreux et relativement enrichis en Pt.
Ainsi, en environnement tropical, les Chromites et les PGM subissent une dissolution intense, préférentielle et croissante. Ce processus aboutit à un émiettement des grains primaires et au développement de PGM de type isoferroplatine dans les stages ultime de l'altération. Les processus de précipitation supergène de PGE semblent peu développés.

Mineral phase transformation from nickel hydroxide to nickel oxide on synthesized nanometric particles

J.M. BOYER (1), B. Repetti (1), R. Garrigos (1), M. Meyer (2)

(1) Laboratoire des Géosciences et de Physique de la Matière Condensée Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa

(2) Laboratoire de Physique de la Matière Condensée - Université de Nice, Sophia-Antipolis, France

The nanometric scale is characterised by a high surface area material. This physical phenomenon changes the conventional material properties. We focused on the impact of this phenomenon on the thermal properties.

Using different size particles of nickel hydroxide from colloidal solution synthesis, we show by X-ray diffraction that during the mineral phase transformation from hydroxide to nickel oxide, the smaller is the size the lower is the temperature conversion.

By this way, we bring in evidence a thermodynamical cluster size effect on nanometric platelets, which is an important property of the nanostructures. Applied to the colloidal materials, this effect can be used to confirm the range size of synthesized particles.

Transfert et spéciation du chrome véhiculé par les rivières d'un bassin versant de Nouvelle Calédonie : exemple d'un ancien site minier chromifère sud calédonien

G. BOUICHET (1), P. Epinoux (1), D. Traoré (1), J. P. Ambrosi (1), C. Peiffert (2), M. Cathelineau (2), F. Colin (1)

(1) IRD, UR037/UMR 161 et CNRS UMR 6635, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.
(2) UMR CNRS 7566, G2R et CREGU, Vandoeuvres les Nancy, France

Le substratum géologique de la Nouvelle-Calédonie se caractérise par l'existence de massifs de roches ultrabasiques (UB) qui, sous l'action des agents météoriques, se sont altérées en épais manteaux d'altérites de plusieurs dizaines de mètres de puissance. La conjonction des conditions de mise en place de ces UB et de leurs expositions aux actions physiques et chimiques des agents météoriques a conduit à l'individualisation de gisements miniers (Ni, Cr) économiquement exploitables. Ces massifs miniers présentent actuellement une géomorphologie particulière puisque fortement incisés sur leurs versants. Leurs bassins versants présentent un fort gradient altitudinal et les rivières (creeks), qui les drainent, sont soumises à un régime tropical fortement influencé par les dépressions cycloniques.

Le sous-bassin versant étudié draine un ancien site minier de chromitite massive (affluent de la Rivière des Pirogues, Sud de la Nouvelle-Calédonie). Différentes campagnes de prélèvement ont été menées afin d'évaluer la nature et la quantité de matières transportées par les eaux, autant sous formes particulaires que dissoutes. Les études menées ont été, entre autres, axées sur la mesure des formes trivalentes et hexavalentes du chrome (Cr^{III} et Cr^{VI}) dans la fraction dissoute par des méthodes colorimétriques de terrain et de laboratoire. La mobilité et réactivité de la forme hexavalente du chrome rendant sa mesure plus délicate, des études préliminaires ont été effectuées afin de déterminer les conditions optimales de traitement, conservation et transport des prélèvements. D'autre part, la méthode d'ultrafiltration tangentielle (membranes de 300 kD et 5 kD) a été utilisée afin d'identifier la spéciation des métaux en terme de taille des phases porteuses au niveau moléculaire ou ionique.

Ces études soulignent la très faible quantité de matières en suspension (MES) lorsque le régime hydrique est hors influence des précipitations, avec en général moins de 5 mg/L de MES (fraction > 0,45 µm), la majorité du particulaire étant de taille supérieure à 8 µm. Sous influence des crues, les MES supérieures à 8 µm se trouvent multipliées par un facteur 10 à 100 suivant les zones, et les eaux transportent une quantité significative de particules de tailles comprises entre 0,45 et 0,8 µm (jusqu'à 7mg/L). Ce matériel

transporté lors des crues décante très rapidement dès la fin des précipitations. En effet, 5 heures après la fin des pluies, les MES supérieures à 8 µm ont retrouvé des concentrations de l'ordre de 5 mg/L alors que les particules plus fines se maintiennent à des concentrations plus élevées que celles mesurées en étiage.

Hors influence des pluies, les teneurs en Cr total dissous sont comprises entre 19 et 44 µg/L dont la majorité est sous forme de Cr^{III}. En période de crue, le Cr total dissous augmente (23 – 101 µg/L) mais la proportion de Cr^{VI} représente alors entre 45 et 97 % du Cr total dissous véhiculé par les eaux. L'étude d'amont en aval de la variation de la composition chimique des eaux permet de mieux cerner l'influence de ces anciennes exploitations minières sur la nature, la quantité et la qualité du matériel transporté dans ces eaux.

Les analyses effectuées après ultrafiltration soulignent que la plupart des éléments dissous (fraction < 0,45 µm) sont présents sous forme ionique, excepté le fer, qui est inclus dans des molécules de plus grandes tailles (de masse moléculaire supérieure à 300 kDa). Le Cr^{III} se retrouve dans la fraction ionique (< 5 kD) alors que le Cr^{VI} est majoritairement retrouvé dans la fraction de taille moléculaire entre 300 et 5 kD.

Ces premiers résultats montrent l'importance du ruissellement lié aux événements pluvieux non seulement sur la quantité de matières transportées par les eaux mais sur la qualité chimique des eaux et notamment sur la spéciation du Cr dans les fractions dissoutes.

Signature géochimique des bassins versants de la Nouvelle-Calédonie Matières particulaires et dissoutes des rivières de la région du massif du Koniambo

A. LABUSSIÈRE (1), J.-P. Ambrosi (1), A. Kissling (2), S. Sarramegna (3), N. Perrier (1), B. Swarbrick (3), P. Kolb (2), F. Colin (1)

(1) IRD, UR037/UMR 161 et CNRS UMR 6635, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) A2EP, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(3) Falconbridge NC SAS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La connaissance des flux hydriques est capitale dans la gestion des ressources en eau qu'elles soient destinées à la consommation humaine, à un usage agricole ou industriel et d'autant plus en Nouvelle-Calédonie, île à fort contraste morphologique. La connaissance de ces flux n'est cependant pas suffisante si l'on s'intéresse au fonctionnement des aquifères, à leur origine et surtout à l'impact des phénomènes d'érosion naturelle et à la nature des matériaux transportés par les eaux. La composition chimique des eaux et des matières véhiculées par ces eaux est primordiale : (1) pour les bilans d'altération à l'échelle des paysages, (2) pour évaluer les contributions respectives du couple altération-érosion, (3) pour l'établissement d'un niveau de référence ou « point zéro » avant toutes emprises humaines.

Il n'existe pas à l'heure actuelle d'étude suffisante pour répondre aux trois points énumérés précédemment : c'est pourquoi un programme de recherche en partenariat est entrepris dans le cadre du Projet Koniambo.

Sept points d'échantillonnage (2 sur La Voh et 2 sur La Pouembout, et un sur La Temala, La Koné et La Pandanus) ont été choisis pour le suivi hydrologique et géochimique des eaux, la quantification des matières en suspensions (> 0,45 mm) et leurs chimismes. La fraction inférieure à ce seuil de coupure, considérée comme la fraction dissoute, fait également l'objet d'analyse chimique des éléments majeurs (cations et anions) et en traces. Ces stations sont également équipées de limnigraphes. Elles sont étalonnées par jaugeage (hauteurs d'eau versus débit).

L'analyse chimique des fractions particulaires est effectuée après minéralisation à l'eau régale assistée par micro-onde des filtres. Les éléments sont dosés par spectrométrie d'émission atomique par plasma à couplage inductif, les anions par électrophorèse capillaire.

Les premiers résultats acquis montrent que la signature des eaux des différentes rivières est en relation étroite avec la géologie des bassins versants drainés, ainsi aux plus basses eaux (MES entre 0,7 et 7 mg/L), la composition chimique de la fraction dissoute s'étale depuis un pôle bicarbonaté magnésien et siliceux (aquifère d'ultrabasique) vers un pôle légèrement plus

sulfaté, chloré, calcique et sodique (aquifères volcano-sédimentaires).
La fraction particulaire, même dans des conditions de faibles débits (0,3 à 1,3 m^3/s selon les stations et la période), tout en reflétant cette signature lithologique, est majoritairement constituée par Fe, Al et Mn marquant vraisemblablement les altérites d'origine latéritique et les colluvions qui en dérivent.
Ces résultats mettent en exergue la sensibilité des systèmes hydrologiques de surface en Nouvelle-Calédonie et la nécessité d'un suivi régulier afin d'établir non pas un niveau de référence unique mais un niveau de référence en adéquation avec la rivière et le bassin versant drainé. De cette manière seulement les gestionnaires publics ou privés pourront pleinement définir, en toute connaissance de cause, le « point zéro » avant toutes modifications de l'environnement actuel.

Contrôle structural des minéralisations nickélifères de la Nouvelle-Calédonie : dimension karstique

Antonin GENNA (1), P. Maurizot (2), Y. Lafoy (3) et T. Augé (1)

(1) BRGM, France
(2) BRGM, Nouvelle-Calédonie
(3) Direction de l'industrie, des mines et de l'énergie de Nouvelle-Calédonie

Cette étude participe à la compréhension de la genèse des concentrations nickélifères des latérites de Nouvelle-Calédonie. Son objectif est d'apporter une contribution structurale à l'analyse des pièges métallifères dans les processus d'altération supergène.
Les photos aériennes et satellites ont été utilisées pour une analyse géomorphologique. Deux campagnes de terrain ont été menées pour l'analyse structurale d'affleurements, réalisée dans et en dehors du domaine minier sur l'ensemble de l'île. Elles ont permis l'analyse de la fracturation. Un échantillonnage des différents faciès d'altération a été réalisé. Une observation au microscope a permis la caractérisation minéralogique.
Cette étude démontre l'importance des processus karstiques dans l'altération et la concentration métallique. Elle permet de mettre en évidence les différents effets mécaniques des processus d'altération latéritique. Différents types de brèches ont été identifiés ainsi que la dynamique des failles normales qui guident l'effondrement gravitaire des produits altérés. La mise en place des minéralisations s'est révélée contemporaine de la fracturation qu'elle souligne.
Les minéralisations nickélifères de Nouvelle-Calédonie se sont mises en place par l'intermédiaire d'un réseau de fractures hydrauliques de type crack-seal associé à un réseau de failles normales listriques. Ces accidents guident l'effondrement et l'évacuation des produits du karst supérieur vers les conduits du karst inférieur. Ce nouveau modèle diffère des propositions anciennes qui considéraient la fracturation associée à la minéralisation comme héritée des phases tectoniques anciennes ou comme une néotectonique.

Caractérisation des circulations d'eau souterraine dans les massifs miniers de la Nouvelle-Calédonie : Exemple du massif de Tiébaghi

Claire COSTIS (1,2), J.L. Join (1), B. Robineau (2), J.P. Ambrosi (2)

(1) LSTUR, Université de la Réunion, Saint Denis de La Réunion
(2) IRD, UR37/UMR 161, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les manteaux d'altération des massifs miniers de la Nouvelle-Calédonie sont le siège de circulations et de stockage d'eaux souterraines qui participent largement à la dynamique des processus de transformation géochimique des roches mères ultrabasiques. Dans ces manteaux, la présence d'eau souterraine représente une ressource potentielle utilisable dans les différents stades de l'exploitation du minerai de nickel « garniéritique » ou latéritique. En revanche, elle engendre parfois de sérieuses contraintes géotechniques qui pénalisent les travaux miniers. Finalement le contexte hydrogéologique des massifs ultrabasiques de la Nouvelle-Calédonie constitue une composante majeure de l'environnement minier. Pourtant, les conditions de gisement de ces eaux souterraines sont encore mal connues et la définition d'un modèle conceptuel des systèmes aquifères développés dans ces environnements constitue une étape préalable nécessaire à la prise en compte des circulations d'eaux souterraines au niveau de la genèse des minerais ou de l'aménagement et la gestion des mines.

Sur le site minier du plateau de Tiebaghi, une approche globale du système hydrogéologique est mise en œuvre pour appréhender les caractères de l'aquifère. A la périphérie du plateau, la reconnaissance systématique des émergences et leur caractérisation physico-chimique a permis d'établir une typologie des écoulements, en précisant les conditions aux limites du système. Sur le plateau, des investigations géophysiques sont corrélées au contexte hydrodynamique identifié sur le réseau piézométrique mis en place par l'exploitant. Ces données sont intégrées dans un modèle 2D simulant la répartition des pressions et vitesses d'écoulement sur un profil représentatif du milieu.

Les résultats obtenus permettent de proposer un mode de fonctionnement du système hydrogéologique du massif de Tiebaghi. L'aquifère, porté par le substratum de harzburgite, se développe dans les saprolites et les latérites. Il est simulé comme un système multicouche en continuité hydraulique, et dont la base saprolitique, la plus perméable, conduit l'essentiel du flux. Ce système est limité au sommet par une zone de suintement sous cuirasse. L'identification d'un fort gradient vertical suggère l'existence d'un drainage de la nappe dans les zones de fractures majeures du substratum.

Instabilité d'infiltration d'un fluide agressif dans une matrice poreuse au voisinage d'un saut de topographie ; implication pour le développement du réseau de drainage d'une île calcaire soumise à des variations du niveau des mers

Pierre GENTHON (1), A. Ormond (2)

(1) IRD, Unité Paléotropique, Nouméa (pierre.genthon@noumea.ird.nc)
(2) DTP Obs. Midi Pyrénées Toulouse (anne.ormond@cnes.fr)

Il est connu que l'injection d'un fluide agressif dans une matrice soluble produit une instabilité dite instabilité d'infiltration. Le moteur de cette instabilité est la concentration des écoulements et du fluide agressif dans les zones dissoutes et donc la dissolution ultérieure préférentielle de ces zones. Cette instabilité d'infiltration pourrait être à l'origine de la mégaporosité constituant pour une bonne part le réseau de drainage des massifs calcaires. Si cette instabilité d'infiltration est bien connue à l'échelle d'une carotte, son comportement dans le cas d'un massif en cours de karstification reste encore à établir, en particulier au voisinage d'un saut de topographie (vallée ou falaise). Nous avons simulé cette instabilité d'infiltration au voisinage d'une falaise en simplifiant au maximum le système physico-chimique : la dissolution des carbonates est supposée instantanée et le substratum à la base de la falaise est imperméable. La méthode numérique employée met en jeu une résolution multigrille de l'écoulement couplée avec une méthode de type Volume Of Fluid pour la dissolution.

Des chenaux courts, venant court-circuiter la bordure de la falaise apparaissent très rapidement (durée adimensionnelle 0,06), tandis que le réseau de drainage de l'ensemble du massif s'établit beaucoup plus lentement (durée adimensionelle 13 pour le drainage d'une longueur valant deux fois la hauteur de la falaise). Ce résultat nous laisse entrevoir la possibilité de corréler le développement du réseau karstique au sein d'une île corallienne avec les constantes de temps des variations eustatiques du niveau des mers qui déclenchent la fabrication d'un nouveau réseau karstique.

D'autre part, la vitesse d'infiltration initiale de l'eau dans le massif est d'autant plus faible que l'on s'éloigne du bord de la falaise. Il est connu que dans ce cas, l'instabilité est affaiblie. Nos modèles prévoient la disparition des chenaux et la formation de poches de dissolution quasi-sphériques. Il pourrait en résulter un changement du mode de drainage du massif vers l'amont de la falaise.

Nous suspectons que ces résultats ne seront pas qualitativement modifiés pour des modélisations plus réalistes en cours.

La recherche agronomique au Vanuatu

Muriel NAVARRO (1), O. Roupsard (2), J-P. Labouisse (2), T. Sileye (1), G. Buletare (1), V. Lebot (3), M. Melteras (1)

(1) VARTC Vanuatu Agricultural Research and Technical Center, Santo, Vanuatu
(2) CIRAD, VARTC, Santo, Vanuatu
(3) CIRAD, VARTC, Département de l'agriculture, Port-Vila, Vanuatu

L'agriculture est la première ressource économique de la république du Vanuatu, anciennement appelée Nouvelles-Hébrides. Cet archipel de 12000 km^2 compte 200000 habitants dont 75 % vit en zone rurale. Cependant, sur les 45 % de terres cultivables, seulement 8 % sont exploitées par l'homme. Les sols coralliens de ces îles ont permis l'implantation et l'exploitation de nombreuses cocoteraies et le coprah constitue encore aujourd'hui le principal revenu des Ni-Vanuatus, le pays produisant environ 30000 tonnes/an.

Dans ce contexte, le Centre Technique et de Recherche Agronomique du Vanuatu (VARTC) de 400 ha, implanté sur l'île de Santo depuis 1962, a axé ses activités de recherche dans un premier temps, sur la sélection variétale du cocotier afin de répondre aux besoins des agriculteurs. Ces travaux de sélection ont permis l'obtention d'une collection de 26 variétés de cocotiers, dont 3 cultivars particulièrement bien adaptés aux conditions locales. En effet, ils sont résistants aux maladies et possèdent un fort pouvoir d'enracinement face aux cyclones. Ils sont précoces (ils commencent à produire des noix à partir de 4 ans au lieu de 6), présentent un rendement amélioré et un contenu en coprah par noix plus élevé que le cocotier local Grand Vanuatu (GVT).

Dans les années 1980, le Centre a diversifié ses activités de recherche en installant une unité de programme sur le café et le cacao. L'objectif fut de créer et de sélectionner, sur des critères agronomiques et gustatifs, des cultivars améliorés. Le VARTC possède une collection de 68 clones de cacaoyers et 65 variétés de caféiers (22 Arabica et 43 Robusta). Le produit de ces recherches sur le caféier a abouti à la commercialisation de café biologique, torréfié au VARTC. Un nouveau pôle de valorisation des fèves de cacao est à l'essai actuellement en vue de produire du chocolat local.

Le troisième volet de recherche du VARTC correspond à un programme de recherche sur les plantes vivrières : igname, taro, patate douce, manioc, ainsi que sur le kava (*Piper methysticum*). Ce programme comprend plusieurs volets scientifiques : la création et la sélection de variétés améliorées et le maintien de ces collections ainsi que l'étude de l'association cocotiers/tubercules. Aujourd'hui, les activités du Centre s'ouvrent à de nouveaux secteurs tels que la vanille, afin de répondre aux problèmes de floraison liés ou non à

des stress hydriques et/ou d'ensoleillement. Enfin, un programme de collecte de différentes variétés d'arbre à pain à travers toutes les îles du Vanuatu a débuté cette année et a pour but de préserver cette formidable diversité génétique et de promouvoir les aspects nutritionnels de cette plante.
En collaboration avec des chercheurs du CIRAD, le VARTC dirige également des activités de recherche internationale sur des projets de développement durable, notamment à travers les travaux sur l'effet dépolluant des cocoteraies par la séquestration de carbone (cf poster de O. Roupsard). La mise en place d'énergies de substitution telles que l'huile de coprah comme biocarburant, dit coco-fuel, est une des nouvelles orientations du Centre.
Ainsi, avec plus de 40 années d'expérience sur le terrain, le VARTC détient d'importantes bases de données sur la fertilité des sols, la météorologie, la production, utilisables par les exploitants ni-vanuatus et les investisseurs privés de la région Pacifique. Le VARTC est également à même de proposer et réaliser des projets scientifiques de recherche et développement (R&D) avec des partenaires internationaux.

Techniques alternatives pour une production maraîchère respectueuse de l'environnement en milieu insulaire ?

Laurent DESVALS (1), A. Cornu (2), P. Fernandes (1), A. Willine (2), M. Hagen (1)

(1) Institut Agronomique néo-Calédonien, Station de Recherches Maraîchères et Horticoles, Mont Dore, Nouvelle-Calédonie
(2) Institut Agronomique néo-Calédonien, Centre d'Atha Maré, Tadine, Maré, Nouvelle-Calédonie

Les productions maraîchères sont, de par leur sensibilité aux maladies cryptogamiques, telluriques et les ravageurs, notamment en milieu sub-tropical, de fortes consommatrices de pesticides. L'utilisation de ces derniers doit être optimisée et limitée autant que possible compte, tenu de leur impact sur l'environnement (destruction de la faune auxiliaire, pollution des eaux, des sols) et des risques pour la santé humaine (résidus). Ces alternatives doivent répondre au double objectif d'appropriation des techniques par les maraîchers et au souci des consommateurs de disposer de produits de qualité, sains et sûrs. Ces méthodes de substitution, qu'il convient éventuellement de combiner peuvent se classer en plusieurs catégories :

- les méthodes physiques (greffage pour réduire la sensibilité aux parasites telluriques, abris pour une protection contre les pluies vecteurs de maladies cryptogamiques, filets insect-proof afin de diminuer la pression des ravageurs, paillage permettant de limiter les opérations de désherbage) ;
- les méthodes d'inspiration biologique (piégeage, répulsifs, organismes auxiliaires tels que *Trichoderma harzianum, Bacillus thurengiensis, Paecilomyces lilacinus* ou encore des insecticides d'origine naturelle à base d'azadirechtine, de pyrèthre ou de roténone) ;
- les techniques agronomiques « intégratives » (rotations culturales, associations de cultures, réduction du travail du sol et amendements organiques d'origines diverses qui visent à favoriser la biodiversité), ces dernières devant faire l'objet de prochains travaux.

Si ces diverses techniques peuvent se montrer séduisantes, leur évaluation et leur mise en oeuvre présentent néanmoins encore de nombreux freins : manque de références et de travaux, gamme de produits encore limitée et perfectible, approche de systèmes complexes requérant une plus grande technicité. Cependant, les premiers résultats laissent présager une encourageante marge de progression pour les cultures maraîchères en milieu insulaire.

Lutte biologique contre la mineuse des agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera : Gracillaridae) avec les micro-guêpes *Ageniaspis citricola* Logvinovsakaya (Hymenoptera : Encyrtidae)

Christian MILLE et F. Mademba-Sy

Institut Agronomique néo-Calédonien, Station de Recherches Fruitières, La Foa, Nouvelle-Calédonie

L'introduction de l'auxiliaire *Ageniaspis citricola* était devenue indispensable pour lutter contre un ravageur des Agrumes introduit accidentellement. L'efficacité de cet auxiliaire avait été démontrée dans de nombreux pays. Sa spécificité exclusive vis à vis de son hôte (*Phyllocnistis citrella*) était établie également dans de nombreuses autres conditions environnementales. Cet outil de lutte biologique s'est donc tout naturellement inséré au sein de la lutte intégrée dans un cadre de développement d'une agriculture durable en Nouvelle-Calédonie.

La certification sanitaire : la clé pour lutter contre les viroses des vanilliers cultivés sur le mode intensif

Michel GRISONI (1), V. Baron (2)

(1) UMR PVBMT, Cirad, La Réunion
(2) Cirad Polynésie, Papeete, Tahiti, Polynésie française

La vanille est une orchidée cultivée pour ses fruits aromatiques très prisés. En conditions de culture intensive, le vanillier est exposé à la pression parasitaire des virus. La Polynésie française a engagé un ambitieux projet de développement de sa production de vanille Tahiti (*Vanilla tahitensis*) et a confié au Cirad des recherches pour identifier la contrainte virale et définir des mesures de lutte adaptées.

Les travaux conduits entre 1998 et 2003 ont révélé une pression virale forte sur les vanilliers dans les îles sous le Vent puisque cinq virus appartenant à trois familles ont été recensés dans les vanillères : *Cymbidium mosaic virus* (CymMV, *Potexvirus)*, Vanilla mosaic virus, *Watermelon mosaic virus*, *Bean Yellow mosaic virus* (*Potyvirus*) et *Cucumber mosaic virus* (CMV, *Cucumovirus*). Près des deux tiers des parcelles étaient touchées par l'un au moins de ces virus et leur incidence pouvait atteindre 100 % des lianes d'une parcelle. L'approche épidémiologique a montré le rôle prédominant des transferts de boutures infectées sur la dissémination du CymMV d'une parcelle ou d'une île à l'autre. Les contaminations par les *Potyvirus* ou le CMV étaient de plus causées par les vols de pucerons infectieux ayant acquis le virus sur des plantes adventices réservoir. En particulier, la présence de *Commelina diffusa* (ma'a paape) à proximité des parcelles était fortement corrélée à l'infection des vanilliers par le CMV. Un test robuste et économique de dépistage des ces virus par ELISA (Enzyme linked immuno-sorbent assay) a été mis au point. Il a été validé sur les souches virales présentes en Polynésie française et mis en oeuvre en routine à moyenne échelle pour le contrôle des pieds- mère de boutures. Intégré dans un schéma de certification sanitaire il permet aujourd'hui de fournir aux agriculteurs du matériel végétal indemne des principaux virus pathogènes des vanilliers.

Végétalisation par semis hydrauliques des mines en Nouvelle-Calédonie

Sophie LUÇON (1), J. Leguéré (1), JF. Niel (2), B. Pelletier (3), R. Pineau (4), T. jaffré (5)

(1) SIRAS Pacifique, Nouvelle-Calédonie (siras@a2ep.nc) ; (2) Dynamique Environnement, France (dynamique.environnement@wanadoo.fr) ; (3) SLN Nouvelle-Calédonie (b.pelletier@eramet-sln.nc) ; (4) UNC, Nouvelle-Calédonie (pineau@univ-nc.nc) ; (5) IRD, Nouvelle-Calédonie (jaffre@ noumea. ird. nc)

Les anciennes mines de nickel en Nouvelle-Calédonie, exploitées « à l'ancienne » (stériles miniers poussés dans le versant, sans gestion des eaux ni travaux de fermeture...) ont un fort impact environnemental et paysager. Depuis une dizaine d'années, des actions sont tentées pour atténuer ces impacts, mais beaucoup de questions demeurent: Comment recenser et estimer les surfaces décapées? Quelle restauration appliquer? Avec quels financements?

SIRAS Pacifique, bureau d'études spécialisé dans la réhabilitation des mines, s'investit depuis 1993 en Nouvelle-Calédonie pour appliquer une méthodologie visant au réaménagement définitif des mines et carrières (gestion des eaux, reprofilage des talus, végétalisation des surfaces) et adapter ses procédés de végétalisation aux nécessités du pays. Les difficultés sont multiples: propriétés physico-chimiques défavorables des terrains, sensibilité à l'érosion, topographie abrupte, pluviométrie très contrasté, vents cycloniques, espèces indigènes à croissance lente, quantités insuffisantes et coûts élevés des semences (collectes des graines dans la nature). Sur les mines de la société SLN, de nombreux essais d'ensemencements hydrauliques ont été effectués et ont permis de mettre au point une stratégie de végétalisation actuellement en plein essor. Elle permet d'obtenir une végétalisation efficace contre l'érosion (vitesse de croissance, recouvrement), pérenne, respectueuse de l'environnement et de la biodiversité, et économiquement viable. Les moyens mis en œuvre passent par des étapes successives: étude préalable du site, définition des travaux à réaliser, dosages des produits spécifiques pour semis hydrauliques, définition des mélanges de semences (espèces sauvages adaptées aux contraintes du site et graminées de NC sélectionnées pour leur vitesse d'installation, leur fort pouvoir de recouvrement, ainsi que leur capacité à disparaître spontanément après quelques années, laissant place aux espèces indigènes, seules garantes de la pérennité des résultats), puis suivi des résultats sur plusieurs années (recouvrement, composition spécifique quantifiée, croissance et phénologie des végétaux) et suivi de l'efficacité du traitement contre l'érosion.

Que manque-t-il aujourd'hui pour une application à grande échelle? Les semences d'espèces sauvages en quantités suffisantes et à un coût raisonnable. Pour y parvenir, il faut impérativement la mise en production en champs des espèces sauvages (meilleurs rendements, récoltes et triages mécanisés, diversification de la palette végétale disponible) et parallèlement, l'amélioration des techniques de végétalisation pour de meilleurs résultats: nombre de graines semées/nombre de végétaux obtenus au terrain (pré-traitement des semences, mycorhization, utilisation du Top Soil, etc.).

Séquestration de Carbone par des plantations de cocotiers au Vanuatu

Olivier ROUPSARD (1), N. Lamanda (2), J.-M. Bonnefond (3), Y. Nouvellon (3), P. Berbigier (3), R. Joffre (4), M. Irvine (3), J. Dauzat (2), C. Jourdan (2), D. Epron (5), I. Mialet-Serra (2), S. Taga (2), T. Sileye (1), O. Hamel (2) et A. Rouzière (2)

(1) CIRAD-VARTC (Vanuatu Agricultural Research and Technical Center), Santo, Vanuatu (roupsard@cirad.fr); (2) CIRAD; (3) INRA; (4) CNRS; (5) UHP Nancy I

Le protocole de Kyoto prévoit, par le Mécanisme de Développement Propre (MDP), l'instauration d'un marché du carbone intéressant les pays en développement, sous la forme de projets énergies renouvelables, puits de carbone, ou filières de substitution. Les certifications de réduction d'émission (CREs) ne sont accessibles à la filière cocotier, pour la première période d'engagement (2008-2012), que via les projets énergies renouvelables (huile de coco, biodiesel, énergie de la biomasse) ou le remplacement de vieilles cocoteraies improductives par des projets de reforestation de type puits de C. Pariant sur l'éligibilité future et plus large des plantations pérennes, telles celles de cocotier pour les projets puits de C, le CIRAD a engagé depuis trois ans des recherches au Vanuatu sur les stocks de C dans des chronoséquences de plantations, partant des milieux de référence alternatifs (forêt secondaire, jardin, pâturage, plantation mixte) et les comparant à des plantations de différents âges. Les stocks de C, N ont été évalués dans la biomasse par dosages et allométrie et dans le sol par NIRS (Near Infra Red Reflectance Spectrometry). On a observé systématiquement une perte de 10 à 40 % de MO dans les horizons superficiels du sol, suite au remplacement des forêts. La perte s'opère surtout aux stades initiaux de la plantation, puis les teneurs se maintiennent. Il existe d'importants gradients horizontaux de teneur en MO dans les plantations, entre les lignes de vidange et les lignes andainées en litières. La gestion raisonnée des phases initiales de plantation ainsi que celle de l'abondante litière des cocotiers (> 80% de la productivité primaire nette, NPP) devrait permettre de minimiser ces pertes observées. Les systèmes cultivés traditionnels du Vanuatu incluent une phase de jachère après la mise en culture. Le maintien des jachères s'avère essentiel pour une gestion durable des exploitations.

Une plantation de cocotiers de 20 ans a en outre été suivie en continu durant trois ans pour ses échanges d'énergie, d'H_2O et de CO_2 par eddy-corrélation, participant au réseau mondial de stations FLUXNET (bilans de C des écosystèmes terrestres). Les flux de photosynthèse sont très élevés en comparaison d'autres plantations, tropicales ou pérennes. La NPP atteint 32 t_{MS} ha^{-1} an^{-1}.

Cette croissance est contrebalancée par une respiration de l'écosystème élevée, qui ne laisse finalement qu'une fixation de C annuelle de l'ordre de 3 tC ha^{-1} an^{-1} ce qui est une valeur moyenne, couramment observée dans d'autres écosystèmes terrestres. Les flux enregistrés ont été modélisés, en fonction des variables de structure et des variables climatiques, afin de permettre des simulations ultérieurs et une extrapolation des résultats.
Il est conclu de ces mesures bilans de C que des projets de type puits de C pourraient remporter des marchés de C plus importants que les projets de type huile-énergie, bien qu'ils ne soient pas éligibles pour le moment.

Le contrôle des tiques du bétail en Nouvelle-Calédonie : des alternatives à l'usage des acaricides ?

Nicolas BARRÉ, S. Ducornez

Institut Agronomique néo-Calédonien, Programme Élevage et Faune Sauvage, Païta, Nouvelle-Calédonie

La tique *Boophilus microplus* représente la principale contrainte sanitaire en élevage bovin en Nouvelle-Calédonie. La lutte repose actuellement quasi exclusivement sur le traitement à un rythme mensuel de l'ensemble du cheptel (140 000 têtes) par des acaricides : arsenic, organochlorés et organophosphorés jadis ; pyréthrinoides et amidines actuellement. La quantité de produits utilisée annuellement est de près de 20 000 litres pour un coût de plus de 40 millions de francs supporté par la Nouvelle-Calédonie. L'apparition systématique de résistances des tiques à ces molécules condamne les produits les plus efficaces et à plus grande innocuité et impose leur remplacement par des acaricides qui présentent certains inconvénients (coût, mode d'administration, persistance de résidus imposant un long délai d'attente avant abattage, etc.). Cette situation a été rencontrée dans tous les pays tropicaux d'élevage (Australie, Afrique du Sud, Amérique Centrale) qui ont mis en place des méthodes de lutte alternatives. Pour limiter l'usage de ces produits en maintenant de bonnes performances de production, certaines de ces méthodes ont été testées en Nouvelle-Calédonie :

- L'application de vaccin anti-tiques est d'une emploi difficile dans les conditions de contention de la plupart des élevage et son efficacité s'est avérée limitée.
- L'implantation des pâturages avec des plantes fourragères toxiques pour les tiques (*Stylosanthes* Seca, *Melinis, Andropogon*) est efficace si la couverture est suffisante.
- L'association de bovins et d'espèces alternatives (cerfs) peu favorables aux tiques permet de réduire de 2/3 les applications d'acaricides. Surtout, le remplacement des taurins par des zébus résistants ou leurs croisés, permet une diminution considérable, naturelle et pérenne de l'infestation.

Rôles de l'agriculture dans les sociétés insulaires d'Océanie : l'exemple de la Nouvelle-Calédonie

Ph. PÉDELAHORE

Institut Agronomique néo-Calédonien. Programme Systèmes ruraux et Développement local, Pouembout, Nouvelle-Calédonie

Les sociétés océaniennes mélanésiennes, qui se sont distribuées sur l'arc insulaire du Pacifique sud à partir de l'Asie du sud-est, ont apporté avec elles les plantes horticoles qui fondent une part importante de leur civilisation.
Ces sociétés se sont construites sur la base de liens identitaires importants autour de la terre et à travers la sacralisation de plantes constituant l'élément central des rites collectifs et de la réaffirmation des alliances et des solidarités du groupe.
La colonisation, les spoliations foncières et l'irruption plus récente du modèle productiviste marchand dans ces sociétés, largement organisées autour de l'autosuffisance alimentaire et de l'échange non marchand, ont en partie bouleversé les structures coutumières et la place de l'activité agricole.
L''analyse des données socio-économiques du secteur agricole calédonien permet d'expliciter les rôles qui sont aujourd'hui dévolus à cette activité et la part que peut jouer l'activité agricole dans l'insertion des mélanésiens dans le modèle productiviste-marchand. Ce poster s'attache en particulier à présenter les stratégies mises en œuvre par les Kanak pour concilier les exigences du nouveau système productiviste marchand et leur attachement aux valeurs coutumières, fondement d'une part importante de leur identité.
Cette présentation conclura en précisant les enseignements utiles à la définition de politiques publiques de développement rural adaptées à ces nouvelles réalités et en évoquant quelques pistes de travaux comparatifs à mener sur les différents états insulaires du Pacifique sud.

Les cultures maraîchères des Australes

Serge SIMON

CIRAD-FLHOR, Saint Pierre, La Réunion

Pendant cinq ans (1995-2000), dans le cadre d'un programme tripartite (État, Gouvernement de Polynésie française, CIRAD), un programme d'amélioration des cultures maraîchères a été conduit par le CIRAD dans l'archipel des Australes.

Les cultures maraîchères ont été initiées dans cet archipel à partir des années 60 pour satisfaire les besoins alimentaires des métropolitains venus travailler au sein du CEA à Mururoa. La situation septentrionale de l'archipel des Australes induit un climat plus tempéré et donc plus propice aux cultures légumières qui a prévalu à ce développement. Mais l'appui technique initial s'est peu à peu dissipé et l'éloignement géographique du centre économique que représente l'île de Tahiti limite l'accès aux services économiques et techniques.

Si la principale culture était et reste la pomme de terre, les productions se sont diversifiées tout d'abord avec la carotte et le chou, et aujourd'hui avec d'autres espèces légumières voire les fleurs tempérées telles que le lys. Le programme du CIRAD a permis l'amélioration qualitative des différentes productions dans l'objectif d'une agriculture durable.

Toutefois ce développement met en évidence la nécessité d'une amélioration des infrastructures (réseau d'irrigation et de drainage, extension des chambres frigorifiques) afin de pouvoir répondre à l'augmentation de la demande qui se traduit aujourd'hui par des importations croissantes au détriment d'une production locale.

Mise au point de techniques culturales plus respectueuses de l'environnement

Serge SIMON

CIRAD-FLHOR, Saint Pierre, La Réunion

Dès le début de la période d'intervention du CIRAD dans l'archipel des Australes, un diagnostic des pratiques culturales a mis en évidence des problèmes agronomiques importants, tant dans le domaine du travail du sol que de celui de la protection des cultures ou de la gestions de l'enherbement.
L'itinéraire classique de préparation des parcelles débutait par le fauchage grossier de la végétation développée durant la période de jachère en saison chaude et humide. Il était suivi de l'exportation de cette matière végétale sur le bord des champs pour permettre un labour avec une charrue à disques. Enfin cette préparation se terminait par une reprise avec herse suivie d'un passage d'une houe rotative qui provoquait un fort émiettement du sol.
Un nouvel itinéraire a été testé : celui-ci comprend l'emploi d'un broyeur qui hache finement la végétation qui peut ensuite être enfouie au labour. Pour ce dernier, un nouveau matériel, la machine à bêcher, se révèle mieux adaptée que la charrue à disques notamment lorsque le sol est encore bien humide. C'est aujourd'hui ce nouvel itinéraire qui est pratiqué sur la majorité des parcelles en culture et qui assure le maintien d'une agriculture plus durable. Il reste aujourd'hui à remplacer la jachère estivale par le développement des engrais verts.
En matière de protection des cultures, l'accent a été mis sur la formation des agriculteurs à l'intérêt de la lutte raisonnée qui réduit le nombre d'applications par un meilleur choix des pesticides. Celui-ci induit un meilleur respect des auxiliaires naturels et représente une première étape vers la lutte intégrée.
Enfin l'usage immodéré de la houe rotative qui favorise le développement des adventices telles que l'herbe à oignon (*Cyperus rotondus*) ou le chiendent (*Cynodon dactylon*) est remplacé par une meilleure gestion du travail du sol et du calendrier cultural. D'autre part, le remplacement de la jachère par les engrais verts et le développement des cultures sur mulch permettraient également de réduire la pression des adventices.

Les enjeux majeurs des marchés de proximité au sein de la population rurale kanak

Raymond TYUIENON

Institut Agronomique néo-Calédonien, Programme Systèmes ruraux et Développement local, Pouembout, Nouvelle-Calédonie

En Province Nord de la Nouvelle-Calédonie, les producteurs kanak vivant sur les territoires des tribus valorisent les produits du terroir sur des marchés locaux, installés et gérés par eux, au sein des villages et des tribus. Ces marchés sont qualifiés de « marché de proximité » et les produits « vivriers » qui interviennent dans le processus de valorisation économique sont directement issus des jardins traditionnels. Ces marchés de proximité permettent la commercialisation d'une partie de la production de tubercules et de fruits et légumes de saison difficilement quantifiable. Ils constituent un débouché apparemment privilégié pour les agriculteurs résidents dans les tribus et considérés parfois abusivement comme non marchands.

Le marché de proximité est essentiellement un marché de producteurs et surtout de femmes. Cette organisation locale met en évidence la capacité des acteurs ruraux et en l'occurrence, les femmes, à concevoir et à poser les bases d'une dynamique de changement, prémices d'un processus de développement local porté par la base. Ces initiatives (collectives comme individuelles) sont génératrices de créativité, fondées sur des compétences individuelles et des capacités d'organisation qui s'inspirent des savoirs et des réalités socioculturelles de l'environnement tribal.

Les marchés de proximité sont un outil vers une voie de changement qui doit être suivie avec intérêt, reconnue et valorisée. Ils pourraient devenir ainsi un des modes possibles d'éducation au changement et à l'adaptation, au développement de la vie traditionnelle, base de la vie kanak, comme capables d'intégrer les éléments de la vie occidentale que les kanak souhaitent prendre. Le changement vient des pratiques des acteurs de terrain, c'est le processus local d'apprentissage par l'action. Par une demande (besoin ressenti) de liquidités monétaires, les marchés valorisent les produits « vivriers » en les introduisant dans d'autres circuits que ceux de la coutume, cela constitue une sorte d'éducation au changement maîtrisée par les producteurs kanak. Partir de l'existant, en suivre les évolutions sans brusquerie, en acceptant échec et progrès, ce que les gens font eux-mêmes (ils s'aident eux-mêmes) rompant avec des pratiques d'assistanat. Disposant maintenant d'une connaissance des pratiques des acteurs et de l'enjeu que représente l'outil « marché » pour la population rurale kanak, il serait important en terme de perspectives d'un travail de recherche-action collective, d'envisager une étude microsociologique. Cette étude, impliquée dans un processus de développement local, consiste à faire travailler collectivement les acteurs à partir de leurs propres pratiques de terrain en les mettant en situation de recherche de leurs propres solutions. Cette démarche favorise l'implication totale des acteurs de marché à participer activement au changement dans l'objectif d'améliorer la qualité des produits, des présentations et de la commercialisation.

Aléas naturels et variabilité climatique : impacts régionaux et prévention

Communication orale

Natural hazards and climate variability regional impacts and prevention

Oral presentations

Géodynamique, océan, climat et risques naturels dans le Pacifique tropical

Anny CAZENAVE
Legos Toulouse, France

Le Pacifique tropical (central-sud et sud-ouest) est une région d'intérêt majeur pour les recherches en sciences de la planète. Certaines zones de cette région (Pacifique sud-ouest) englobent plusieurs frontières actives de plaques, avec une sismicité très intense et une structure géodynamique très complexe. La région est aussi caractérisée par du volcanisme intraplaque (Polynésie) et de type explosif (arcs insulaires du Vanuatu). La croûte terrestre y subit d'importants mouvements verticaux agissant sur des échelles de temps variées. Cette région est aussi très vulnérable aux tsunamis et autres risques naturels. En ce qui concerne l'océan, le Pacifique tropical ouest est le siège du déclenchement récurrent des épisodes ENSO dont les conséquences hydrologiques et climatiques se manifestent à l'échelle planétaire. Comme d'autres régions océaniques, la distribution de la biomasse marine y joue un rôle significatif pour le cycle du carbone océanique. C'est aussi dans cette région que la hausse du niveau de la mer a été la plus élevée pendant la dernière décennie. Enfin, la présence de nombreux récifs coralliens offre des possibilités importantes pour l'étude des paléoclimats, en particulier des épisodes de changement climatique rapide qui ont suivi la fin de la dernière glaciation. En raison du rôle majeur joué par plusieurs phénomènes géophysiques, océanographiques et climatiques, le Pacifique tropical ouest et central est une région du monde particulièrement vulnérable aux risques sismiques, volcaniques et climatiques. Une gestion adéquate de ces risques implique d'abord une bonne compréhension des phénomènes en jeu, ainsi que leur suivi par des systèmes d'observations *in situ* et spatiaux. Les travaux scientifiques des équipes françaises menés soit dans un cadre national, soit en coopération internationale, ont conduit à des avancées majeures dans les domaines énumérés ci-dessus. Les Assises de la Recherche Française dans le Pacifique constituent une étape importante lors de laquelle ce sera l'occasion d'évaluer les résultats acquis et surtout d'élaborer une prospective qui fixera un cadre pour poursuivre les recherches sur ces thèmes, identifier les partenaires et les moyens à mettre en oeuvre, analyser les risques, voire prévenir les impacts.

Geodynamics, the ocean, climate and natural risks in the Tropical Pacific

Anny CAZENAVE

Legos, Toulouse, France

The South Central and Southwest tropical Pacific is a region that holds enormous interest for the planet's scientific researchers. Some areas of the region, ie the Southwest Pacific, contain several active boundary plates with very high seismicity and a highly complex geodynamic structure. It is also marked by interplate vulcanism (French Polynesia), which in the Vanuatu island arc is explosive. The Earth's crust also undergoes major vertical movements here over a variety of timescales. The region is also very vulnerable to tsunamis and other natural risks. With regard to the ocean, the tropical Western Pacific is also where recurrent episodes of ENSO are generated with planet-wide hydrological and climatic effects. As in other ocean regions, marine biomass distribution plays a significant role in the ocean carbon cycle. It is also in this region that sea-level rise has been the highest over the past decade. Finally, the many coral reefs provide major opportunities for studying paleoclimates, particularly the rapid climate change episodes that followed the last ice age. Owing to the major role played by several geophysical, oceanographic and climatic phenomena, the tropical West and Central Pacific is a region that is particularly prone to seismic, volcanic and climatic risks. Proper risk management first of all requires a good understanding of the phenomena involved as well as *in situ* and spatial observation systems. The scientific work undertaken by French teams, whether managed by national or international co-operation entities, has led to major advances in the above fields. The Symposium on French Research in the Pacific is a landmark event and an opportunity to assess outcomes and, more particularly, formulate future directions that will set a frame of reference for continued research in these areas, identify partners and the resources to be deployed, assess risks and even forestall impacts.

Le Pacifique Sud-Ouest : un cadre géodynamique exceptionnel pour l'étude de processus fondamentaux en sciences de la Terre

Yves LAGABRIELLE (1), B. Pelletier (2)

(1) CNRS, UMR 5573, Laboratoire Dynamique de la lithosphère, ISTEEM, Montpellier, France
(2) IRD, UMR Géosciences Azur, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Le Pacifique Sud-Ouest présente du point de vue géodynamique un regroupement exceptionnel de frontières de plaques majeures et mineures, actives ou fossiles. Les nombreuses campagnes à la mer, notamment de bathymétrie par sondeur multifaisceaux, réalisées depuis 1985 et la géodésie par satellite, utilisée depuis les années 1990-1995, ont permis d'avoir une vision assez complète des structures superficielles et de mesurer les vitesses horizontales entre les différentes plaques. Ces vitesses sont les plus rapides du monde. Une meilleure connaissance des structures profondes, notamment du manteau et l'étude des mouvements verticaux apparaissent comme les objectifs prioritaires des programmes futurs. Trois exemples dans lesquels les équipes françaises sont bien positionnées sont choisis pour illustration.

1- Le nombre anormalement élevé d'axes d'accrétion présents dans les bassins arrière-arc Nord-Fidjien et de BNF et Lau est lié à une dynamique exceptionnelle du manteau. L'échantillonnage de long des axes indique un manteau très hétérogène lié à une convection très rapide et une origine de plus en plus profonde et primitive du sud au nord du bassin Nord-Fidjien. Par ailleurs un processus d'échanges par flux de manteau le long du bord de la plaque Pacifique qui se déchire sous l'ancienne frontière du Vitiaz doit être considéré. Il s'agit d'un cas nouveau de fenêtre asthénosphérique. Des études en tomographie et sur la convection (modélisation, contraintes géochimiques) sont nécessaires pour mieux comprendre ce processus, probablement important dans d'autres situations avec subduction oblique.

2- L'arc du Vanuatu est une zone de convergence sous climat tropical. Les coraux permettent d'accéder à la très haute résolution en matière de mouvements verticaux récents et actuels, afin d'apporter des contraintes sur la connaissance du cycle sismique en domaine de subduction. La mesure des mouvements par géodésie fond de mer est aussi déterminante et en cours de développement (IRD-IPGP). Par ailleurs, cet arc, tectoniquement jeune (moins de 12 Ma), résulte de blocages et de renversements de subduction. Il est intéressant pour étudier les effets des collisions sur le développement et l'inversion des zones de subduction. Aujourd'hui, la subduction se bloque à nouveau localement en raison de l'impact d'une ride et la vergence des accidents s'inverse (zone de compression arrière-arc). A terre, on peut étudier un

système actif (chaîne est pour les parties superficielles) et un système ancien (chaîne ouest, dont l'intérêt est l'accès aux parties profondes). Ce dernier est à relier avec le renversement de subduction Vitiaz/Vanuatu, l'âge et les surrections anciennes restant encore à dater et quantifier précisément.

3- L'archipel néo-calédonien résulte de processus de collision d'arcs et d'obduction de bassins arrière-arc. Les travaux récents montrent l'importance de l'extension dans l'évolution tertiaire de l'orogène. Cet objet est unique pour regarder si l'extension est syn-orogénique (modèle d'exhumation active) ou post-orogénique, liée à un réajustement isostatique par remontée passive de la racine. Il s'agira à terme d'évaluer le rôle de l'extension et de l'exhumation post-nappe dans la genèse des paysages, le contrôle de l'altération des péridotites et l'organisation des bassins latéritiques, gisements potentiels de nickel. Par ailleurs l'approche tectonique y est indispensable pour définir le risque sismique et gravitaire.

Southwest Pacific: a unique geodynamic setting for studying fundamental processes in earth science

Yves LAGABRIELLE (1), B. Pelletier (2)

(1) CNRS, UMR 5573, Lithosphere Dynamics Laboratory, ISTEEM, Montpellier, France

(2) IRD, UMR Géosciences Azur, Noumea, New Caledonia

From a geodynamic point of view, the Southwest Pacific has a unique collection of both active and fossil major and minor boundary plates. The many sea campaigns carried out, particularly bathymetric surveys using a multibeam depth sounder since 1985 and satellite geodesy used as from 1990-1995, have provided a fairly complete view of surface structures and measurements of horizontal velocities between the various plates, which are the world's fastest-moving. Priority objectives for future programmes would be an improved understanding of deep structures, particularly the mantle, and studying vertical movements. Three examples in which the French teams have obtained valuable results have been selected for illustration purposes.

1- The abnormally high number of accretion lines in the North Fijian and Lau back-arc basins is linked to unusual mantle dynamics. Sampling along the lines indicated a highly uneven mantle linked to very fast convection and an increasingly deep and primitive origin running from the south to the north of the North Fijian Basin. A further phenomenon that calls for attention is an exchange process by mantle flux along the edge of the Pacific plate that is splitting under the former Vitiaz boundary. This is a fresh case of an asthenospheric window. Tomography studies and an examination of the convection (modelling and geochemical pressures) are required to gain a better understanding of this process that is probably quite developed in other situations with oblique subduction.

2- The Vanuatu Arc is a convergence zone with a tropical climate. Coral provides for very high resolution for recent and current vertical movements for refining available knowledge on the seismic cycle in terms of subduction. Measuring movements by means of sea-floor surveying will also be decisive and is currently being developed by IRD and IPGP. This tectonically young arc (less than 12 My) is the result of subduction being stopped and reversing. It is useful for studying the effects of collisions on the development and reversal of subduction areas. Today subduction has again been halted locally, due to the impact of a ridge, and the vergence of features is reversing (back-arc compression area). On land, an active system (eastern mountain range for the surface parts) and an old system (western range, which is valuable for the access it provides to the deep parts) can be observed. The

latter should be linked to the Vitiaz/Vanuatu subduction, but the age and older upheavals still remain to be dated and accurately quantified.

3- The New Caledonian group is the result of arc collision and obduction processes. Recent work has shown the importance of extension in the tertiary development of orogenesis. This feature is unique for observing whether the extension is synorogenic (active exhumation model) or post-orogenic and linked to an isostatic readjustment by passive rising of the root. In the long term, an assessment will need to be made of the role of extension and post-nappe exhumation in landscape forming, controlling damage to peridotites and organising lateritic basins, which potentially bear nickel deposits. Also, a tectonic approach is essential for determining seismic and gravity risks.

Sismologie et risques sismiques

Philippe CHARVIS, M. Régnier et R. Pillet

IRD, UMR Géosciences Azur, Nice (France) et Nouméa (Nouvelle-Calédonie)

Le Pacifique sud-ouest est une région d'intense activité sismique associée à de multiples limites de plaque, le long desquelles les mouvements calculés sont les plus importants de la planète (par exemple 24 cm de convergence dans le nord de la zone de subduction de Tonga). Cette activité se traduit par des séismes importants dont certains ont affecté les grandes villes de la région : Suva (1956), Nuku Alofa (1972) ou Port-Vila (2002) mais aussi l'île de Futuna (1993). Bien que d'une magnitude plus faible (5,0 au maximum), des séismes d'extension affectent aussi régulièrement la Nouvelle-Calédonie.

L'évaluation de l'aléa sismique requiert d'une part une meilleure connaissance des sources sismiques (identification des principales failles actives, quantification des déformations et du potentiel de rupture) et d'autre part une approche des effets de sites (analyse des anomalies de propagation et d'amplification à proximité des villes et des centres économiques). L'aléa sismique, en conjonction avec la croissance démographique et le développement économique des pays de la zone, entraînent une augmentation significative du risque sismique.

La caractérisation des sources sismiques est basée sur l'obtention de séries d'observation sur des périodes longues (typiquement 10 ans et plus) par des observatoires permanents de la sismicité et des déformations régionales. L'absence d'un réseau suffisamment coordonné et opérationnel à l'échelle régionale conduit actuellement à localiser les séismes à partir des réseaux sismologiques globaux dont les localisations sont imprécises, avec des erreurs jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres, et qui, dans de nombreux secteurs, ne permettent pas de localiser les séismes de magnitude inférieure à 4,8.

La réalisation de campagnes sismologiques et géodésiques temporaires par des laboratoires internationaux a permis d'obtenir localement des résultats scientifiques importants sans toutefois améliorer significativement la connaissance de la sismicité régionale ni améliorer la définition du modèle de vitesse dans la lithosphère.

L'amélioration significative de la connaissance de la sismicité et de la déformation de la région passe nécessairement par la constitution d'un réseau unifié d'observation et de surveillance, constitué de stations modernes et homogènes, transmettant leurs données en temps quasi réel vers une base de données centralisée accessible à tous les partenaires. Cet outil permettra le suivi des crises sismiques par les scientifiques et les autorités, une meilleure

détection et localisation des évènements sismiques et donc une meilleure évaluation de l'aléa dans le cadre d'une coopération scientifique renforcée entre les pays de la zone.

Récemment, des réseaux permanents de stations géodésiques et de sismomètres disposés sur les marges du Pacifique nord (Japon, Canada, USA) ont permis de caractériser des déformations asismiques, ou générant des signaux de type « trémor », qui correspondraient à la relaxation locale des contraintes le long de la zone de contact entre les plaques. La compréhension de ces signaux et leur recherche dans d'autres zones de subduction ouvrent la voie vers une meilleure compréhension de l'initiation de la rupture sismique, des relations avec la présence de fluides profonds, voire de la prédiction de séismes majeurs.

Le Pacifique sud-ouest est un laboratoire international exceptionnel qui permettra de poursuivre l'étude des phénomènes transitoires associés au fonctionnement des grandes zones de failles commencée le long des marges nord du Pacifique. Les très grandes vitesses de déplacement des plaques, ainsi que la diversité des structures en présence (arcs insulaires océaniques, blocs continentaux) en font un chantier pertinent et original.

Seismology and Seismic Risks

Philippe CHARVIS, M. Régnier et R. Pillet

IRD, UMR Géosciences Azur, Nice (France) and Noumea (New Caledonia)

The Southwest Pacific is a region marked by intense seismic activity related to multiple plate boundaries, along which recorded movements are the greatest on the planet (eg 24 cm of convergence in the northern Tonga subduction area). This activity creates major tremors, some of which have affected the region's main cities, such as Suva (1956), Nuku'alofa (1972) and Port Vila (2002), and also Futuna Island (1993). New Caledonia is also regularly affected, though the magnitude is lower (5.0 at the most).

Seismic hazard assessment requires better knowledge of seismic sources (identification of the main active fault lines, quantification of deformations and rupture potential) as well as an assessment of site effects (analysis of propagation and amplification anomalies near towns and economic centres). Seismic hazard, when coupled with population growth and economic development in the region's countries, leads to a significant increase in seismic risk.

Seismic sources are determined based on a series of observations over long periods of time, usually 10 or more years, obtained from permanent seismicity and regional deformation observatories. Not having a sufficiently co-ordinated and operational regional network means that seismic activity currently has to be located using global seismology networks that do not pinpoint it accurately enough, with errors of up to several tens of kilometres and, in many areas, make it impossible to locate tremors of less than 4.8.

Temporary seismological and geodetic campaigns run by international laboratories have produced large amounts of locally available scientific data, but have nevertheless failed to significantly increase our understanding of regional seismicity or improve resolution of the lithospheric velocity model.

In order to gain a better understanding of the region's seismicity and deformation, a unified observation and surveillance network needs to be set up, made up of modern, standardised stations that transmit their data in real time to a centralised databank, which is accessible to all partners. This facility would enable scientists and the authorities to monitor seismic crises and improve the detection and location of seismic events, thereby improving hazard assessment under strengthened scientific co-operation arrangements between the region's countries.

Permanent geodetic station and seismometer networks set up along the edge of the Northern Pacific (Japan, Canada & the USA) made it possible to determine aseismic deformation, ie generating "tremor" type signals, which is linked to local alleviation of pressure along the plates' contact area. Understanding these signals and searching for them in other subduction areas is paving the way for a better grasp of how seismic ruptures are initiated, the relationship with deep fluids and even major seismic event forecasting.

The Southwest Pacific is a unique international laboratory that sheds light on transient phenomena linked to the functioning of the major fault-line areas that started along the edge of the Northern Pacific. The plates' high travel velocity and the varied structures found here make it a relevant and unique site.

Communication orale

Volcanisme et risques volcaniques dans les îles du Pacifique Sud : exemples de la Polynésie française et de l'arc du Vanuatu

René C. MAURY (1), M. Lardy (2), C. Robin (3), M. Monzier (3), J.-P. Eissen (3), P. Bani (2), P. Rossi (4), S. Blais (5), G. Guille (6), H. Guillou (7), C. Legendre (1)

(1) UMR 6538 Domaines océaniques, IUEM, Université Bretagne Occidentale, Plouzané, France ; (2) IRD, UMR 6524 Magmas et Volcans, Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; (3) IRD, UMR 6524 Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France ; (4) SGN/CGF, BRGM, Orléans, France ; (5) UMR 6118 Géosciences Rennes, Rennes, France ; (6) CEA/DASE, Bruyères le Châtel, (7) UMR 1572 LSCE, CEA-CNRS, Gif s/ Yvette

Les îles volcaniques récentes du Pacifique Sud se regroupent soit en chaînes linéaires nées de l'activité de points chauds en contexte intraplaque océanique, comme les archipels de Polynésie française (Marquises, Société, Gambier, Australes), soit en arcs insulaires formés à la verticale de zones de subduction (Vanuatu).

Les risques volcaniques directs sont faibles en Polynésie (îlot de Mehetia). Le programme de cartographie en cours démontre l'extraordinaire diversité des volcans-boucliers basaltiques polynésiens, et la complexité des processus volcano-tectoniques qui, dans les stades finaux de leur activité, conduisent à des effondrements de type graben (Huahine) ou sectoriels (Raiatea) et souvent à la submersion en une (Moorea) ou plusieurs (Nuku Hiva) phases de parties importantes de ces édifices.

Les strato-volcans andésitiques du Vanuatu comptent une quinzaine d'édifices actifs qui ont connu de nombreuses éruptions historiques et font l'objet d'une surveillance permanente. Les cartes de risques (Gaua, Aoba, Ambrym, Tanna) montrent la variété des dynamismes explosifs (éruptions strombolienne, hydro-magmatiques, émission de coulées pyroclastiques) parfois suivis de coulées boueuses (lahars) très destructrices.

Vulcanism and volcanic risk in South Pacific Islands: Examples from French Polynesia and the Vanuatu Arc

René C. MAURY (1), M. Lardy (2), C. Robin (3), M. Monzier (3), J.-P. Eissen (3), P. Bani (2), P. Rossi (4), S. Blais (5), G. Guille (6), H. Guillou (7), C. Legendre (1)

(1) UMR 6538 Ocean Areas, IUEM, University of Western Brittany, Plouzané, France ; (2) IRD, UMR 6524 Magma and Volcanoes, Noumea, New Caledonia ; (3) IRD, UMR 6524 Magma and Volcanoes, Blaise Pascal University, Clermont-Ferrand, France ; (4) SGN/CGF, BRGM, Orléans, France ; (5) UMR 6118 Géosciences Rennes, France ; (6) CEA/DASE, Bruyères le Châtel, France; (7) UMR 1572 LSCE, CEA-CNRS, Gif s/ Yvette, France

The South Pacific's recent volcanic islands are arranged either in linear chains caused by hotspot activity in an oceanic interplate setting, like French Polynesia's island groups (Marquesas, Society Islands, Gambiers & Australs) or in island arcs formed vertically above subduction areas (eg Vanuatu).

Direct volcanic risks are low in French Polynesia (eg Mehetia Island). The current mapping programme demonstrates how extraordinarily diverse French Polynesia's basaltic shield volcanoes are and how complex the volcano-tectonic processes are, which, in their final stages of activity, lead to graben-type (Huahine) or sector collapses (Raiatea) and often submersion in one (Moorea) or several (Nuku Hiva) phases of these edifices' major areas.

Vanuatu's andesitic strato-volcanoes have some fifteen active edifices that have experienced many historical eruptions and are monitored on an ongoing basis. The risk maps (Gaua, Aoba, Ambrym & Tanna) show the variety of explosive dynamics there (strombolian and hydromagmatic eruptions and emissions of pyroclastic flow), which are sometimes followed by highly destructive mudflows (lahars).

La prévention des tsunamis en Polynésie française et dans le Pacifique

François SCHINDELE (1), D. Reymond (2)

(1) CEA/DASE, Bruyères le Châtel, France (françois.schindele@cea.fr)
(2) LDG/Pamatai, Papeete, Tahiti, Polynésie française (reymond.d@labogeo.pf)

Le CEA est le représentant de la France au Groupe International de Coordination (Unesco/GIC/ITSU) du Système d'Alerte aux Tsunamis dans le Pacifique (PTWS) qui regroupe la communauté scientifique et opérationnelle des tsunamis. En Polynésie française, le Laboratoire de Géophysique (LDG) du CEA gère le Centre Polynésien de Prévention des Tsunamis (CPPT) - centre régional du PTWS - qui assure l'alerte opérationnelle aux tsunamis 24h/24 dans le Pacifique en relation avec le Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) d'Hawaï, centre opérationnel international du PTWS.

Le LDG possède une très grande expertise dans ce domaine. Il a mis au point le système automatique d'alerte rapide TREMORS, qui détecte et localise en temps réel les séismes tsunamigéniques. Ce système, basé sur l'estimation rapide du moment sismique, a été adopté par de nombreux centres d'alerte.

Le deuxième volet est l'évaluation de l'aléa tsunami : les études menées à partir des enregistrements des marégraphes installés en Polynésie française ont permis de conclure que l'amplitude des tsunamis était corrélée avec la magnitude des séismes. Ce résultat constitue l'un des principaux éléments du Plan de Secours Spécifique, établi avec la Direction de la Protection Civile.

Les données historiques et instrumentales des tsunamis montrent que ce phénomène naturel est caractérisé par des variations très importantes des amplitudes et des *runup* (hauteur atteinte par le déferlement), autant à l'échelle locale qu'à l'échelle d'un océan.

En Polynésie française, les études ont montré que l'aléa tsunami était beaucoup plus important aux îles Marquises que dans les autres archipels, du fait de l'absence d'une barrière corallienne.

Pour évaluer précisément l'aléa tsunami aux Marquises, le CEA a mis au point une méthode de simulation des tsunamis générés par des tremblements de terre. Cette simulation comprend la génération, à partir des paramètres de la source sismique, la propagation dans l'océan et l'inondation à terre. Les derniers tsunamis trans-pacifique (Aléoutiennes 1946, Chili 1960) ont été modélisés numériquement ainsi que les événements récents qui ont été observés aux Marquises (Kouriles 1994, Chili 1995, Mexique 1995, Pérou 1996, Pérou 2001) dont certains ont provoqué quelques dégâts. Des cartes d'inondation ont été réalisées pour quelques baies. Les résultats montrent que les

paramètres principaux dans la formation et la propagation des tsunamis sont les paramètres sismiques, le relief sous-marin proche de la côte ; du fait que la vitesse du tsunami dépend de la profondeur d'eau, les variations du relief sous-marin entre la zone épicentrale et la zone d'étude modifient également les vagues du tsunami.

Le CEA a également mis au point une méthode de simulation des tsunamis déclenchés par des glissements de terrain. À Fatu Hiva, en 1999, un tsunami destructeur a été généré par l'effondrement d'un pan de falaise. Cet effondrement de terrain et le tsunami qu'il a déclenché ont été modélisés, et les résultats sont en accord avec les observations. Cette étude a permis de distinguer les effets liés aux dimensions de la plateforme sous-marine.

Tous ces résultats ont montré que les simulations numériques permettent d'évaluer l'aléa tsunami de façon plus détaillée que les observations sur le terrain, beaucoup moins nombreuses.

Tsunami Mitigation in French Polynesia and the Pacific

François SCHINDELE (1), Dominique Reymond (2)

(1) CEA/DASE, Bruyères le Châtel, France (francois.schindele@cea.fr)
(2) LDG/Pamatai, Papeete Tahiti, French Polynesia (reymond.d@labogeo.pf)

CEA is France's representative in the Pacific Tsunami Warning System (PTWS) International Co-ordination Group (Unesco/ICG/ITSU) which brings together the scientific community and tsunami mitigation officers. In French Polynesia, the CEA Geophysical Laboratory (LDG) manages the French Polynesian Tsunami Mitigation Centre (CPPT), a regional PTWS centre, that maintains a 24-hour tsunami alert service in conjunction with the Hawaii Pacific Tsunami Warning Centre (PTWC), the PTWS international operations hub.

The LDG laboratory has very considerable expertise in this area. It developed the TREMORS automatic rapid alert system that detects and locates tsunami-generating tremors in real time. Based on a quick estimate of the tremor time, the system has been adopted by many alert centres.

The second area is tsunami risk assessment: studies based on readings from tide gauges set up in French Polynesia have reached the conclusion that there is a correlation between tsunami amplitude and earthquake magnitude. This finding is one of the main features of the Specific Rescue Plan set up in conjunction with the Civil Protection Department.

Historical and instrument data on tsunamis indicate that they involve major variations in magnitude and runup (height reached by the wave break) both on the local and ocean scales.

In French Polynesia, studies have shown that the tsunami hazard was far greater in the Marquesas that other island groups, as there was no coral barrier there. In order to accurately assess the tsunami hazard in the Marquesas, CEA has developed an earthquake-generated tsunami simulation method. This includes generation based on seismic source parameters, propagation in the ocean and flooding on land. The last transpacific tsunamis (Aleutians 1946 & Chile 1960) were digitally modelled, as were recent events observed in the Marquesas (Kuriles 1994, Chile 1995, Peru 1996 & Peru 1991), some of which caused damage, and flood maps were developed for a few bays. Results show that the main parameters in tsunami formation and propagation are seismic properties and the sea floor relief near the coast. As tsunami velocity depends on water depth, seafloor landscape between the epicentral area and the area studied also alters tsunami waves.

CEA has also developed a simulation model for tsunamis set off by landslides. A destructive tsunami was generated by a collapsing cliff face. This

landslide and the tsunami it set off were modelled and the results match observations. The study made it possible to distinguish effects linked to submarine platform size.
All these findings have shown that digital simulations can be used to assess the tsunami hazard in greater detail than the far fewer field observations.

Problématique du risque « mouvements de terrain » en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie : état des lieux et perspectives

Jean-Marc MOMPELAT (1) et P. Maurizot (2)

(1) BRGM Antenne de Polynésie, Tahiti, Polynésie française
(2) BRGM Antenne de Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les mouvements de terrain causent chaque année dans le monde des dizaines de milliards d'euros de pertes matérielles. En Nouvelle-Calédonie et en Polynésie, la question des mouvements de terrain se pose aussi avec acuité. D'une part, le contexte morphologique, géologique et climatique est défavorable : reliefs escarpés et présence d'altérites sur des épaisseurs importantes, fortes précipitations liées aux cyclones tropicaux. D'autre part, au cours des dernières décennies, l'urbanisation s'est fortement développée (autour des capitales Nouméa et Papeete en particulier), gagnant progressivement des zones sensibles vis-à-vis des mouvements de terrain. Ainsi par exemple, la conurbation de Papeete concentre avec 128 000 habitants, 52 % de la population totale de la Polynésie. C'est quatre fois plus qu'il y a 50 ans et, alors qu'à cette époque l'occupation était située presque exclusivement au sein de la plaine côtière, il y a désormais des constructions jusqu'à 600 m d'altitude. En Nouvelle-Calédonie, l'urbanisation à la périphérie de Nouméa gagne les versants et les vallées encaissées dans les reliefs importants des massifs de péridotites.

Ainsi, le niveau global de risque a augmenté sensiblement du fait même du développement.

En Polynésie, les glissements et coulées de boue qui ont fait 20 morts en 1998 à Raiatea sont dans toutes les mémoires. En Nouvelle-Calédonie les graves mouvements de terrain qui sont survenus sur la commune du Mont-Dore à la suite du cyclone Anne en 1988 puis en 1990, s'ils n'ont pas causé de morts, ont durablement marqué les esprits.

Face à cette situation, la réaction des pouvoirs publics s'est renforcée au cours des cinq dernières années dans les deux territoires. Le constat commun a pu être fait que les connaissances scientifiques sur les mouvements de terrain sont insuffisantes. En Polynésie, des programmes d'étude des phénomènes et de cartographie des aléas ont été lancés. Le programme ARAI visant notamment la prise en compte réglementaire de l'aléa dans l'aménagement et la construction, à travers des Plans de Prévention des Risques (PPR), a été initié par la Polynésie fin 2002. En Nouvelle-Calédonie, un programme d'inventaire des mouvement de terrain et de cartographie de l'aléa est en cours depuis six ans. Les documents produits sont pris en compte dans l'aménagement.

Plusieurs actions de recherche scientifique peuvent être menées pour consolider et crédibiliser d'avantage la politique de prévention ainsi initiée. L'objectif à terme est de limiter les impacts dommageables des mouvements de terrain, au bénéfice des collectivités et des populations. Les principaux besoins se situent dans : 1) une meilleure connaissance du milieux physique (cartes géologiques, cartes des formations superficielles, caractérisation géomécanique des sols, évolution des caractéristiques dans le temps, etc) ; 2) la mise à disposition de la communauté scientifique des données acquises ; 3) l'évaluation de l'incidence de la gestion par l'homme des espaces naturels, sur la stabilité des terrain. D'une manière générale, la forte spécificité de chacun des territoires (volcanisme récent pour la PF, importants massifs ophiolitiques et gisements de nickel de NC) doit être prise en compte.

Deux sujets supplémentaires moins appliqués, mériteraient d'être étudiés : d'une part l'estimation à l'échelle d'une île ou d'une région étendue, des quantités de matière solide transférées à la mer en relation ou non avec les évolutions climatiques et la santé du lagon ; d'autre part, l'étude en Polynésie des mouvements de terrain de très grande ampleur susceptibles de générer des tsunamis catastrophiques.

Landslide risks in New Caledonia and French Polynesia: stocktake and prospects

Jean-Marc MOMPELAT (1) et P. Maurizot (2)

(1) BRGM French Polynesian Branch, Tahiti, French Polynesia
(2) BRGM New Caledonian Branch, Noumea, New Caledonia

Every year shifting land causes losses running into the tens of billions of euros worldwide. In New Caledonia and French Polynesia, the issue is also highly relevant. The countries' morphology, geology and climate are conducive to shifting terrain with steep mountains and thick sections of regolith plus heavy rainfall associated with tropical cyclones. Also, the last few decades have seen considerable urban sprawl, particularly around the capitals, Noumea and Papeete, gradually reaching land that is prone to shifting. The Papeete urban area, for example, holds 52 % of French Polynesia's 128,000 total population. That is four times more than 50 years ago when settlement was almost exclusively on the coastal plain, whereas today buildings are being constructed at up to 600-metre altitudes. In New Caledonia, the urban sprawl has reached steep slopes and narrow valleys in the tall peridotite mountain systems.

The overall risk level has therefore significantly increased due to development itself.

The memory of the 1998 landslides and mudflows that caused 20 deaths on Raiatea, French Polynesia, is still fresh. In New Caledonia, serious landslides occurred in the Mont Dore commune after cyclone Anne in 1988 and again in 1990 and, while not causing any deaths, they did leave a lasting impression in the public mind.

In both territories, the authorities have stepped up their reaction to this situation in the last five years. A common observation was that scientific knowledge on land shifts was inadequate and research programmes into the phenomena and hazard mapping efforts were launched in French Polynesia. The ARAI programme, which sought to incorporate the hazard into land-use planning and building regulations through Risk Prevention Plans (PPR), was implemented by French Polynesia in late 2002. In New Caledonia, a land shift inventory and hazard mapping programme has been operational for 6 years. The documents it produces are taken into account in land-use planning.

A number of scientific research activities could be undertaken to strengthen these prevention policies and lend further credibility to them. The long-term objective is to limit the harmful impacts of land shifts for the authorities and the public. The main needs are: 1) to improve knowledge of the physical

environment (geological maps, drift maps, geomechanical soil descriptions, development of characteristics over time, etc.); 2) make the data acquired available to the scientific community; and 3) assess the impact of man's management of natural areas on soil stability. Each of these territories' highly specific natures must generally be taken into account (recent vulcanism in FP and major ophiolitic mountain systems and nickel deposits in NC).
Two further, though less closely related, topics could well be investigated: ie estimates on an island scale as well as a broader regional scale of the amounts of solid matter transferred to the sea, whether or not it is related to climate development and the state of the lagoon; and a study of major land shifts in French Polynesia that are likely to generate catastrophic tsunamis.

El Niño : 20 ans de recherche océanographique française dans l'océan Pacifique

Alexandre GANACHAUD (1), T. Delcroix (2), J. Picaut (2)

(1) IRD, Laboratoire d'Études Géophysiques et d'Océanographie Spatiale (Legos), Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(1) IRD, Laboratoire d'Études Géophysiques et d'Océanographie Spatiale (Legos), Toulouse, France

Dès les années 60, une forte variabilité était observée lors des campagnes d'océanographie physique menées par les équipes française dans l'océan Pacifique Ouest. Ce n'est que 20-30 ans plus tard que cette variabilité, associée au phénomène couplé océan/atmosphère ENSO (El Niño - Southern Oscillation), a pu être analysée et comprise à partir des observations sur l'ensemble du Pacifique combinées avec les observations atmosphériques. Un grand programme international nommé TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere) a vu le jour après l'El Niño de 1982-83, considéré à l'époque comme l'El Niño du siècle. TOGA et son sous-programme COARE (Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment) ont permis des avancées spectaculaires dans la connaissance du phénomène couplé ENSO. Cela a été rendu possible par la mise en place d'un système d'observation *in situ* dans le Pacifique tropical, l'utilisation adéquate des données satellitaires (TOPEX/Poseidon tout particulièrement) et le développement de modèles numériques forcés et couplés. La décennie de TOGA (1984-1994) a ainsi vu la mise en place d'un réseau d'observations permettant de mesurer en temps réel les variables océaniques essentielles : le vent, la température, la hauteur de mer et les courants. Ces observations intensives ont permis de détecter les phénomènes ENSO dès leur formation ainsi que leur prévisibilité potentielle grâce à l'effet mémoire des couches océaniques superficielles. Ces observations ont aussi permis des progrès fondamentaux dans notre compréhension des phénomènes physiques responsables du déroulement d'ENSO ainsi que dans le développement de nouveaux modèles couplés océan-atmosphère pour la prévision d'ENSO.
La recherche française, notamment l'IRD, appelé ORSTOM à l'époque, s'est fortement impliquée dans les programmes TOGA et COARE en concentrant ses efforts sur le réservoir d'eaux chaudes à l'ouest du Pacifique. Les efforts de modélisation numérique se sont aussi fortement intensifiés, avec le développement de modèles prédictifs océan-atmosphère couplés. Relativement bien décrit pendant ces 10 dernières années, El Niño se montre cependant irrégulier et la prévision de son déclenchement reste incertaine car très sensible aux conditions océaniques initiales ainsi qu'aux nombreux processus de petite échelle que les modèles ne peuvent pas reproduire. Ces conditions initiales varient sur des échelles de temps de plus de 10 ans, une partie de ces variations étant liée aux changements climatiques globaux. Les récents travaux sur ces échelles de temps sont limités par la courte durée des observations modernes et suggèrent qu'une continuité du réseau d'observations actuel est nécessaire, ainsi que l'utilisation de techniques de mesures de traceurs (coraux notamment) pour reconstituer les variations haute fréquence des températures passées.

El Niño: 20 years of French oceanographic research in the Pacific Ocean

Alexandre GANACHAUD (1), T. Delcroix (2), J. Picaut (2)

(1) IRD, Geophysical and Spatial Oceanography Laboratory, Noumea, New Caledonia
(2) IRD, Geophysical and Spatial Oceanography Laboratory, Toulouse, France

In the 1960's, significant variability was observed during physical oceanography campaigns conducted by French teams in the Western Pacific. Only 20 to 30 years later was this variability, which was associated with a coupled ocean-atmosphere ENSO phenomenon (El Niño – Southern Oscillation), analysed and understood based on observations from throughout the Pacific combined with atmospheric observations. A major international programme called TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere) was launched after the 1982-83 El Niño, then thought to be the El Niño of the century. TOGA and its sub-programme COARE (Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment) led to spectacular advances in our knowledge of the ENSO coupled phenomenon. This was made possible by an *in situ* observation system in the tropical Pacific, appropriate satellite data (particularly TOPEX/Poseidon) and forced and coupled digital models. The TOGA decade (1984-1994) saw the establishment of an observation network that was capable of measuring essential ocean variables in real time, ie wind, temperature, sea height and currents. By making such intensive observations, it was possible to detect ENSO phenomena as soon as they formed as well as their potential predictability, due to the ocean surface layers' memory effect. The observations also led to key progress in our understanding of physical phenomena behind the ENSO's sequence as well as to the design of new ocean-atmosphere coupled models for forecasting ENSO. French research, particularly IRD, then known as ORSTOM, was heavily involved in the TOGA and COARE programmes, focussing its efforts on the Western Pacific Warm Pool. Digital modelling efforts were also greatly boosted, with coupled ocean-atmosphere predictive models being developed. Although El Niño has been fairly well described over the last ten years, it nevertheless remains irregular and its onset is still difficult to predict, as it is highly sensitive to initial ocean conditions and the many small-scale processes that the models are unable to reproduce. These initial conditions vary over timescales exceeding 10 years and some are linked to global climate change. Recent work on these timescales is limited by the late introduction of modern observation and maintaining the current observation network would appear necessary, as would the use of tracer (particularly coral) measurements to reconstitute high frequency variations of past temperatures.

Cycle du Carbone dans l'océan équatorial et climat

Robert Le BORGNE

Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

L'augmentation de la teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone (CO_2) subit des variations interannuelles qui sont en relation avec le phénomène climatique ENSO (El Niño – Southern Oscillation). Elles sont dues aux variations de l'extension de la zone d'enrichissement équatoriale, résultat d'une remontée d'eaux profondes (« upwelling »). Ces variations ainsi que le mode de fonctionnement biogéochimique de la zone équatoriale ont fait l'objet des études du programme international JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study), qui a mobilisé les chercheurs américains, australiens, japonais et français de 1990 à 2003.

La zone équatoriale est à la fois exportatrice de CO_2 en raison de la différence des pressions partielles de ce gaz entre l'océan et l'atmosphère et utilisatrice de carbone par l'activité biologique (dénommée « pompe biologique »). Il s'avère que cette dernière est limitée par le fer, raison expliquant avec celle de la relative constance des caractéristiques du milieu, la monotonie de la pompe biologique dans la zone d'enrichissement. En conséquence, les variations des flux de carbone (exporté vers l'atmosphère et piégé par l'océan) sont liées à celles de la superficie de l'upwelling qui occupe toute la ceinture équatoriale en situation de La Niña et qui disparaît lors des forts El Niño. Les recherches actuelles utilisent les mesures de pCO_2 réalisées sur certains mouillages ou des navires d'opportunité, considèrent le front séparant l'upwelling de la « warm pool » (Pacifique ouest) et tendent à estimer l'importance de la fixation d'azote moléculaire par les cyanobactéries. Un suivi des paramètres biogéochimiques et hydrologiques existe depuis 1987 au large d'Hawaii et a apporté des connaissances irremplaçables sur les variations interannuelles et décennales. Son pendant dans le Pacifique sud, s'il était organisé, représenterait une voie intéressante de continuation des études menées par la France dans la région Pacifique.

Carbon Cycle in the Equatorial Ocean and Climate

Robert Le BORGNE

IRD Noumea Centre, New Caledonia

Carbon dioxide (CO_2) content in the atmosphere undergoes interannual variations, which are linked to the ENSO (El Niño – Southern Oscillation) climatic phenomenon and caused by variations in the equatorial enrichment zone's extension brought on by upwelling. These variations and the equatorial zone's biogeochemical functioning led JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study) to mobilise American, Australian, Japanese and French researchers from 1990 to 2003.

The equatorial zone both exports CO_2, owing to the difference in the gas's partial pressures between the ocean and atmosphere, and uses carbon through biological activity (known as the "biological pump"). The latter is restricted by iron, which, along with the relative stability of the environment's characteristics, explains the biological pump's monotony in the enrichment zone. Consequently, carbon flux variations (exported towards the atmosphere and trapped by the ocean) are linked to variations in the surface area of the upwelling that occupies the entire equatorial belt during La Niña. They then disappear in strong El Niños.

Current research uses pCO_2 measurements taken from certain moorings or utility ships, considers the front separating the upwelling from the warm pool (Western Pacific) and tends to estimate the amount of molecular nitrogen fixation by cyanobacteria. Biogeochemical and hydrological parameters have been monitored since 1987 off Hawaii and have contributed invaluable knowledge on interannual and decadal variations. Similar efforts in the South Pacific would, if organised, provide a useful continuation of studies conducted by France in the Pacific region.

Paléoclimatologie dans le Pacifique tropical : bilan et perspectives

Patrick De DECKKER

Dept. of Earth and Marine Sciences, The Australian National University, Canberra, Australia

La zone intertropicale de l'Océan Pacifique, qui couvre une large partie du globe, et une source très importante de chaleur pour les moyennes et hautes latitudes. C'est également une zone qui joue un rôle crucial dans le bilan hydrologique de la planète par la circulation atmosphérique dans les cellules de Hadley et de Walker. Enfin, c'est là où prend naissance le phénomène El Niño Southern Oscillation (ENSO), qui, outre les saisons, est aujourd'hui la source principale de variabilité climatique sur la planète.

Du point de vue des recherches en paléoclimatologie, plusieurs découvertes significatives proviennent d'études menées dans le Pacifique intertropical. On peut distinguer deux sortes d'études : celles concernant les changements climatiques à long terme, liés aux paramètres orbitaux, et celles qui s'intéressent plus particulièrement aux changements climatiques à court terme (du mensuel au séculaire) du type ENSO. C'est dans ce dernier domaine que la contribution française a été la plus significative. Ceci est dû à la qualité des infrastructures et des programmes de recherche depuis plusieurs décennies, qui a permis d'acquérir le matériel nécessaire pour déchiffrer les archives les plus significatives pour la compréhension des paléoclimats. Parmi ces archives, la composition chimique des coraux massifs ont reçu le plus d'attention.

L'étude des changements climatiques à long terme a grandement bénéficié de la présence dans le Pacifique du navire océanographique Marion Dufresne. Il a permis tout d'abord d'obtenir des données nécessaires pour la calibration des traceurs vis à vis des paramètres physico-chimiques et biologiques de l'environnement. Ces données ont ensuite été utilisées pour détecter les changements climatiques enfermés dans les sédiments marins obtenus grâce au carottier géant Calypso qui équipe le Marion Dufresne. L'exploitation de ces carottes géantes, qui représentent un investissement financier et manuel conséquent, continue dans des laboratoires français et internationaux. On peut également noter l'apport scientifique de quelques campagnes ODP qui couvrent une échelle de temps en général beaucoup plus longue.

Un domaine important des changements climatiques concerne l'étude des variations du niveau de la mer. C'est dans le Pacifique que les contributions les plus significatives ont vu le jour, en particulier par les travaux d'équipes australiennes et françaises.

Le domaine terrestre, qui permet d'accéder à l'étude des changements atmosphériques, reste le parent pauvre des études de paléoclimatologie dans le

Pacifique. Quelques travaux sur les changements de végétation doivent encore être reliés aux nombreux résultats paléocéanographiques. Les études sur les spéléothèmes, qui débutent à peine, devraient offrir de nouvelles perspectives dans ce domaine, à différentes échelles de temps.
Enfin, dans le domaine marin, l'accent pourrait être mis aussi sur les organismes qui vivent à différentes profondeurs tels les gorgones, balanes ou sclérosponges, dont la composition chimique peut renseigner sur les changements océanographiques avec une résolution plus importante que celle atteinte actuellement avec les microfossiles présents dans les sédiments marins profonds.

Paleoclimatology in the Tropical Pacific: stocktake and future prospects

Patrick De DECKKER

Dept. of Earth and Marine Sciences, The Australian National University, Canberra

The Pacific Ocean's intertropical zone, which covers a large part of the globe, is a major source of heat for the mid and higher latitudes. It also plays a crucial role in the planet's hydrological balance through atmospheric circulation in Hadley and Walker cells. It is also where the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon originates, which, apart from the seasons, is now the planet's main source of climate variability.

From a paleoclimatology research point of view, several significant discoveries have arisen from studies in the intertropical Pacific. There are two types of study: those relating to long-term climate change and linked to orbital parameters, and those that are more concerned with short-term climate change of the ENSO type (on a monthly to century scale). The French contribution has been most significant in the latter area. This has been due quality research facilities and programmes over several decades that have provided the equipment required to decipher the most relevant records in terms of understanding paleoclimates. The record to have received the most attention has been the chemical composition of massive corals.

The study of long-term climate change has hugely benefited from the Marion Dufresne oceanographic vessel's presence in the Pacific. It was instrumental in the quest for data required for calibrating tracers in terms of the environment's physico-chemical and biological parameters. These data were then used to detect climate change indicators sealed up in marine sediment obtained using the giant Calypso core drill on board the Marion Dufresne. The giant core samples, which require considerable financial and labour capital, continue to be used in French and international laboratories. The scientific contributions provided by a few ODP campaigns, covering generally much longer time scales, should also be mentioned.

A major area in climate change is the study of sea-level variations. The most significant contributions in this area were made in the Pacific, particularly by Australian and French teams.

Studies on land providing access to atmospheric change data remain the poor cousin of paleoclimatological research in the Pacific. Such work as has been conducted on vegetation change has yet to be linked to the many paleo-oceanographic findings. Studies on speleothemes, which have barely started, should open up further prospects in this area in various timescales.

Finally, with regard to the sea, emphasis could also be placed on organisms living at various depths, such as sea fans, barnacles and sclerosponges, as their chemical composition could shed more light on oceanographic change than is currently provided by microfossils found in deep-sea sediment.

Impact de la variabilité inter-annuelle et intra-saisonnière sur l'activité cyclonique et les précipitations

Bertrand TIMBAL (1), S. Chêne (2), L. Maitrepierre (2), M. Wheeler (1), A. Leroy (2).

(1) Bureau of Meteorology Research Centre, Melbourne, Australie
(2) Météo France, Nouméa, Nouvelle Calédonie

La complexité du système climatique, sa nature chaotique, rend impossible toute prévision déterministique de l'évolution du temps au-delà de quelques jours. Il existe cependant des oscillations de basse fréquence au sein du système climatique qui ont des caractéristiques prévisibles. L'impact de ces phénomènes sur le climat observable peut donc faire l'objet d'une prévision, en général de nature probabilistique. Elles concernent des anomalies climatologiques par rapport à la « normale » climatique de référence. L'échelle spatio-temporelle globale de ces phénomènes renforce la nécessité d'une collaboration entre les différents acteurs de la recherche climatique dans le Pacifique Sud.

Les résultats présentés couvrent plusieurs projets réalisés en collaboration entre les services opérationnels météorologiques en Australie et en Nouvelle Calédonie et illustre l'importance d'une collaboration internationale. Trois exemples de projet de recherche sont présentés concernant la variabilité inter-annuelle et intra-saisonnière des précipitations et en particulier des cyclones tropicaux, phénomènes généralement associés à de forte précipitation :

- l'impact du phénomène d'oscillation Australe El Niño (ENSO, pour El Niño Southern Oscillation) sur la variabilité inter-annuelle de la pluviométrie en Nouvelle-Calédonie ;
- la variabilité inter-annuelle de l'activité cyclonique dans l'océan Pacifique Sud et la possibilité de produire un schéma statistique simple prévoyant pour la saison cyclonique à venir, le nombre total de systèmes prévus ;
- l'impact de la variabilité intra-saisonnière liée à la propagation d'ouest en est de l'oscillation décrite par Madden et Julian (MJO, pour Madden-Julian oscillation)sur la genèse des cyclones tropicaux.

Ces exemples illustrent les avantages d'une mise en commun des observations et échanges scientifiques. De nombreuses perspectives (amélioration des bases de données, schéma opérationnel, applications régionales) se dessinent pour l'ensemble de ces projets. Le rapprochement entre les différents acteurs de la recherche scientifique ne peut que favoriser l'accomplissement et le prolongement de ces projets de recherche pour le bénéfice de tous.

Impact of Interannual and Inter-Seasonal Variability on Cyclone Activity and Precipitation

Bertrand TIMBAL (1), S. Chêne (2), L. Maitrepierre (2), M. Wheeler (1), A. Leroy (2).

(1) Bureau of Meteorology Research Centre, Melbourne, Australie
(2) Météo France, Nouméa, Nouvelle Calédonie

The climate system's complexity and chaotic nature makes any deterministic weather forecasting beyond a few days impossible. There are, however, some low-frequency oscillations in the climate system that have predictable features. The impact of these phenomena on observable climate can therefore be forecast in a generally probabilistic way. They involve climate anomalies in terms of the "normal" reference climate. The global space and time scales of these phenomena further justify the need for co-operation between the various players on the South Pacific climate research scene.

The findings presented cover several projects undertaken in a collaborative effort between the meteorological departments of Australia and New Caledonia and illustrate just how important international co-operation is. Three examples of research projects are presented and involve interannual and inter-seasonal precipitation, particularly tropical cyclones, which are phenomena that are generally associated with heavy rainfall:

- the impact of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon on New Caledonia's interannual variability and rainfall;
- the interannual variability of cyclone activity in the South Pacific Ocean and the prospect of producing a simple statistical diagram predicting the total number of systems for the coming season;
- the impact of intra-seasonal variability linked to the east-west propagation of the oscillation described by Madden and Julian (MJO standing for Madden-Julian Oscillation) on the generation of tropical cyclones.

These examples illustrate the benefits of pooling scientific observations and exchanges. There are many prospects ahead for all these projects, such as improving databases, flow charts and regional applications. Closer relations between the various scientific research stakeholders can only facilitate the implementation and extension of these projects to everyone's advantage.

Sources et impacts des fluctuations climatiques décadales dans le Pacifique sud tropical

Julian P. Mc CREARY Jr

IPRC/SOEST, Université d'Hawaii, Honolulu, Hawaii

La variabilité décadale du Pacifique (PDV) est généralement définie par un indice d'anomalies de températures superficielles de la mer originaires du Pacifique nord. Pourtant, elle est plutôt liée à un schéma d'anomalies à grande échelle qui s'étend sur la plupart du bassin du Pacifique. En effet, ce schéma est à peu près symétrique de part et d'autre de l'équateur, ce qui tend à indiquer une origine pour la PDV se situant dans les tropiques mêmes. La PDV serait donc liée à la variabilité décadale du phénomène El Niño – oscillation sud (EDV) et, selon certains, serait éventuellement à l'origine de l'incapacité de nombreux modèles couplés à pronostiquer de manière fiable les évènements El Niño des années 1990.

Les hypothèses sur les origines de la PDV et de l'EDV sont étudiées, surtout celle mettant en cause, pour l'origine de l'EDV, les téléconnexions atmosphériques de la PDV venant des latitudes moyennes. La téléconnexion océanique concerne les cellules du Pacifique subtropical nord et sud (« subtropical cells » ou STC), c'est-à-dire des circulations superficielles à renversement qui transportent des régions subtropicales à l'équateur des eaux froides de la thermocline et renvoient vers les latitudes moyennes des eaux chaudes superficielles. Une augmentation (diminution) de la force des STC prolonge (diminue) la portée longitudinale de la langue froide équatoriale, modifiant ainsi l'interaction air-mer de la région et générant l'EDV.

La modification de la puissance des STC influence également le niveau de la mer, puisqu'un tel changement provient d'une réaction dynamique au vent. Utilisant une version récemment actualisée de l'ensemble de données de réanalyse « Simple Ocean Data Assimilation » (SODA), les changements du niveau de la mer sur les 50 dernières années sont décrits et leur rapport avec la variabilité des STC est étudié.

Causes and impacts of decadal climate fluctuations in the tropical South Pacific

Julian P. Mc CREARY Jr

IPRC/SOEST, Hawaii University, Honolulu, Hawaii

Pacific decadal variability (PDV) is commonly defined by an index of sea surface temperature anomalies from the North Pacific. It is, however, associated with a large-scale anomaly pattern that extends throughout much of the Pacific basin. Indeed, the pattern is roughly symmetric about the equator, suggesting that the origin of PDV lies in the tropics itself. As such, PDV is linked to the decadal variability of El Niño Southern Oscillation (EDV), and it has been suggested to be a possible cause for the failure of many coupled models to predict El Niño events during the 1990's with reliability.

Theories of the causes of PDV and EDV are reviewed, focusing on the hypothesis that EDV is caused by oceanic and atmospheric teleconnections of PDV from midlatitudes. The oceanic teleconnection involves the North and South Pacific Subtropical Cells (STCs), shallow overturning circulations that carry cool thermocline water from the subtropics to the equator and that return warm surface water to midlatitudes. An increase (decrease) in the strength of STCs lengthens (shortens) the longitudinal extent of the equatorial cold tongue, thereby altering air-sea interaction in the region and generating EDV.

Changes in STC strength also affect sea level, since they result from a dynamical response to the wind. Based on the recently upgraded version of the Simple Ocean Data Assimilation (SODA) reanalysis data set, sea-level changes in the tropical South Pacific are described during the past 50 years, and their relationship to STC variability discussed.

Aléas naturels et variabilité climatique : impacts régionaux et prévention

Communications affichées

Natural hazards and climate variability regional impacts and prevention

Poster presentations

Rôle de la tectonique et du climat sur les transferts de surface : suivi de l'évolution de la marge active en subduction Hikurangi (Île Nord de Nouvelle Zélande) depuis 1 Ma.

Jean-Noël PROUST (1), G. Lamarche (2), F. Paquet (1,3), J.Pettinga (3), Ph. Barnes (2), S. Nodder (2)

(1) CNRS UMR 6118 Géosciences, Rennes, France ; (2) NIWA, Greta Point, Wellington, Nouvelle Zélande ; (3) Université de Canterbury, Christchurch, Nouvelle Zélande

La surface de la Terre est façonnée par l'action simultanée de paramètres physiques (température, pression, flux de matières...) liés à la fois à sa dynamique interne (convection mantellique, déformation de la croûte...) et à sa dynamique externe (ruissellement, courants océaniques et atmosphériques...). Ces évènements laissent une trace dans les sédiments qui la recouvrent. Ces archives contiennent non seulement l'enregistrement de l'histoire de la surface terrestre mais aussi l'essentiel des réserves en eau et en énergie fossile non renouvelable (hydrocarbures) de la Planète. La compréhension des modalités d'évolution de cette surface est un des défis majeurs du XXIe siècle déjà relevé dans le cadre de programmes de recherches internationaux, conduits par les États-Unis (MARGIN, STRATAFORM, etc.).

Les zones de rencontre entre les plaques lithosphériques sont des lieux particuliers où la dynamique interne peut être clairement observée, dans son interaction avec la dynamique externe. Ainsi, la topographie de la Marge Hikurangi, au droit de la côte est de l'Île du Nord de Nouvelle Zélande subit depuis 1 Ma une évolution constante (croissance d'une chaîne axiale et d'une chaine côtière), en réponse aux contraintes tectoniques et aux agents de remaniements de surface contrôlés par les variations climatiques induites par les alternances de phases glaciaires et interglaciaires. L'essentiel des produits de cette évolution est préservé dans deux bassins particulièrement subsidents: le bassin avant arc Hawkes Bay (500 m/Ma) et le bassin arrière arc de Wanganui (800 m/Ma).

L'analyse combinée des archives sédimentaires déposées dans ces bassins et des surfaces d'érosion préservées en mer et à terre, permet de décrire et de quantifier les variations à long terme des flux particulaires et dissous d'un réservoir à l'autre. Ainsi, nous mettons en relation les changements d'état de l'incision des rivières le long des chaînes montagneuses avec les séquences sédimentaires déposées dans les bassins de Hawkes Bay et de Wanganui, et les évènements catastrophiques que représentent les méga-avalanches sous-marines récentes de Ruatoria et Matakaoa (1000 km^3). Cette étude montre l'importance de la dynamique des transferts de surface à l'échelle géologique, qu'ils soient d'origine tectonique ou climatique, sur l'évolution de la topographie terrestre et l'estimation des risques naturels.

Morphologie des pentes externes du récif barrière de Nouvelle-Calédonie : Contrôle de l'eustatisme et de la néotectonique

Benoît FLAMAND (1), B. Pelletier (1), G. Cabioch (2), Y. Lagabrielle (3)

(1) IRD, UMR 6526 Géosciences Azur, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) IRD, UR 055 Paléotropique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(3) ISTEEM, UMR 5573, Université de Montpellier 2, France

Comme pour la plupart des autres récifs barrières au monde, la morphologie des pentes de celui de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie est restée jusqu'à présent méconnue.
Dans le cadre de programmes scientifiques de l'IRD et du programme ZoNéCo (Programme d'évaluation des ressources marines de la zone économique de Nouvelle-Calédonie), une étude bathymétrique systématique des pentes externes du récif barrière néocalédonien a été réalisée de -20 / -40 à -1,000 m, à l'aide du sondeur multifaisceaux SIMRAD EM 1002 installé sur le N/O IRD *Alis*. Mille trois cent kilomètres de pentes ont pu être ainsi cartographiés dans le détail.
L'analyse des cartes à différentes échelles (1/25 000 pour une analyse morpho tectonique régionale et 1/5000 pour une cartographie de détail) et des coupes bathymétriques, permet d'identifier un certain nombre de structures morphologiques attribuables à la trace d'anciens niveaux de la mer (anciens récifs, terrasses marines, plates-formes d'abrasion, pseudo-encoches). Suite à l'identification et à la datation des principales terrasses, la fluctuation de leur profondeur le long des pentes de la barrière donnera des informations sur les mouvements verticaux différentiels du pourtour de la Grande Terre. Quatre terrasses marines majeures ont pu être identifiés le long de la branche ouest de ce récif : à -100 m, -77 m, -60 m et -41 m.
Plusieurs hypothèses peuvent être avancées sur la nature et l'âge des ces terrasses. Une d'entre elles fait appel à notre connaissance des modalités de la dernière remontée de 120 à 130 m du niveau marin depuis 20 000 ans au cours de laquelle des accélérations et décélérations se sont produites. Ces niveaux pourraient correspondre respectivement pour les 2 premiers à des terrasses développées lors d'une première accélération vers 14 000 ans (Melt Water pulse 1A = MWP 1A), les 2 autres aux alentours de 11 000 ans. Cependant cette interprétation doit être confirmée par la datation des échantillons dragués en 7 zones de ce récif, mais en raison de la brièveté de ces événements et des morphologies majeures observées, une autre intérprétation plus plausible peut être avancée. Celle-ci est basée sur la connaissance que nous avons par forage de la structure interne du récif barrière et de la reconstitution de son histoire au cours des différents cycles glacio-eustatiques. Ce

récif est composé d'un empilement d'unités récifales s'étant formées lors des derniers interglaciaires (correspondant aux périodes "chaudes" de hauts niveaux marins). Entre chacune de ces phases de construction, lors des périodes glaciaires de bas niveaux marins, intervient une longue période d'émersion au cours de laquelle le récif émergé peut subir un certain nombre d'altérations amenant à la formation d'une surface d'émersion parfois très large. Ces surfaces sont retrouvées en forage sous forme de discontinuités mais marquent également de leur empreinte la topographie antérieure des récifs suivants: c'est la trace de ces surfaces que l'on retrouverait sur les pentes de la barrière, les constructions récifales des épisodes successifs modèlant cette topographie. Ainsi aux terrasses marines correspondraient des discontinuités significatives trouvées en forage: par exemple, à -40 m, une discontinuité attribuable à la limite entre les stades isotopiques 5 et 7; à -70 m, stades isotopiques 15 et 17. L'examen détaillé des discontinuités des forages et en face de ces derniers de la morphologie des pentes permettra d'établir une chronologie utilisable sur l'ensemble des pentes.

La poursuite des satellites par rayon laser à l'Observatoire géodésique de Tahiti

Keitapu MAAMAATUAIAHUTAPU

UPF/OGT/Laboratoire Terre-Océan, Papeete, Tahiti, Polynésie française

Grâce à la collaboration de plusieurs organismes (NASA, CNES, ESA, IGN, INSU-CNRS, UPF), Tahiti est devenu en 1997 un site de référence géodésique fondamentale pour la poursuite des satellites d'étude de la Terre à des fins océanographiques, géodynamiques et géophysiques grâce à l'installation d'une station de poursuite de satellites par laser. La pauvreté des points de référence géodésiques dans l'hémisphère sud comparativement à l'hémisphère nord et une position idéale au milieu du Pacifique Sud a fait naturellement de Tahiti un candidat de choix pour devenir un point de référence géodésique fondamentale. Un certain nombre d'applications des techniques spatiales aux Sciences de la Terre et de l'Océan nécessitent une détermination d'orbite de niveau centimétrique (pour des satellites à des distances comprises entre 300 et 30 000 km) qui implique une poursuite des satellites à partir de réseaux géodésiques de référence. Déterminer de manière précise la trajectoire de ces satellites permet en retour d'améliorer la précision du positionnement du site de référence, d'améliorer la connaissance du champ de gravité terrestre et de ses variations temporelles, ou de déterminer la surface topographique de la mer et sa variabilité. Cette détermination précise repose sur la mesure de la distance entre le point de mesure et le satellite à l'aide d'un faisceau laser.

Style structural des bassins sédimentaires à l'Ouest de la Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest) : Implications en terme de potentiel pétrolier

Yves LAFOY (1), I. Brodien (2), R. Vially (3), D. Buisson (4)

(1) Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) University of Utah, Salt Lake City, USA
(3) Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison, France
(4) Service des Méthodes Administratives et de l'Informatique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

L'origine des bassins de Fairway et de la Nouvelle-Calédonie, situés entre les rides de Lord Howe et de Norfolk – Nouvelle-Calédonie, demeure controversée. La nouvelle carte structurale de synthèse présentée nous permet d'interpréter :

- 1) le bassin de Fairway, caractérisé par un remplissage sédimentaire épais de 3 km, un réflecteur de type « Bottom Simulating Reflector », base probable d'hydrates de gaz et par des structures en dômes (diapirs ?) présentes au sein des dépôts du Crétacé, comme un bassin perché surmontant un socle de nature continentale amincie. Ce bassin représenterait la marge occidentale du bassin de Nouvelle-Calédonie ;
- 2) deux origines pour le bassin de la Nouvelle-Calédonie : a) le segment Nord, orienté NW-SE, caractérisé par une structuration en horst et graben, des dépôts d'une puissance de 8 km, et par des séries du Crétacé suffisamment épaisses pour avoir générer des hydrocarbures, est interprété comme étant de nature continentale amincie. Les dépôt-centres ayant migré vers l'ouest depuis le Crétacé, le système pétrolier individualisé à terre peut être prolongé en mer ; b) le segment Sud, orienté N-S, caractérisé par une ride enfouie parallèle, interprétée comme l'ancien axe d'accrétion du segment Sud, séparé de celui du Nord par la faille en échelon orientée SW-NE, centrée à 22°40'S, et qui aurait fonctionné comme une zone de découplage.

Les objectifs de la campagne ZoNéCo 11 (sept.-oct. 2004 à bord de *L'Atalante*) consistera à confirmer : 1) par sismique réfraction, l'origine continentale amincie du socle des bassins Nord Nouvelle-Calédonie et de Fairway ; b) la présence et la répartition du réflecteur de type BSR au sein du bassin de Fairway.

Tectonique active et aléa sismique à Futuna

Bernard PELLETIER (1), Y. Lagabrielle (2), G. Cabioch (3), S. Calmant (4), M. Régnier (1), R. Pillet (1)

(1) IRD, UMR Géosciences Azur, Nouméa, Nouvelle-Calédonie et Sophia Antipolis France
(2) CNRS, UMR LDL, ISTEEM, Montpellier, France
(3) IRD, UR Paléotropique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(4) IRD, UMR Légos, Toulouse, France

L'archipel de Futuna (îles de Futuna et d'Alofi), situé à proximité d'une des failles transformantes les plus actives du globe à la limite des plaques Australienne et Pacifique, est régulièrement soumis à de forts séismes superficiels et locaux, qui provoquent raz de marée et glissements de terrain. Suite au dernier séisme du 12 mars 1993 (Mw 6,4) qui a causé la mort de trois personnes et des dégâts importants, une étude pluridisciplinaire, combinant travaux à terre et en mer, est menée depuis 1998 sur la néotectonique et l'aléa sismique à Futuna, dans le cadre du Programme National sur les Risques Naturels. Les travaux réalisés et résultats obtenus sont les suivants :

(1) quantification des mouvements verticaux co-sismiques (de 0 à 50 cm de soulèvement) liés au séisme de 1993, grâce à l'étude de la morphologie du platier et des coraux le long des côtes des îles. Ceci permet une relocalisation de ce séisme (vers 5 km de profondeur, juste au sud de Futuna) en ajustant le modèle de dislocation aux données de terrain ;

(2) installation en 1999 d'un réseau de stations sismologiques (1 station large bande et 3 stations courtes périodes). La sismicité actuelle est restreinte à la partie nord-ouest de l'île et le long d'un linéament NE-SW à l'est de l'île. La répartition de la séismicité indique que la zone de rupture du séisme de 1993 est relativement silencieuse ;

(3) installation et suivi d'un réseau de sites et stations géodésiques (dont un récepteur GPS permanent et une balise Doris) depuis 1998-1999, ainsi qu'une campagne de nivellement le long de la côte de Futuna en collaboration avec le service topographique du territoire de Nouvelle-Calédonie. Les taux de déformation observés sont faibles (inférieurs au mm/an) et la longueur des séries temporelles est encore insuffisante pour permettre une modélisation fiable des déformations en termes d'accumulation de contraintes inter-sismiques ;

(4) identification des éléments structuraux autour des îles, suite à deux campagnes à la mer en octobre 1999 et mars 2000 du N.O. *L'Atalante*. Un centre d'accrétion actif, la dorsale de Futuna, a été découvert. Orientée N20 et allongée sur plus de 200 km depuis le nord des îles Fidji jusqu'au nord-ouest

de Futuna, sa vitesse d'ouverture est estimée à 4 cm par an. Une grande zone de faille, la faille transformante de Futuna marquée par une succession de sillons et de massifs, passe par l'archipel de Futuna et se raccorde perpendiculairement à la dorsale. Son jeu coulissant senestre est responsable de la structuration, du soulèvement et des tremblements de terre affectant l'archipel. Les îles forment en fait la partie émergée d'une ride sous-marine qui se prolonge sur 20 km au sud-est d'Alofi. Cette ride, arquée et affectée de nombreuses fractures NE-SW et NW-SE, correspond à une zone de relais compressif entre deux segments E-W de la faille transformante. La branche nord du segment oriental limite la ride au nord-est et se raccorde aux chevauchements frontaux à l'ouest de Futuna en isolant le bloc d'Alofi. Il est probable qu'un tel système se répète au sein même de Futuna, et que l'île soit affectée par des failles actives. Les données marines contribuent ainsi à l'étude de l'aléa sismique en replaçant les îles dans leur cadre structural, en quantifiant le mouvement coulissant au niveau de l'archipel (estimé à 4 cm/an au maximum) et, combinées aux données du soulèvement co-sismique à terre, en estimant le temps de récurrence d'un séisme destructeur du type de 1993 (de l'ordre de la centaine d'année).

Cartographie systématique par sondeur multifaisceaux des pentes externes du récif barrière de la Grande Terre et des Iles Loyauté, Nouvelle-Calédonie

Bernard PELLETIER (1), J. Perrier (1), F. Juffroy (2), B. Flamand (1), J.-Y. Panché (3), F. Gallois (3)

(1) IRD, UMR Géosciences Azur, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) SMAI, SGVL, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(3) IRD, US Moyen à la mer et opérations navales, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Ce programme de bathymétrie fait suite à la demande des différentes Provinces de la Nouvelle-Calédonie, qui ont sollicité l'IRD et l'utilisation de son navire *L'Alis*, basé à Nouméa et équipé d'un sondeur multifaisceaux EM1002 capable de sonder des fonds jusqu'à 1000 m de profondeur.
Les provinces souhaitant se doter d'outils pour développer l'activité de la pêche côtière profonde (100 à 700/800 mètres) ont décidé d'acquérir des cartes bathymétriques précises de leur zone côtière. Les zones cartographiées par le sondeur multifaisceaux EM12 du navire *L'Atalante* de l'IFREMER, lors de la campagne ZoNéCo 2 en août 1994 autour de la Grande Terre et des

îles Loyauté, ayant en général des profondeurs supérieures à 600-800 m voire 1000-1200 m, l'objectif du programme était donc de combler la bathymétrie de la zone manquante, de 1000 m de profondeur jusqu'au récif barrière (30-40 m) et de fournir des données permettant de dresser des cartes jusqu'au 1/25 000 (maille du MNT à 25 m).

Ce programme est réalisé dans le cadre du programme ZoNéCo, d'exploration de la zone économique de Nouvelle-Calédonie. Il est mené en collaboration entre l'IRD (l'antenne de Nouméa de l'UMR Géosciences Azur et l'US Moyen à la mer) et le service de la gestion et valorisation des données du programme ZoNéCo (SGVL) du SMAI. L'IRD a en charge l'acquisition des données, la SGVL, le nettoyage et restitution des données (cartes, MNT).

La cartographie de la zone côtière de la Province Nord, de Thio sur la côte est à Poya sur la côte ouest via le Grand Passage au nord, est terminée ; elle a nécessité trois campagnes réalisées en juillet-août 2002, février et mai 2003. Les produits ont été rendus à la Province Nord pour partie fin 2002 et en totalité fin 2003.

L'acquisition des données autour des îles Loyauté (Maré, Lifou, Ouvéa, Tiga, Beautemps Beaupré, Leliogat, Vauvillier) est également terminée. Trois campagnes ont été réalisées en mai et juillet 2003 et en janvier-février 2004. Les données sont au traitement et les cartes devraient être disponibles en 2004.

Le programme d'acquisition des données en Province Sud a débuté en janvier-février 2004 (de Thio à l'île des Pins). Deux autres campagnes sont programmées en novembre-décembre 2004 et courant 2005. Les produits et cartes seront délivrés courant ou fin 2005.

Des exemples de cartes sont présentés dans ce poster. Un atlas est prévu à la fin du programme. Ces données de base permettront d'aider de nombreux programmes dans des domaines variés comme les géosciences, l'océanographie, la pêche, l'écologie et la biodiversité.

Caractérisation de la déformation de l'archipel des Vanuatu par géodésie

Nicolas BERGEOT (1), M.-N. Bouin (2), S. Calmant (3), M. Régnier (4), B. Pelletier (5), P. Lebellegard (5), M. Diament (1)

(1) Laboratoire de Gravimétrie et Géodynamique, Département de Géophysique Spatiale et Planétaire (UMR IPGP-CNRS-P7 7096), Institut de Physique du Globe de Paris, France ; (2) Laboratoire de Recherche en Géodésie, Institut Géographique National, Marne-la-Vallée, France ; (3) Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales, UMR CNES-CNRS-IRD-UPS 5566, Observatoire de Midi-Pyrénées, Toulouse, France ; (4) Géosciences Azur, UMR CNRS-IRD-UNSA-UPMC, Sophia Antipolis, Valbonne, France ; (5) Laboratoire de Géologie-Géophysique, UR 082 - UMR Géosciences Azur 6526, Institut de Recherche pour le Développement, Nouméa

L'archipel des Vanuatu est un laboratoire naturel idéal pour l'étude de la déformation d'un arc insulaire et l'amélioration de la compréhension du cycle sismique. La collision de la Ride d'Entrecasteaux et du plateau Ouest Torrés avec la zone de subduction des Nouvelles-Hébrides au niveau des îles centrales des Vanuatu entraîne un blocage partiel de la subduction, un soulèvement des îles en avant et en arrière de l'arc estimé à plusieurs mm/an ainsi que de forts séismes récurrents de magnitude supérieure à 7.

Le réseau GPS dense mis en place dans la région depuis 1990 par l'équipe IRD de Nouméa a déjà permis de quantifier les déplacements horizontaux, mais les travaux précédents de quantification des mouvements verticaux ont été réalisés à partir d'études sur les terrasses récifales, réparties spatialement de façon hétérogène sur les îles centrales. La mise à notre disposition des données GPS nous permet de quantifier ces déplacements verticaux de manière homogène sur l'ensemble de l'arc. Pour cela, l'utilisation d'un logiciel scientifique, le développement d'une stratégie de traitement des données GPS ainsi que la mise en référence de manière soignée et homogène dans un système de référence mondial sont nécessaires à l'amélioration de la précision sur les positions des stations et plus particulièrement sur la composante verticale.

Des résultats préliminaires à partir de l'étude des séries temporelles de différents sites au sud de l'île d'Esperitu Santo nous permettent de confirmer la surrection de quelques mm/an des îles en avant de l'arc et de valider la méthode de traitement des données développée.

Ce travail n'est que la première étape d'une étude qui vise à contraindre l'élaboration de modèles de déformations sur la zone par combinaison de données de gravimétrie absolue qui seront acquises dans les années à venir, du réseau sismologique régional et d'autres méthodes géodésiques telles que les missions de gravimétrie spatiale.

Evolution des paysages et tectonique en soulèvement en contexte tropical : exemple de la Grande-Terre de Nouvelle-Calédonie

Violaine CHEVILLOTTE (1), D. Chardon (2)

(1) IRD, UR 037, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Centre Européen de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement, (UMR CNRS/IRD 6635), Université Aix-Marseille 3, Aix-en-Provence, France

Depuis plus de 30 Ma, l'ophiolite de Nouvelle-Calédonie subit les actions conjointes de l'altération et de mouvements tectonique verticaux. Les épisodes de surrection du soubassement de la Grande-Terre ont permis des abaissements relatifs du niveau de base, contrôlant par la même la dissection du relief insulaire par l'incision du réseau hydrographique et les modalités de son érosion mécanique. Parallèlement, les conditions climatiques tropicales ont permis le façonnement de surfaces morphologiques d'altération caractéristiques dont certaines sont fortement enrichies en nickel. Ces surfaces sont aujourd'hui préservées à différentes altitudes sur l'ophiolite (0 - 1600 m).
Notre travail vise à évaluer la part relative et les effets combinés des mouvements verticaux et de l'altération dans l'évolution du relief et la nature et la distribution des surfaces d'altération à l'échelle du sud de la Grande-Terre, ainsi que leurs rôles respectifs dans l'enrichissement en nickel des gisements à valeur économique. Les méthodes combinées de la géomorphologie et de la géologie des altérations (levés de terrain, cartographie assistée par SIG, etc.) permet de reconnaître la séquence et les modalités de mise en place des surfaces d'altération qui semblent devoir être essentiellement contrôlées par les aléas du soulèvement de la Grande-Terre (variations de la vitesse de surrection, périodes de quiescence, mouvements négatifs). En effet, si les processus intrinsèques d'altération paraissent ne pas avoir varié de façon remarquable au cours du temps, la genèse et le remaniement des formations latéritiques est tributaire des régimes d'incision et d'érosion mécanique qui se sont succédés au cours des 30 derniers millions d'années. Trois grandes étapes sont distinguées : une première période dominée par des épisodes de surrections aboutissant au démantèlement de surfaces hautes et anciennes ; une seconde période marquée par un soulèvement stationnaire permettant à l'altération de développer d'épaisses formations latéritiques particulièrement matures sur des surfaces de versant à forte extension altitudinale ; une troisième période s'initie lorsque les mouvements verticaux positifs diminuent en magnitude et en vitesse ou marquent des arrêts favorisant la mise en place de grandes surfaces d'aplanissement et leur altération subséquente.
Nos résultats, corrélés aux observations de sites miniers, permettent d'envi-

sager un modèle métallogénique pour le nickel supergène de Nouvelle-Calédonie, sur des bases essentiellement morphotectoniques, ainsi qu'un potentiel guide de prospection. Les travaux en cours (stratigraphie, géomorphologie quantitative) ont pour but de préciser les taux de dénudation et d'incision contemporains du soulèvement de l'île, en relation avec les grands stades morphologiques reconnus.

Evolution géomorphologique de l'avant-pays du Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie durant les derniers cycles glaciaires

Violaine CHEVILLOTTE (1), P. Douillet (2), G. Cabioch (3), Y. Lafoy (4), Y. Lagabrielle (5), P. Maurizot (6)

(1) IRD, UMR CNRS 6635 et UMR IRD 161, Nouméa, Nouvelle-Calédonie (2) IRD, UR 103 Camélia, Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; (3) IRD, UR055 Paléotropique, Nouméa cedex, Nouvelle-Calédonie ; (4) Service des Mines et de l'Energie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; (5) UMR 5573, Laboratoire Dynamique de la Lithosphère, ISTEEM - USTL, Montpellier, France ; (6) Bureau de Recherche Géologique et Minière, SME, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Nous présentons les résultats de l'analyse morphologique d'une compilation cartographique réalisée par fusion de modèle numérique de terrain marin et terrestre du sud de la Nouvelle-Calédonie. Le but de l'étude est de préciser l'évolution morphotectonique Quaternaire du lagon sud-ouest en relation avec celle de l'avant pays émergé. Le MNT marin a été obtenu par interpolation de points de mesure de sonde provenant des minutes de bathymétrie. Nous confirmons que la morphologie visible dans la bathymétrie actuelle du lagon (profondeur moyenne 20 mètres), résulte d'une évolution hydrographique aérienne en période de bas niveau marin. L'ennoiement de ce domaine est très récent (deux cycles glaciaires probablement). Deux paléo-réseaux hydrographiques sont mis en évidence s'écoulant parallèlement puis perpendiculairement à l'axe actuel de l'île. Les relations géométriques entre les paléo-fleuves, lacs et rivières ennoyés suggèrent un contrôle structural et des modifications de sens d'écoulement en relation avec une tectonique active récente.

Le réseau SPRINGY
Southwest Pacific Regional Integrated Network for GeophYsic

Pierre LEBELLEGARD (1), R. Pillet (1), M. Régnier (2), J.-M. Devaux (3), C. Baldassari (3), J.-L. Laurent (3) et E. Garaebiti (4)

(1) IRD, UMR Géosciences Azur, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) IRD, UMR Géosciences Azur, Valbonne, France
(3) IRD, US Observatoire, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(4) Service des Mines et de la Géologie, Port Vila, Vanuatu

Le Pacifique Sud-Ouest est une région où l'activité tectonique est particulièrement importante. Environ 30 % de la sismicité mondiale se concentre dans cette région et les vitesses de convergence des plaques sont les plus rapides au monde (jusqu'à 24 cm/an au Nord Tonga).
Cependant, c'est aussi la région où la sismicité est la moins bien connue. Les localisations sont de mauvaise qualité et le seuil de détection est particulièrement élevé (magnitude 4,8). Le nombre insuffisant de stations locales utilisées pour la détermination des séismes régionaux nuit à la qualité et à la quantité des épicentres.
Afin d'améliorer la compréhension de la néo-tectonique et la connaissance des structures, l'IRD a proposé un projet de réseau géophysique pour le Pacifique Sud-Ouest à l'occasion d'un symposium à Wellington en juillet 2002. Cette collaboration avec la Nouvelle-Zélande a été rapidement élargie aux autres pays de la zone (Vanuatu, Fidji, Tonga et Australie) et à des partenaires tel que le Japon qui a une collaboration forte avec Fidji et Tonga.
Le groupe de travail SPRINGY a pour objectif de développer un réseau de surveillance sismique et géodésique dans la région, en fédérant les réseaux et observatoires existants, en organisant la diffusion des données en temps quasi-réel et en incitant l'implantation de nouvelles stations.
Cette collaboration multilatérale (une dizaine de partenaires potentiels) devrait contribuer à générer dans la région une dynamique favorable à la recherche scientifique dans le domaine des sciences de la Terre, en stimulant la coopération régionale et internationale et en donnant accès à des banques de données sismologique et géodésique de haute qualité.

Étude de l'aléa sismique dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie

Robert PILLET (1), P. Lebellegard (1), B. Pelletier (1), Y. Lagabrielle (2), M. Régnier (3), J.-M. Devaux (4), C. Baldassari (4), J.-L. Laurent (4), C. Brunet de la Grange (4)

(1) IRD, UMR Géosciences Azur, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) CNRS, UMR 5573, ISTEEM, Montpellier, France
(3) IRD, UMR Géosciences Azur, Valbonne, France
(4) IRD, US Observatoire, Nouvelle-Calédonie

La sismicité historique de la Nouvelle-Calédonie (environ un siècle d'information) fait état, en dehors des séismes de la zone de subduction du Vanuatu, d'une vingtaine de séismes locaux, ressentis sur la Grande Terre. Certains ont même causé quelques petits dégâts sur la côte Est.

Les épicentres déterminés par les organismes mondiaux (NEIC, ISC) se répartissent en trois zones : au Nord-Ouest de la Nouvelle-Calédonie (sur la bordure orientale de la Ride de Fairway et sur la bordure nord-ouest de la Grande Terre), sur la bordure Est de la Grande Terre (Poindimié, Canala) et au Sud. Cette dernière zone est située à environ 60 km de Nouméa ; deux séismes de magnitude 5,6 et 5,1 ont été fortement ressentis à Nouméa en 1990 et 1991.

Les études de la sismicité du Sud de la Grande Terre, entreprises par Louat (1977) et surtout Régnier (1999) établissent les premières cartes de sismicité de cette zone et confirment une activité sismique non négligeable autour de la capitale, dans la chaîne au nord de Nouméa et dans le lagon Sud dans la région de l'îlot Mato.

La reconnaissance et l'étude des failles actives à terre (Lagabrielle *et al.*) et en mer (Le Roy *et al.*), ainsi que la connaissance de la sismicité sont des préalables incontournables à l'étude de l'aléa sismique. Il est souhaitable que le réseau sismologique du Sud de la Nouvelle-Calédonie, actuellement constitué de deux stations, soit développé. Le projet d'installation de trois appareils de mesure du RAP (Réseau Accélérométrique Permanent), l'installation d'un accéléromètre sur le site du barrage hydro-électrique de Yaté et la réouverture de la cave sismique du Ouen Toro (quartier sud de Nouméa) permettront une meilleure localisation des séismes et une connaissance des accélérations ressenties à la suite de forts séismes. Les nouvelles méthodes de détermination épicentrale (doublet et double-différence), améliorant d'un facteur 10 la précision de la localisation (100 fois dans le cas des doublets, mais seulement 10 % des cas) par rapport aux méthodes classiques, permettront de positionner plus précisément les épicentres sur les failles actives.

La subduction et la sismicité des Nouvelles-Hébrides : le réseau sismo-géodésique CAVASCOPE

Robert PILLET (1), P. Lebellegard (1), B. Pelletier (1), S. Calmant (2), M. Régnier (3), J.-M. Devaux (4), C. Baldassari (4), J.-L. Laurent (4), C. Brunet de la Grange (4), E. Garaebiti (5), S. Jimmykoné (5, D. Nakedau (5), J.-C. Willy (5)

(1) IRD, UMR Géosciences Azur, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) IRD, LEGOS, Toulouse, France
(3) IRS, UMR Géosciences Azur, Valbonne, France
(4) IRD, US Observatoire, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(5) Service des Mines et de la Géologie, Port Vila, Vanuatu

L'Arc des Nouvelles-Hébrides est le lieu de la subduction de la plaque Australienne sous les Îles du Vanuatu, bordure ouest du Bassin Nord-Fidjien. Les vitesses de convergence mesurées par la géodésie spatiale (GPS) varient de 4 à 12 cm/an. Les séismes associés à ces déplacements rapides se répartissent de la surface jusqu'à 260 km de profondeur. En moyenne, deux séismes de magnitude supérieure à 7 se produisent chaque année le long de l'arc. L'analyse de la sismicité indique que la magnitude maximale probable est estimée entre 8,3 à 8,6 en fonction des différents segments le long de l'arc.

L'IRD et ses partenaires maintiennent 4 stations GPS permanentes et 6 stations sismologiques large bande à travers la zone de subduction, en Nouvelle-Calédonie et au Vanuatu, ce qui constitue le réseau CAVASCOPE. Une bonne partie de ces enregistrements est transmise en temps quasi réel au centre de Nouméa. A terme il est prévu que toutes les données soient immédiatement disponibles, à travers le réseau Internet avec une procédure d'échange standard (autodrm), pour nos collègues de l'UMR Géosciences Azur et pour nos collaborateurs, en particulier, ceux du réseau SPRINGY (voir poster).

Les très fortes vitesses de convergence, la sismicité associée et la présence de ce réseau font de cette région un laboratoire exceptionnel pour les études de l'aléa sismique. Les recherches sont surtout orientées vers l'étude des forts séismes. Plusieurs cas sont présentés : le séisme d'Ambrym (M. 7.5 en novembre 1999) qui a fortement soulevé l'arrière-arc, celui de Vaté (M. 7.2 en janvier 2002) qui, lié au glissement de la plaque Australienne, a causé de gros dommages à la capitale, et la crise sismique au sud de l'arc (8 séismes supérieurs à la magnitude 6 en décembre 2003 et janvier 2004) associée à l'entrée en subduction de la ride des Loyauté.

Fluage du manteau sous la Polynésie française : premiers résultats de l'expérience PLUME

Fabrice FONTAINE (1), G. Barruol (1,2), D. Reymond (3)

(1) Laboratoire de Tectonophysique, Université Montpellier II, CNRS, France,
(2) Laboratoire Terre Océan, Université de la Polynésie Française, Tahiti
(3) Laboratoire de Géophysique, CEA, Pamatai, Faaa, Tahiti

Dans le cadre de l'expérience PLUME (Polynesian Lithosphere and Upper Mantle Experiment), nous avons déployé depuis fin 2001 et jusqu'en 2005 un réseau temporaire de 10 stations sismologiques du « Réseau Large Bande Mobile » de l'INSU. Ces stations complètent la couverture fournie par les stations permanentes des réseaux IRIS, Geoscope et du CEA et échantillonnent des lithosphères âgées de 30 à 100 Ma ainsi que 2 zones de fracture (Marquises et Australes).

L'objectif du projet PLUME est d'étudier la structure et la dynamique du manteau océanique sous la Polynésie française, d'imager la géométrie des points chauds dans le manteau supérieur ainsi que leurs interactions avec la lithosphère océanique. Les données enregistrées sont utilisées pour l'imagerie tomographique, mais permettent aussi de cartographier la déformation du manteau, grâce aux mesures d'anisotropie. Le manteau supérieur est composé en grande partie d'olivine dont les cristaux se déforment de façon plastique pour accommoder les mouvements dans le manteau (déplacement de la lithosphère, mouvements de convections,...). Cette déformation génère des orientations préférentielles des cristaux et chacun ayant des propriétés élastiques anisotropes, le manteau développe une anisotropie sismique à grande échelle, qui peut être mesurée grâce au phénomène de biréfringence des ondes de cisaillement ou bien grâce à la déviation de la polarisation des ondes de compression.

Nous présentons des observations préliminaires de déphasage d'ondes de cisaillement télésismiques (SKS, SKKS). La Polynésie française est dans une situation géométrique très défavorable à ces mesures car les stations doivent être à des distances épicentrales supérieures à 85°. Les évènements utilisables sont donc essentiellement localisés dans les subductions de l'ouest Pacifique et arrivent en Polynésie selon des backazimuts NW et ne montrent souvent pas d'évidence de polarisation. Malgré ces limitations, nous avons mis en évidence de l'anisotropie sous la plupart des stations. Les directions de polarisation des ondes rapides sont globalement orientées NW-SE, c'est à dire parallèlement au vecteur déplacement de la plaque Pacifique et les déphasages sont généralement compris entre 1 et 2 s. Aucune anisotropie n'est mise en évidence sous l'île de Tahiti et cela pourrait être lié à différents

facteurs : i) orientation des axes « a » de l'olivine proche de la verticale, ii) fabrique pénétrative du manteau effacée par le point chaud de la Société, iii) trop forte hétérogénéité du manteau induite par le panache mantellique.
Afin de pallier aux limitations géométriques des ondes SKS, nous avons développé des outils pour quantifier les déviations de polarisation des ondes P. Dans un milieu anisotrope, les ondes P sont polarisées avec une légère obliquité par rapport à la direction de propagation. La confrontation de cette déviation pour différents backazimuts avec des modèles de déformation du manteau peut ainsi fournir de précieux renseignements sur le fluage du manteau supérieur sous les stations. Les avantages de cette méthode sont multiples : i) possibilité d'intégrer beaucoup plus de données car les séismes entre 10 et 90° peuvent être utilisés, ii) échantillonnage latéral du manteau, complémentaire des phases SKS, iii) possibilité de localiser verticalement l'anisotropie en analysant les déviations dans différentes fenêtres fréquentielles.

Le risque des lahars sur l'île d'Ambae (Aoba), Vanuatu

Philipson BANI (1,2), M. Lardy (2), I. Rouet (1,2), E. Garaebiti (3)

(1) IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) LGPMC-UNC, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(3) Department of Geology, Mine and Water Resources, Port Vila, Vanuatu

L'île d'Ambae est le volcan le plus volumineux de l'arc du Vanuatu avec 3900 m de hauteur depuis le plancher océanique. Sa partie émergée, allongée selon la direction NE-SO, couvre une surface d'environ 400 km^2. L'île est caractérisée au centre par un cône pyroclastique qui culmine à 1500 m. Le sommet de ce cône adopte la forme de deux caldeiras concentriques au milieu desquelles persistent trois lacs : deux lacs de cratère dont l'un acide (Voui, pH 1,2) et l'autre périodiquement asséché (Manaro Ngoro), ainsi qu'un lac de barrage naturel (Manaro Lakua). On estime à plus de 100 millions de m^3 la quantité d'eau accumulée au sommet de ce volcan. En sommeil pendant plus de trois siècles, le volcan d'Ambae, dont la reprise d'activité a été signalée au début des années 90, est aujourd'hui l'un des volcans les plus menaçants du Vanuatu. Les 12 000 habitants d'Ambae vivent sur la partie centrale de l'île, une zone estimée dangereuse sur la carte de menaces éditée en 1995.

Pour préciser le risque lié à la reprise de l'activité volcanique, notamment les risques associés aux lahars, un modèle basé sur un MNA (Modèle Numérique d'Altitude) est proposé. Un débordement des deux lacs, à plus de 1450 m d'altitude, en terrains pyroclastiques peut générer des lahars dévastateurs pouvant aller jusqu'à la mer comme cela a été déjà observé dans le passé. D'autre part, ce type d'aléa pourrait également être déclenché par des pluies tropicales intenses. Le modèle MNA a permis une meilleure délimitation des zones à risques, quelque soit le phénomène déclencheur, puis la détermination des zones habitées qui sont les plus menacées. Ces résultats permettent de proposer une nouvelle carte des risques qui prend mieux en compte la morphologie de l'île.

Surveillance et étude de phénomènes précurseurs et associés à l'activité du Volcan Yasur (île de Tanna, Vanuatu)

Michel LARDY (1), P. Bani (1,2), J. Tabbagh (3), P.-J. Gauthier (4), S. Vergniolle (5), T. Kanas (6), D. Charley (7), D. Legrand (8)

(1) IRD, UMR Magma et volcans, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) LGPMC-UNC, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(3) Département de Géophysique Appliquée, UMPC, Paris, France
(4) UMR Magma et volcans, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France
(5) IPGP, Paris, France
(6) Land Survey Department, Port Vila, Vanuatu
(7) Department of Geology, Mine and Water Resources, Port Vila, Vanuatu
(8) Université de Santiago, Chili

L'activité volcanique de Tanna qui a commencé il y a plus de 3 millions d'années dans le nord de l'île se limite aujourd'hui au complexe du Yenkahe siège d'un important soulèvement (150 m depuis 1000 ans). L'ensemble du bloc soulevé (dôme résurgent de 6x2 km^2) du Yenkahe est caractérisé :
- principalement à sa périphérie par le développement d'un vaste système hydrothermal composé de fumerolles et de sources chaudes ;
- à l'ouest par une activité volcanique intense au niveau du cône du Yasur qui se manifeste par une activité strombolienne à vulcanienne caractérisée par l'émission de lave associée à un dégazage continu.

Différentes mesures géophysiques et géochimiques sont réalisées depuis plusieurs années sur le Yasur et autour du Yenkahe. Elles sont pour certaines transmises et traitées en temps réel (sismicité), d'autres sont acquises et mémorisées sur place et prélevées environ tous les trois mois (sismologie large bande, mesures acoustiques, flux de chaleur). Enfin certaines sont réitérées à l'occasion de missions (sismologie, radionucléides, SO_2, GPS, PS, prélèvements d'échantillons).

Nous avons pu mettre en évidence la variabilité des cycles d'activités du Yasur observés depuis plus de 10 ans à l'aide des mesures permanentes de sismicité télémétrées en temps réel. L'enregistrement continu des explosions par un micro-barographe (acoustique) permet à partir de l'étude des formes d'ondes de déterminer des grandeurs caractéristiques des phases stromboliennes (surpressions et longueurs de bulles) et d'accéder à des volumes et des flux de gaz émis en surface. Quantifier les signaux sismologiques basse fréquence associés généralement aux mouvements de fluide (magma, eau, gaz) permet de les corréler aux changements de dynamisme éruptif. La présence du magma près de la surface en 2002 (importante activité) a généré des flux de chaleur qui prennent en compte les transferts par conduction et

convection (fractures) et mesurés par des anomalies de températures à faible profondeur (profils de sondes thermométriques) et en surface (mesures thermiques par satellites). Des mesures de surrection ont permis de mettre en évidence une forte élévation du bloc Yenkahe (environ 20 cm) au cours de l'année 2002. Les mesures de SO_2 (spectromètres COSPEC et DOAS) libéré par le Yasur dans l'atmosphère confirme que ce volcan est un important émetteur de gaz, équivalent du Stromboli) avec un flux moyen de 500 tonnes/jour (mesures 1999 et 2004).

L'ensemble de ces premiers résultats qui associent le croisement de méthodes géophysiques et géochimiques devraient permettre de mieux comprendre le fonctionnement du complexe du Yenkahe, son évolution, voire d'appréhender son dynamisme éruptif.

Quantification de la houle dans le Pacifique Sud à partir de données sismologiques et infrasoniques

Guilhem BARRUOL (1,2), D. Reymond (3), F. Fontaine (1), O. Hyvernaud (3), V. Maurer (3), K. Maamaatuaiahutapu (2)

(1) Laboratoire de Tectonophysique, CNRS, Univ. Montpellier II, Montpellier, France

(2) Laboratoire Terre-Océan, Université de Polynésie française, Faaa Aéroport, Tahiti, Polynésie française.

(3) Laboratoire de Géophysique, Commissariat à l'énergie atomique, Pamatai, Tahiti, Polynésie française

Dans le cadre du projet PLUME (Polynesian Lithosphere and Upper Mantle Experiment), un réseau temporaire de stations sismologiques large bande a été déployé depuis fin 2001 en Polynésie française pour étudier la structure et la dynamique du manteau supérieur océanique en liaison avec les points chauds qui affectent cette région de la plaque Pacifique.

Toutes ces stations installées sur des îles hautes ou sur des atolls sont affectées par un important bruit de fond microsismique lié à la houle. Les analyses spectrales de ce bruit de fond mettent en évidence un pic de bruit dans les fréquences de 0.05 à 0,09 Hz (c'est à dire pour les périodes de 11 à 20 s), qui correspondent aux fréquences typiques de la houle. L'analyse des mouvements du sol montre que ce bruit est de forme elliptique et essentiellement contenu dans le plan horizontal. Nous avons développé des outils pour effectuer des mesures quasi-continues de l'amplitude et de l'azimut de ce bruit de fond. Nous montrons que, dans cette gamme de fréquence, l'amplitude du bruit de fond microsismique varie de façon très semblable de stations en stations. Par ailleurs, en comparant nos observations aux amplitudes et azimuts de houle prédites par les modèles de la NOAA (modèles WaveWatchIII), nous montrons que l'amplitude du bruit de fond microsismique se corrèle très bien à l'amplitude prédite de la houle. Nous montrons par contre que les azimuts déduits des données sismologiques doivent être considérés avec soin car la vibration des îles est souvent influencée par leurs formes anisométriques qui peuvent induire de fortes réfractions de la houle. Nous démontrons toutefois que certaines stations comme celle de Tahiti ou sur certains atolls de forme circulaires permettent de remonter de façon fiable aux deux paramètres qui caractérisent la houle, c'est à dire son amplitude et sa direction, offrant ainsi un moyen indirect de quantifier et de suivre les épisodes de houle dans le Pacifique sud.

De façon similaire, nous avons profité de la présence d'un réseau infrasons installé sur l'île de Tahiti par le CEA dans le cadre du CTBT pour analyser

l'influence de la houle sur le bruit de fond microbarométrique. Nous mettons clairement en évidence une corrélation entre l'amplitude de la houle et l'amplitude des ondes de pressions atmosphériques enregistrées par ce réseau infrason et démontrons que ces données microbarométriques peuvent être aussi utilisées pour quantifier l'amplitude de la houle. Une des limitations de cette technique est que les mesures doivent être effectuées durant des périodes peu ventées et que la direction de propagation de la houle ne peut pas être retrouvée dans les infrasons.

Le système d'alerte aux tsunamis opérationnel en Polynésie

Dominique REYMOND, O. Hyvernaud

CEA, DASE, Laboratoire de Géophysique, Papeete, Tahiti, Polynésie française

La prévention des tsunamis en Polynésie est basée sur un système d'alerte aux forts séismes ; ce système, du nom de TREMORS, analyse en temps réel les données sismiques d'une station 3 composantes, avec un système de détection automatique. Lorsqu'un séisme est détecté, ce dernier est automatiquement localisé et un calcul de magnitude est effectué. Au-delà de magnitude 7,0 une alarme est envoyée au personnel d'astreinte, via le réseau de téléphone GSM. Le LDG/Pamatai peut initier une alerte à la Direction de la Protection Civile, si le séisme présente un danger pour une partie de la Polynésie. Toutes les actions à suivre, et les différents niveaux d'alertes ont été codifiées dans le cadre du nouveau PSS tsunami (Plan de Secours Spécialisé), qui remplace une annexe du plan ORSEC.

Une estimation de la hauteur du tsunami attendu dans le port de Papeete, est donnée à la Protection Civile, avec une fourchette d'amplitude, à partir d'une fonction liant l'amplitude du tsunami et la magnitude du séisme. Cette relation expérimentale a été établie au cours des 40 dernières années de mesures de tsunami avec le marégraphe de Papeete. Dans le but d'établir une relation expérimentale similaire, un marégraphe a été installé en 2002 aux Îles Marquises, cet archipel étant concerné par le danger de tsunami le plus important de Polynésie.

La Polynésie est principalement concernée par le risque de tsunami générés par les grands séismes du pourtour du Pacifique, avec des temps de propagations variant entre 2h30 (région des Tonga Samoa) et 11h-12h (tout le pourtour du Pacifique).

Une alerte peut être confirmée ou, au contraire, levée à tout moment en fonction des informations qui nous parviennent : données marégraphiques, bulletins sismiques et tsunamis internationaux, mesures et données sismiques supplémentaires, affinage de la localisation, etc.

Risque tsunami et évaluation rapide du mécanisme au foyer : le projet PDFM (Preliminary Determination of Focal Mechanism)

Dominique REYMOND (1), E. A. Okal (2)

(1) CEA, DASE, Laboratoire de Géophysique, Papeete, Tahiti, French Polynesia
(2) Department. of Geological Sciences, Northwestern University, Evanston, IL, USA

Une méthode d'inversion rapide du tenseur des moments sismiques a été développée et mise en opérationnel au LDG/Pamatai, dans le but d'obtenir une estimation précise de la source sismique dans un contexte d'alerte tsunami ; donc dans un soucis de rapidité et d'efficacité, avec production d'une solution focale dans les 2 heures qui suivent le séisme. Cette méthode est implémentée dans le domaine des fréquences et utilise le module des amplitudes spectrales des ondes de surfaces (Ondes de Rayleigh et de Love, y compris les passages multiples). Elle est particulièrement robuste par rapport aux erreurs de localisations, donc dans un contexte d'alerte, où une localisation précise n'a pas encore été publiée, d'autre part cette méthode ne nécessite pas d'obtenir les données de plusieurs dizaines de stations sismiques et fonctionne avec un nombre restreint de stations (toujours dans un contexte d'alerte).
Depuis le démarrage du projet en 1997, une centaine de solutions focales ont été calculées, avec un accord satisfaisant par rapport aux autres mécanismes publiés (Harvard, USGS, ERI. etc.).
Les résultats sont publiés et disponibles sur le site internet du CSEM (Centre Sismique Euro Méditerranéen (www.emsc-csem.org)) dans la rubrique Focal Mechanisms.

L'aléa tsunami aux Marquises

François SCHINDELE (1), H. Hebert (1), D. Reymond (2)

(1) CEA, DASE, Bruyères le Châtel, France
(2) CEA, DASE, Laboratoire de Géophysique, Papeete, Tahiti, Polynésie française

Les îles Marquises sont, en Polynésie française, l'archipel où l'aléa tsunami est le plus élevé. Historiquement, les tsunamis observés ont été les plus destructeurs. Tous ces évènement ont pour origine un séisme situé dans une des zones de subduction du Pacifique. Cinq évènements catastrophiques ont été relatés en détail dont celui de 1946 (des Aléoutiennes) et celui de 1960 (du Chili) qui ont provoqué des dégâts et des victimes dans une grande partie du Pacifique.

Récemment en 1995 et en 1996, deux tsunamis d'origine sismique sud-américaine ont été également observés aux Marquises et ont provoqué des dégâts. Les séismes à l'origine de ces évènements étaient de magnitude d'un ordre de grande inférieur aux précédents. Il est à noter qu'en dehors de la zone de l'épicentre, les Marquises ont été les seules îles touchées par ces deux tsunamis.

Les quatre évènements (1946, 1960, 1995 et 1996) seront présentés en détail. L'apport de la modélisation numérique à la compréhension du phénomène, ainsi que les corrélations entre les observations et les résultats numériques seront présentés.

Tsunami d'origine locale aux Marquises : effondrement de falaise à Fatu-Hiva (1999)

Hélène HEBERT (1), F. Schindele (1), D. Reymond (2)

(1) CEA, DASE, Bruyères le Châtel, France

(2) CEA, DASE, Laboratoire de Géophysique, Papeete, Tahiti, Polynésie française

En Polynésie française, les Marquises sont particulièrement exposées à l'amplification des tsunamis générés sur le pourtour Pacifique, du fait de pentes sous-marines modérées et de l'ouverture sur le large, sans protection récifale, de la plupart des baies habitées. Les baies sont également exposées au risque tsunami local, comme en témoigne l'événement de 1999 à Fatu Hiva. Le 13 septembre 1999, la baie d'Omoa a été atteinte par une série de vagues de 2 à 5 m de haut : plusieurs constructions proches du rivage, dont l'école, ont été inondées et endommagées. Les observations recueillies à la suite du tsunami ont révélé un effondrement récent dans la mer d'une falaise de 300x 300 m, sur une épaisseur de 20 m environ, situé au sud de l'île à environ 5 km de la baie. Cet effondrement était très probablement à l'origine du tsunami observé à Omoa : la falaise avait été observée intacte 45 minutes avant l'arrivée des vagues.

Nous avons simulé la génération d'un tsunami dû à l'effondrement d'une falaise, en utilisant les modèles par différences finies qui traite le glissement comme un écoulement fluide d'un matériau granulaire. La modélisation montre qu'un volume de 0, 0024-km^3 localisé à l'endroit supposé de l'effondrement rend bien compte des vagues observées à Omoa. L'amplification particulière à Omoa est reliée à un piégeage des vagues le long de la côte, où un plateau sous-marin de faible profondeur (< 200 m) entourant l'île constitue un milieu à faible vitesse de propagation. Ces résultats montrent que le risque local devrait être pris en compte dans l'évaluation et la gestion des risques dans cette région, où des effondrement historiques ont déjà été rapportés et devraient encore se produire dans le futur.

Spécificité des mécanismes controlant les mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie

Isabelle ROUET (1,4), P. Maurizot (2), Y. Lafoy (3), M. Allenbach (1), B. Robineau (4)

(1) LGPMC, Université de la Nouvelle-Calédonie
(2) Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Nouvelle-Calédonie
(3) Direction de l'Industrie, des Mines et de L'Energie de la Nouvelle-Calédonie
(4) UR037, Institut de Recherche pour le Développement, Centre de Nouméa

Pays montagneux à forte pluviométrie de la région sud-ouest pacifique, la Nouvelle-Calédonie est couramment le siège d'aléas géologiques.
Depuis 5 ans, les études DIMENC - BRGM montrent que les aléas les plus importants s'expriment dans les massifs péridotitiques perchés, intensément altérés et fracturés qui constituent la spécificité de la géologie néocalédonienne. Une typologie des désordres a été établie. Les efforts de recherche (UNC-IRD) portent aujourd'hui sur les différents facteurs permanents et mécanismes contrôlant les désordres actuels en domaine ophiolitique, à partir de plusieurs types de données: géologie, géomorphologie, imagerie aérienne et satellitaire, modèles numériques de terrain et dérivés, mesures instrumentales. Le couplage de l'interprétation géologique et des analyses diachrones multi-échelles montre que la structure tectonique et l'altération en milieu tropical exercent un double contrôle sur l'évolution des roches ultrabasiques depuis leur obduction. En particulier, sont mises en évidence des paléomorphologies résultant de mouvements gravitaires majeurs, dont la remobilisation locale engendre les désordres actuels et exprime ainsi la continuité dans le temps de la dynamique des phénomènes.
La compréhension des aspects fondamentaux de la dynamique des versants néocalédoniens passe par une recherche pluridisciplinaire, dont la base doit rester malgré tout l'approche géologique: actualisation des données géologiques, acquisition de nouvelles données spatialisées (géologie, hydrologie, hydrogéologie, pédologie...), instrumentalisation de sites associée à un suivi à long terme.

Is Sea Level Rising or Falling in the Pacific Region? [Sea Level Trends from 12 years Land-based Data]

Than AUNG (1) and C. Kaluwin (2)

(1) University of the South Pacific, Suva, Fiji (aung_t@usp.ac.fj)
(2) Australian Marine Science & Technology Ltd, Suva, Fiji (amsatck@connect.com.fj)

In order to monitor greenhouse related rising sea level in the Pacific region an array of climate and sea level observatories has been established in 12 different Pacific island countries since 1991. The Project is funded by *AusAID* and managed by Australian Marine Science and Technology. The equipment used in the project is capable of observing sea level every six minutes with an accuracy of one millimetre and telemetering that data along with meteorological observations daily to the project base in Australia. Using the project data, the most recent sea level trends over the last decade have been calculated and that will be highlighted along with the measurements of the vertical land movement of the stations. In addition to conventional surveying data, 10 CGPS stations have also been set up since 2001 to monitor the vertical land movement more accurately. An emphasis will also be made on understanding the difference between project results of *relative sea level* and the forecasted rates of *absolute sea level* rise given by the IPCC Third Assessment Report.

From the analysis of decade long data, it is clearly evident that the global average of sea level trends, 1-2 mm per year is not representing the regional and local trends in the region. As an example, the sea level trends in Tonga area for the last 12 years have always been ~20 mm y^{-1} and it is more than ten times higher than the global average. In addition to ever changing sea level trends, the influences of the severe El Niño of 1997-98 on sea level will be also discussed using the barometric pressure anomalies from the Pacific region. The parallel responsibility of presenting the most responsible scientific forecast of the risks of global warming to the Pacific islands has led to a series of others tasks. These include the development of tidal prediction model; storm surge model and production of curriculum modules for the schools covering both the physical sciences and the social impacts of climate change.

Redistribution zonale et meridienne de masse aux echelles ENSO et decennale dans le Pacifique tropical

Gael ALORY (1, 2), T. Delcroix (2), S. Cravatte (3), T. Izumo (2), K. Rodgers (3)

(1) Université de Nouvelle-Calédonie
(2) IRD, Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiale, Toulouse, France
(3) Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie, Paris, France

Les deux principaux modes de variabilité interannuelle du Pacifique tropical en niveau de la mer et vent sont mis en évidence à l'aide de données satellitaires sur la période 1993-1999 et d'un modèle linéaire forcé par les vents *in situ* sur la période 1964-1999. Le premier mode, caractéristique d'ENSO, consiste en un basculement zonal de niveau de la mer autour de la longitude 180°, associé à des anomalies équatoriales de vent zonal à la même longitude. Il est essentiellement lié à des transports zonaux. Le second mode consiste en un basculement méridien de niveau de la mer autour de la latitude 5°N, associé à des anomalies de vent zonal de signe opposé dans le nord-ouest et le sud-est du Pacifique tropical. Ce second mode, statistiquement précurseur d'ENSO, semble inclure une composante décennale. Il est particulièrement actif pendant les forts évènements El Niño de 1982-83 et 1997-1998, et fait intervenir principalement le transport géostrophique à travers 5°N dans le milieu du bassin. Ce mode s'apparente à une version asymétrique et basse fréquence de la théorie de l'oscillateur rechargé. Un OGCM, dont le forçage atmosphérique est issu de réanalyses, est utilisé ensuite sur la période 1951-1999. Il reproduit les modes de variabilité décrits précédemment. Le modèle est validé à l'aide de données de courants de surface, transports, hauteur dynamique et niveau de la mer. La hauteur dynamique simulée montre une tendance linéaire en partie artificielle. L'origine de cette tendance est identifiée dans le forçage en vent. Les cellules méridiennes de circulation subtropicale, qui joueraient un rôle important dans la variabilité décennale du Pacifique tropical, sont en moyenne correctement simulées. Le modèle montre, en accord avec les données disponibles, que l'augmentation de la SST équatoriale durant les dernières décennies est liée à la baisse de la convergence des transports dans la pycnocline.

Variabilité semi-diurne près de topographies sous marines abruptes et côtieres

Jérome AUCAN, M. Merrifield, D. Luther, P. Flament

University of Hawaii, SOEST, Honolulu, Hawaii

Ce poster présente l'importance de la variabilité de la marée interne semi-diurne le long de topographies sous-marines abruptes et dans un environement côtier insulaire sans talus continental. L'expérience HOME (Hawai'i Ocean Mixing Experiment) vise à estimer la quantité d'énergie de marée barotrope convertie en énergie barocline, et à quantifier la dissipation locale de l'énergie de marée interne. Les résultats de deux mouillages et de plusieurs profils hydrographiques effectués sur les flancs de la dorsale hawaiienne sont présentés. Un premier mouillage, a 2 500 m de profondeur, confirme la présence d'une marée semi-diurne énergétique, avec des courants horizontaux supérieurs à 15 cm/s et des amplitudes de déplacement vertical des isothermes de plus de 200 m. L'analyse de la stabilité statique de la couche près du fond révèle de nombreuses inversions de densité potentielle, impliquant un mélange diapycnal moyen important, de 100 fois l'ordre de grandeur du mélange en pleine mer à des profondeurs équivalentes. Deux régimes de dissipation liés à la phase de la marée sont observés, l'un dû au cisaillement du courant de marée par le fond, et l'autre lié au basculement de l'écoulement au moment de la basse mer. La variabilité semi-diurne peut également être dominante en environement côtier en l'absence de talus continental. Un mouillage à 2 km de la côte nord d'Oahu, à 100 m de profondeur, Hawaii, montre également d'importantes variations verticales des isothermes près de la surface, liées à la marée semi-diurne. Finalement, des résultats d'un modèle global de dissipation d'énergie de marée sont présentés pour illustrer l'importance potentielle de la variabilité semi-diurne autour de la Nouvelle-Calédonie.

Assimilation de données et prédictions d'événements ENSO

Marie-Anne DÉJOAN, B. Dewitte, A. Ganachaud

Laboratoire d'Etudes Géophysiques et d'Océanographie Spatiale, IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

El Niño est un phénomène climatique à grande échelle dont les répercutions sont notables dans une grande partie du monde. Il est précieux pour l'agriculture ou la gestion des réserves en eau d'un pays de connaître pour la saison à venir l'arrivée de ce phénomène. D'où l'importance de prévisions efficaces réalisées à l'aide de modèles couplés océan-atmosphère. Dans cette perspective, nous appliquons un système d'assimilation de données à un modèle couplé du Pacifique tropical de complexité intermédiaire. L'assimilation permet d'améliorer les conditions initiales du modèle de prévision et d'ajuster certains de ses paramètres. La réalisation d'un tel système nécessite d'émettre l'hypothèse que l'évolution des écarts entre les champs de température et de vent prévus et ceux observés soit linéaire. La méthode des fonctions de Green est utilisée pour construire un modèle linéaire qui régit l'évolution de ces écarts. Après réduction de la grille du modèle afin d'accélérer les phases de calcul, nous appliquons l'estimateur de Gauss-Markov qui détermine la température de surface initiale ainsi que les paramètres optimaux du modèle. Différents tests portants sur le choix des variables à assimiler, aboutissent à la conclusion que les prédictions sur les Niños passés sont améliorées par assimilation simultanée de la température de surface et de la composante zonal de la tension en vent (le modèle atmosphérique utlisé restituant avec difficulté le comportement de la composante méridienne). Nous utilisons le modèle et les algorithmes d'assimilation afin de tester les prévisions, à postériori, sur les événements El Niño de 1981-1982, 1996-1997, 2001-2002 et de réaliser des prévisions expérimentales pour 2004.

Dérive des débris flottants dans l'Océan Pacifique Sud : application à la dérive des algues en Polynésie française

Elodie MARTINEZ, K. Maamaatuaiahutapu

UPF/OGT/Laboratoire Terre-Océan, Papeete, Tahiti, Polynésie française

L'objectif de cette étude est de déterminer les trajectoires des débris flottants dans l'Océan Pacifique Sud et en particulier d'étudier la dérive des algues en Polynésie française. Les courants de surface sont considérés comme étant la somme des composantes géostrophiques (données altimétriques TOPEX-Poséïdon/ERS) et d'Ekman (données du diffusiomètre de ERS) déterminées sur une grille de 1/3° tous les sept jours de janvier 1993 à janvier 2001. Le système de courant est surtout perturbé lors de l'événement El Niño de 1997-1998 où le Contre-Courant Equatorial Sud est plus marqué. Les trajectoires des débris dans l'Océan Pacifique Sud sont déterminées en résolvant les équations lagrangienne. Quelque soit le point de départ des débris, ils suivent les principaux courants de surface et s'accumulent après une longue période de dérive au centre du Gyre Subtropical à environ 110°W et 27°S.

Le modèle de dérive est utilisé pour déterminer en Polynésie française les trajectoires de l'algue brune, *Turbinaria Ornata,* dont la recrudescence au Tuamotu a été observée au cours des deux dernières décennies. Notre objectif est de savoir comment cette algue a été portée par les courants de surface jusqu'à ces atolls. Nos résultats montrent que les algues atteignent la partie la plus au sud des l'archipel des Tuamotu si leur point de départ se trouve au Gambier pendant El Niño et La Niña.

L'effet d'île dans l'archipel des Marquises : variations temporelles

Elodie MARTINEZ, K. Maamaatuaiahutapu

UPF/OGT/Laboratoire Terre-Océan, Papeete, Tahiti, Polynésie française

Situées dans le gyre subtropical, zone oligotrophe, les îles Marquises (218°E-222°E/8°S-11°S) sont associées à une production importante en phytoplancton connue sous le nom d'effet d'île. L'effet d'île résulte de plusieurs mécanismes : apport de macro et micro nutriments provenant des îles, contributions des processus benthiques, des tourbillons formés dans le sillage des îles par la perturbation de l'écoulement ou par le pompage d'Ekman. Aux Marquises, la concentration en macro nutriments (Nitrate) n'est pas limitante à la production du phytoplancton contrairement à celle en micro nutriments (fer) qui est très faible.

Nous avons étudié les blooms de phytoplancton dans l'archipel des Marquises au cours de la période d'activité de SeaWiFS de septembre 1997 à février 2002. L'analyse des variations temporelles montre, pour la première fois, la saisonnalité des blooms de phytoplancton sur cette période d'environ quatre ans et demi, avec une forte anti-corrélation entre les SST et la [Chla]. Deux blooms extra-saisonniers surviennent (dont un très intense). L'initiation des blooms peut être expliquée par l'interaction dynamique de la circulation et de la topographie. L'apparition de ces blooms est associée à un courant total (géostrophique + Ekman) de surface fort (supérieur à 20 cm s^{-1}) et des températures de surface de la mer basses, ce qui suggère un effet d'upwelling. Les précipitations semblent augmenter les bloom via le drainage terrigène dans la mesure ou il y a un courant géostrophique suffisamment fort pour disperser les micro nutriments.

Annual and interannual variability of *Trichodesmium* nitrogen fixation estimates in the SW tropical pacific

Aubert Le BOUTEILLER (1), C. Dupouy 1,2), G. Dirberg (2), M. Tenorio (3), J. Neveux (3), I. Masotti (2), P. Raimbault (4), N. Garcia (4), T. Moutin (4), M. Rodier (1), R. Le Borgne (1)

(1) IRD, Centre IRD de Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) LodyC, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France
(3) Observatoire Oceanologique de Banyuls , Laboratoire Arago, Banyuls sur Mer, France
(4) Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, Marseille, France

Though the SW tropical Pacific is an oligotrophic ocean marked by severe nitrate and phosphate depletion, large increases in the satellite chlorophyll were regularly observed in the region and were attributed to the colonial cyanobacterium *Trichodesmium* (Dupouy *et al.*, 2000). Nine cruises were performed on the R/V Alis from October 2001 to October 2003 in the framework of the DIAPAZON (DIAzotrophy PACific ZONe) program in order to determine the carbon and nitrogen fluxes associated to *Trichodesmium*. Cell count and pigment data are used to set minimal and maximal abundances of *Trichodesmium* and then to derive its distribution from satellite imagery. Seatruths data provide the range of nitrogen and carbon fixation which are used to give the first estimate of the nitrogen fixation in the region. Large seasonal and interannual changes in the total chlorophyll concentration were observed using SeaWiFS images from 1997 to 2004, suggesting a strong variability of the nitrogen fixation in the SW Pacific ocean.

El Nino et la variabilité des structures thermohalines du Pacifique tropical ouest : 20 années de campagnes océanographiques

A. GANACHAUD (1), T. Delcroix (2), Y. DuPenhoat (2), G. Eldin (2), C. Maes (1), J. Picaut (2)

(1) Institut de Recherche pour le Développement, Laboratoire d'Études Géophysiques et d'Océanographie Spatiale, Nouméa
(2) Institut de Recherche pour le Développement, Laboratoire en Études Géophysiques et Océanographie Spatiale, Toulouse

Dès les années 60, une forte variabilité était observée lors des campagnes d'océanographie physique menées par les équipes française dans l'Océan Pacifique Ouest. Ce n'est que 20-30 ans plus tard que cette variabilité a pu être expliquée, et le phénomène ENSO (El Niño-Southern Oscillation) découvert, à partir des observations sur l'ensemble du Pacifique combinées avec les observations atmosphériques. Un grand programme international nommé TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere) a vu le jour après l'El Niño de 1982-83, considéré à l'époque comme l'El Niño du siècle. TOGA et son sous-programme COARE (Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment) ont permis des avancées spectaculaires dans la connaissance du phénomène couplé ENSO. Cela a été rendu possible par la mise en place d'un système d'observation *in situ* dans le Pacifique tropical, l'utilisation adéquate des données satellitaires (TOPEX/Poseidon tout particulièrement) et le développement de modèles numériques forcés et couplés. La décennie de TOGA (1984-1994) a ainsi vu la mise en place d'un réseau d'observations permettant la détection en temps réel d'El Niño, le développement de plusieurs théories d'ENSO lié à une meilleure compréhension des mécanismes du phénomène et la démonstration qu'ENSO est potentiellement prévisible grâce à l'effet mémoire des couches superficielles de l'Océan Pacifique tropical sur la rétroaction atmosphérique.

L'IRD, appelé ORSTOM à l'époque, s'est fortement impliqué dans les programmes TOGA et COARE en renforçant ses efforts sur le réservoir d'eaux chaudes à l'ouest du Pacifique. Les océanographes français ont ainsi effectué, dans le cadre de ces programmes, un total de 39 sections océanographiques le long de la radiale 165°E, de 20°S à 10°N. Ce programme d'observation intense et continu depuis trois générations de chercheurs, a permis de fournir une série de mesures répétitives uniques pour l'étude de la variabilité climatique saisonnière, interannuelle et maintenant décennale. Ce programme continue à produire d'intéressants résultats, et la découverte récente d'une zone de convergence sur le bord est du réservoir d'eaux chaudes générant une couche de mélange dynamiquement isolante, a relancé la nécessité de poursuivre les études de processus dans le réservoir d'eaux chaudes et d'assurer une continuité de ces observations pour comprendre les variations climatiques sur les échelles de temps de dix ans et plus.

Nous présentons dans ce poster les principaux résultats de ces campagnes répétitives en terme de variabilité climatique et de compréhension du mécanisme d'ENSO, ainsi que les perspectives actuelles de recherche.

Upwelling néo-calédonien : remontées d'eaux profondes le long de la pente externe du récif ouest

Andrès VEGA (1,2), G. Alory (3), A. Ganachaud (2), C. Hénin (2), G. Cresswell (4)

(1) Adécal, programme ZoNéCo, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Laboratoire en Études Géophysiques et Océanographie Spatiale, Institut de Recherche pour le Développement, Nouméa
(3) Secrétariat de la Communauté du Pacifique (CPS)
(4) CSIRO Marine Research, Box 1538, Hobart, Tasmannie, Australia

Un vent d'Alizé de Sud-Est soutenu provoqu le long de la pente externe à l'Ouest de la Nouvelle-Calédonie, un déplacement des eaux de surface vers le Sud-Ouest et une remontée d'eaux plus profondes qui viennent les remplacer. Ce phénomène appelé « upwelling », ou résurgence, est omniprésent sur plusieurs régions dans le monde, modulant l'activité biologique et halieutique de plusieurs pays comme le Chili. Des capteurs de température posés par l'IRD dans le cadre du programme territorial ZoNéCo à l'extérieur de la barrière ont en effet enregistré des chutes de température de 3 à 6 °C qui suivent de fort coups de vent de Sud-Est. Des observations simultanées de température de la surface de la mer par satellite montrent l'apparition d'une grande région d'eau froide à intervalles réguliers sur la côte Ouest, à l'extérieur et à l'intérieur du lagon, caractéristique d'intenses événements d'upwelling.

Les événements d'upwelling génèrent, d'une part, des fronts thermiques importants susceptibles de modifier la répartition des zones à concentrations de poissons ; d'autre part, l'upwelling peut être une source importante de sels nutritifs et ainsi jouer un rôle déterminant au sein de l'écosystème néo-calédonien.

Nous présentons dans ce poster une étude en cours de l'upwelling néo-calédonien, l'objectif étant de comprendre sa structure, sa dynamique et ses conséquences, et de le modéliser afin de pouvoir prévoir la circulation côtière et les transports de matière.

Surveillance thermale et haline de l'océan de surface à l'IRD-Nouméa : pour mieux comprendre et prédire la variabilité du climat global et régional

David VARILLON (1), J.-M. Ihily (1), P. Mazoyer (1), P. Waigna (1), T. Delcroix (2), F. Gallois (1), A. Ganachaud (3), A. Hamard (1,4)

(1) Institut de Recherche pour le Développement, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Institut de Recherche pour le Développement, Laboratoire en Études Géophysiques et Océanographie Spatiale, Toulouse, France
(3) Institut de Recherche pour le Développement, Laboratoire en Études Géophysiques et Océanographie Spatiale, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(4) École Supérieure d'Électronique de l'Ouest, Angers, France

Les nombreuses campagnes épisodiques réalisées par les équipes françaises dans le Pacifique tropical ont mis en évidence la nécessité d'observation permanente de cet océan, celui-ci manifestant une variabilité à différentes échelles de temps. Un réseau d'observations océanographiques régulières s'appuyant sur des navires marchands a ainsi été mis en service dès 1969. Les deux paramètres de base de l'océanographie, la température et la salinité furent, dans un premier temps, mesurés en surface grâce au concours bénévole des officiers navigants de navires de commerce, de pêche et de la Marine Nationale. En 35 ans, ce sont plus de 300 navires non spécialisés qui ont ainsi participé à cet effort d'observations, maintenant structurés au sein de grands programmes nationaux (ORE-SSS, SO/INSU) et internationaux (GOSUD, GOOS).

L'IRD-Nouméa, en collaboration avec le programme ZoNéCo depuis 1992 à l'échelle locale, continue à maintenir ce réseau d'observation en utilisant des navires de commerce et des capteurs fixes sur plusieurs sites. Les données obtenues constituent une source d'information précieuse, utilisable pour l'étude et la surveillance climatique, pour des études de processus locaux, ainsi que pour la prévision climatique via l'assimilation de ces données dans des modèles de prévision.

Étude de la circulation océanique de l'Océan Pacifique Sud-Ouest : vers un approche intégrée

Lionel GOURDEAU (1), A. Ganachaud (1), K. Maamaatuaiahutapu (2), Elodie Martinez (2), W. Kessler (1,3), P. Grimigni (1), J. Lefevre (1)

(1) Centre IRD de Nouméa, Laboratoire en Études Géophysiques et Océanographie Spatiale, Nouvelle-Calédonie
(2) Université de Polynésie française
(3) Pacific Marine Environental Laboratory, NOAA, Seattle, USA

Depuis les années 90, il est devenu évident que les changements observés du climat mondial ne peuvent être totalement expliqués par des changements naturels. Les différents gouvernements, et notamment ceux des îles du Pacifique se sont organisés pour mieux comprendre ces évolutions climatiques et l'impact sur leurs populations (programme START-Oceania à Fidji ; SPREP, Tiempo). Or le climat est fort sensible aux conditions océaniques.
Des courants forts et très particuliers se forment lorsque le grand courant équatorial sud, qui dérive lentement vers l'ouest, rencontre les obstacles topographiques que constituent la Nouvelle Calédonie, le Vanuatu et les Îles Fidji. Les très grandes quantités de chaleur et de sel que transportent ces « jets » sont à même d'influencer les zones à concentration de poisson, les climats régionaux ainsi que le climat sur l'ensemble de l'Océan Pacifique par l'intermédiaire du phénomène El Nino. D'après les modèles numériques d'océans, le cheminement des eaux subtropicales peut être résumé de la façon suivante. La forte évaporation centrée sur la Polynésie française produit des eaux relativement salées qui plongent jusqu'à environ 700 mètres de profondeur tout en dérivant vers l'ouest. À la rencontre d'obstacles topographiques, ces eaux se concentrent en des jets, la dynamique océanique ne leur permettant pas de circuler librement dans le sens nord-sud. Il s'agit des Courants Vanuatu Nord et Sud, et les Courants Néo-Calédonien Nord et Sud. Après une traversée de la Mer de Corail, ces eaux se divisent en deux branches, une branche Sud alimentant le Courant Australien de l'Est, et une branche Nord cheminant vers la Papouasie-Nouvelle Guinée pour rejoindre les courants équatoriaux. Le système de courants du Pacifique Sud-Ouest fait partie intégrante d'une vaste boucle de circulation océanique qui s'étend de la Polynésie française aux eaux équatoriales de la Papouasie-Nouvelle-Guinée. Ce cycle a une durée d'environ environ 30 ans. Mise à part une étude de 1985 basée sur le peu de données disponible à l'époque, la circulation autour de la Nouvelle-Calédonie est très mal connue. Pendant les 20 dernières années, les océanographes français se sont focalisé sur l'aspect équatorial du phénomène El Nino, et ce n'est que récemment qu'une étude spécifique des courants forts au voisinage des îles a été entreprise. En juillet 2003, une première campagne hydrologique a mis en évidence le Courant Néo-Calédonien Nord qui transporte, à la pointe nord-est du grand récif de l'ordre de 10 millions de mètres cubes par seconde (50 fois le transport du fleuve Amazone).
Ces premiers résultats seront présentés, ainsi qu'une approche intégrée visant à étudier intensivement la circulation océanique, par une collaboration entre l'IRD-Nouméa, l'Université de Polynésie française, le PMEL ainsi que nos partenaires régionaux.

Déterminisme et rôle trophique des cyanobactéries filamenteuses : le point sur les études dans l'archipel néo-calédonien

Martine RODIER (1), R. Le Borgne 1), E. Rochelle-Newall (1), F. Renaud (1), J. Neveux (2), M. Tenorio (2), A. Le Bouteiller 1)

(1) IRD, Centre IRD de Nouméa, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Observatoire Oceanologique de Banyuls, Laboratoire Arago, Banyuls sur Mer, France

Le Pacifique tropical sud-ouest est connu pour être le siège d'importants développements de cyanobactéries filamenteuses, principalement du genre *Trichodesmium*. Grâce à leur aptitude à utiliser le diazote (N_2), ces organismes photosynthétiques semblent jouer un rôle important dans la « pompe biologique » des eaux appauvries en nutriments et donc dans la régulation de la teneur en CO_2 de l'atmosphère. Depuis 2001, l'UR 99 Cyano de l'IRD a entrepris une étude sur les cyanobactéries dans l'archipel néo-calédonien, considérant leur rôle dans la fixation de N_2 (cf. poster Le Bouteiller *et al.*) et le déterminisme de leurs proliférations, tant à la côte qu'au large. Le thème du déterminisme a fait l'objet de plusieurs études dans le lagon sud-est et la région de Nouméa. Les résultats obtenus montrent que la nature des apports terrigènes par le biais des éléments nutritifs, la température et la stabilité de la masse d'eau jouent un rôle déterminant dans le développement (ou non) des cyanobactéries filamenteuses. Ces études ont par ailleurs permis d'aborder le thème de la toxicité vis-à-vis des espèces marines et ceux de la production de matière organique dissoute et du transfert de matière dans la chaîne trophique. Ces recherches présentent donc un intérêt pour les pays de la région soumis aux proliférations de cyanobactéries. Elles interviennent également dans la thématique « climat » en fournissant des informations sur l'écologie de ces organismes, ce qui a pour but de prévoir leur rôle dans le piégeage du CO_2 par l'océan.

Les récifs coralliens, marqueurs des variations du niveau marin des derniers 125 000 ans : Exemple de Malakula au Vanuatu et des Marquises en Polynésie française

Guy CABIOCH (1), T. Corrège (1), N. Frank (2), F. Le Cornec (3), M. Paterne (2), B. Pelletier (4)

(1) IRD, UR 055 Paléotropique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) LSCE, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette, France
(3) IRD, UR 055 Paléotropique, Bondy, France
(4) IRD, UMR 6526 Géosciences Azur, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les récifs coralliens sont d'excellents enregistreurs des modifications passées de l'environnement. Grâce à la datation de leur principal constituant, le corail, ils peuvent être utilisés comme marqueurs des variations du niveau marin et par conséquence de la fluctuation des volumes de glace des calottes lors des cycles glacio-eustatiques. Pour mener à bien une étude de ces variations, notamment celles lors du dernier cycle glaciaire (derniers 125 ka, 1 ka = 1.000 ans), il est nécessaire d'avoir accès aux récifs de la période entière s'étant formés lors des stationnements relatifs de la mer et à des échantillons susceptibles d'être datés. Peu de sites répondent à ces 2 critères mais certaines parties du Pacifique offrent l'opportunité d'y avoir accès en raison notamment du contexte tectonique de certains des archipels. Ainsi, les îles du Vanuatu s'y prêtent tout particulièrement. Du fait de leur situation en zone d'arc insulaire et en raison de taux de surrection de l'ordre de 2 à 3 mm. an^{-1}, les terrasses soulevées de l'île de Malakula se sont avérées représentées une partie des stationnements du niveau marin des derniers 125 ka. Une dernière difficulté concerne l'étude des modalités de la dernière remontée de 120 à 130 m du niveau marin lors des derniers 20 ka. Là encore, peu de sites sont propices à de telles études. Outre le sud de l'île d'Espiritu Santo au Vanuatu dont des forages dans des récifs soulevés ont permis d'atteindre le dernier maximum glaciaire, un de ceux-ci a été identifié en Polynésie française dans l'archipel des Marquises tectoniquement plus ou moins stable. Un intérêt supplémentaire de ce site des Marquises est que les coraux des derniers 20 ka n'ont pas été soumis à des apports d'eau douce comme cela a pu être le cas sur les récifs frangeants soulevés d'Espiritu Santo au Vanuatu. Les îles de cet archipel de Polynésie sont bordées de terrasses sous-marines dont la nature récifale a été identifiée par dragages. Un relevé bathymétrique récent plus précis de ces plates-formes a fait apparaître un échelonnement de plusieurs récifs entre 130 et 50 m de profondeur suivant les îles. Lors d'une première opération de dragages, des échantillons coralliens, dont la plupart n'était pas *in situ*, ont pu être récupérés et datés de 9 à 45 ka. Suite à l'identification des différentes plates-formes récifales, des dragages ciblés sur chacune d'entre elles ont permis de récupérer des échantillons coralliens *in situ*. L'étude en cours devrait donner des informations non seulement sur les modalités de la dernière remontée mais aussi sur les variations du niveau marin des derniers 45 ka, complétant l'étude entreprise au Vanuatu.

Effet des variations climatiques sur la structuration des grands systèmes récifaux lors des derniers stades interglaciaires du Quaternaire : exemple de la Nouvelle-Calédonie

Guy CABIOCH (1), G. Camoin (2), V. Chazottes (3), H. Dalmasso (3), N. Frank (4), G. Lacroix (3), L. Montaggioni (3), C. Payri (5), M. Pichon (6), R. Richet (3), A.M. Semah (7) & N. Thouveny (2) (Projet ECLIPSE, "Environnement et CLImat du Passé : hiStoire et Évolution")

(1) IRD, UR 055 Paléotropique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie ; (2) CEREGE, UMR 6635, Aix-en-Provence, France ; (3) Centre de Sédimentologie et Paléontologie, Univ. Provence, UMR 6019, Marseille, France ; (4) LSCE, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette, France ; (5) IRD, UMR 7628 Systématique, adaptation, évolution, Nouméa, Nouvelle-Calédonie (6) Laboratoire de Biologie Marine et Malacologie, EPHE, Univ. Perpignan, France ; (7) IRD, UR 055 Paléotropique, Bondy, France

La Grande Terre de Nouvelle-Calédonie est entourée par un des plus vastes ensembles récifaux au monde, avec un récif barrière pratiquement ininterrompu et dont l'histoire est encore peu connue. Alors que l'évolution des récifs holocènes (10 000 dernières années) commence à être relativement bien appréhendée, peu de données existent sur celle des épisodes récifaux des précédents interglaciaires qui se sont succédés à une périodicité d'environ 100 ka (1 ka = 1 000 ans). L'étude de ceux-ci devrait cependant permettre d'apporter des informations sur les conditions climatiques de chacun d'entre eux et de les comparer à l'actuel. Une telle étude n'est possible que grâce à l'acquisition de longues séries récupérées par forage dans des récifs subsidents (barrières ou atolls). En effet, la combinaison d'un enfoncement progressif et de la succession environ tous les 100 ka de hauts niveaux marins identiques à l'actuel (interglaciaires), au cours desquels se construisent les récifs, contribue à la formation d'épaisses séries récifales. C'est le cas du récif barrière de Nouvelle-Calédonie où un tel empilement d'unités a été estimé se produire depuis 2 millions d'années (Ma) ou du moins depuis environ 1 Ma.

Afin d'étudier la structure des récifs barrières et les épisodes récifaux successifs, plusieurs forages ont été réalisés depuis 1995 sur des îlots situés sur le récif barrière ou à sa proximité immédiate : un forage de 126 m sur l'îlot Amédée près de Nouméa, un de 130 m au nord sur l'îlot Kendec (Koumac), trois forages de 151 m, 60,50 m et 122,50 m sur l'îlot Ténia et trois autres de 33,40 m, 63,60 m et 48,60 m sur l'îlot Bayes sur la côte Est (Poindimié). Dans le forage Amédée, sur la base de datations des unités récifales supérieures et de la succession stratigraphique des unités, les interglaciaires cor-

respondant aux stades isotopiques 5 (125 ka), 7 (220 ka) et 9 (330 ka) ont été identifiés. Depuis peu, des résultats de paléomagnétisme ont été obtenus, confirmant cette stratigraphie et établissant la limite Brunhes-Matuyama, datée de 780 ka, vers 80 m. Des études similaires sont en cours sur l'ensemble des forages des divers sites mais à des degrés d'avancement variés. Une comparaison régionale préliminaire entre les résultats d'Amédée et ceux du forage le plus profond de 155 m de la Grande Barrière australienne montre des différences significatives. Les données de sédimentologie, paléoécologie, isotopes stables et chronologiques (datation $^{87}Sr/^{86}Sr$ et magnétostratigraphie) indiqueraient, que la base des séries récifales de la Grande Berrière a un âge inférieur à celui de la discontinuité Brunhes-Matuyama. Bien que le contrôle eustatique global soit le facteur principal de l'édification récifale en Nouvelle-Calédonie et Australie, ces résultats montrent que les facteurs régionaux qu'il convient encore de définir (néotectonique, température de l'eau de mer, etc) influent très fortement sur la structure interne des barrières.

Du polype corallien à la prévision d'El Niño

Thierry CORRÈGE, J. Bonneau, J. Butscher, G. Cabioch, A. Ganachaud, M. Garcia, C. Ihily, L. Jamet, F. Le Cornec

IRD Centre de Nouméa (Nouvelle-Calédonie) et Centre de Bondy (France)

Les polypes coralliens qui peuplent les mers tropicales secrètent un squelette aragonitique dont la composition chimique reflète les conditions environnementales dans lesquelles le corail vit. Certains coraux, dits « massifs », peuvent vivre pendant des siècles et former des dômes qui sont potentiellement de formidables archives climatiques. Le travail de notre équipe pluridisciplinaire va consister à échantillonner le corail puis à l'analyser afin d'obtenir des données qui nous renseigneront sur les conditions climatiques anciennes. Ces données seront ensuite utilisées dans des modèles climatiques afin d'améliorer la compréhension et la prévision de phénomènes tels El Niño.

Dans un premier temps, les coraux massifs des genres *Porites* et *Diploastrea* sont repérés puis forés. De retour au laboratoire, les carottes sont tronçonnées, lavées puis radiographiées afin d'obtenir une première chronologie. Les plaques sont ensuite échantillonnées avec une résolution pseudo-mensuelle (12 échantillons en moyenne par année de croissance du corail) pour récupérer environ 1 mg de poudre par échantillon. Cette poudre sera analysée pour définir sa composition élémentaire (teneur en strontium, magnésium, calcium, uranium et baryum) ainsi que sa composition isotopique (pour le carbone et l'oxygène). La variabilité de ces différents traceurs d'un échantillon à l'autre va nous permettre de retracer l'évolution au cours du temps de paramètres tels que la température et la salinité des eaux de surface, la présence éventuelle de remontées d'eaux profondes, la couverture nuageuse, et la direction des vents. Le produit final est une série, la plupart du temps continue, qui peut couvrir plusieurs siècles, et qui viendra compléter les séries instrumentales qui n'existent dans le Pacifique que depuis 30 à 40 ans au maximum.

Les données coralliennes fournissent donc une fenêtre sur les climats du passé, en particulier sur la période pré-industrielle, avant que ne commence l'utilisation intensive des hydrocarbures et les rejets de gaz à effet de serre. Un effort est actuellement fait pour assimiler les données coralliennes dans des modèles climatiques numériques. Nous espérons ainsi mieux comprendre les phénomènes de modulation du climat à basse fréquence (15 à 100 ans) et améliorer les prédictions à long terme.

Apports des enregistrements sédimentaires à l'histoire des paléoenvironnements des 3000 dernières années de la vallée de la Koumac (Nouvelle-Calédonie)

Denis WIRRMANN (1), A.-M. Sémah (2), F. Sémah (3)

(1) IRD, UR055, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) IRD, UR055, Bondy, France et Département de Préhistoire du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France
(3) Département de Préhistoire du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France

En Nouvelle-Calédonie, de même que pour l'ensemble des îles du Pacifique Sud, l'histoire détaillée des paléoenvironnements au Quaternaire récent est encore mal connue, d'autant que ces changements répondent à plusieurs phénomènes qui peuvent se combiner ou non, tels que la variabilité climatique à basse fréquence avec pour corollaire la variation du niveau marin, la variabilité climatique à haute fréquence sous l'influence des déplacements en latitude de la Zone de Convergence du Pacifique Sud en relation avec le phénomène El Niño, des évènements tectoniques et l'influence humaine.
Si les variations climatiques à long terme et de forte amplitude sont bien identifiées, celles de faible amplitude et de périodes plus courtes (décennales à séculaires) restent encore méconnues alors qu'elles jouent un rôle important sur les conditions environnementales et ont un impact certain sur l'installation et le développement des communautés humaines. L'analyse des dépôts lacustres et marécageux qui sont des archives de ces variations permet de mettre en évidence l'évolution des paysages au cours du temps et donc de celle du climat.
Ce poster présente les résultats préliminaires d'une étude multidisciplinaire réalisée sur le site de la vallée de la Koumac (Province Nord, Nouvelle-Calédonie). À l'aval de la vallée, les sondages réalisés dans une plaine marécageuse montrent que l'environnement relativement sec et ouvert (Poaceae dominantes) entre *ca* 2500 et 2100 ans calibrés BP, évolue vers une forêt sèche ou forêt sclérophylle, cette évolution du couvert végétal étant attribuée à une augmentation relative des précipitations. À environ 7 km en amont, un abri-sous-roche témoigne des premiers indices d'occupation humaine dès 2985 ans calibrés BP (tessons de céramique au battoir, outils taillés), contemporains de la période Lapita identifiée le long du littoral. Plus en amont, dans la haute vallée de la Koumac, à 120 m d'altitude, les sondages lacustres prélevés dans le 'Grand Lac' sont caractérisés au cours des 2000 derniers ans par une succession de différents faciès sédimentaires (argiles organiques, sables et graviers, séquences laminées) qui rendent compte de changements des

conditions hydrologiques du bassin-versant. Ils sont interprétés comme indicateurs des oscillations du niveau du lac suite à l'alternance d'épisodes secs et humides, avec ponctuellement des périodes de forte érosion et/ou crues de la rivière.

Cette étude de la variabilité climatique holocène en Nouvelle-Calédonie se poursuit afin d'identifier les indicateurs minéralogiques et palynologiques qui nous permettront de caractériser les variations rapides et de faible amplitude du climat et elle sera complétée par une analyse comparative avec d'autres sites néo-calédoniens et de la sous-région.

Modèle multi-échelle de diffusion/réaction en milieu carbonaté

Cécile RABIER (1), Y. Anguy (1), P. Genthon (2), G. Cabioch (2)

(1) TREFLE, UMR 8508, ENSAM, Talence, France
(2) IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

On s'intéresse à l'évolution au cours du temps (*t*) de systèmes carbonatés sous l'action d'une eau douce. L'exemple retenu est un calcaire corallien de type *Porites* dont l'aragonite initiale est remplacée au cours du temps (*t*) par une calcite secondaire. Ce type de corail est important pour les études climatique et participe à la matrice carbonatée de certains aquifères karstiques. L'objectif est de modéliser les couplages hydro-chimiques, notamment la rétroaction du système chimique réactif sur les propriétés de transport émergeant à un 1er niveau de description macroscopique, *l'échelle du laboratoire*. Dans le cadre de l'hypothèse quasi-statique, on s'appuie sur une technique de changement d'échelle pour modéliser l'évolution *vs. t* des propriétés de transport résultant des variations des interfaces microscopiques fluide/solide produites par les dissolutions et précipitations. Les lois obtenues à l'échelle du laboratoire permettront à terme de paramétrer les modèles macroscopiques aux échelles supérieures. L'extension à un cas réel de *la maquette numérique* mise en oeuvre pour des problèmes réactifs très simplifiés reste difficile liée aux non linéarités/couplages générés par un système chimique réel. L'étude est double :

1. Préciser l'histoire diagénétique du *Porites* par l'observation (MO, MEB, cathodoluminescence, spectroscopie Raman) et la caractérisation (DRX, perméabilité, porosité etc.) d'échantillons modernes et fossiles,
2. Intégrer dans le modèle, de façon réaliste mais simplifiée, les caractéristiques essentielles des phénomènes mis en jeu e.g., la nature multi-composant du fluide, la contribution liée à la charge des espèces aqueuses ioniques et la physico-chimie des phénomènes aux interfaces fluide/roche.

L'objectif à terme est de confronter évolutions *in situ* (tomographie X) et numériques de la diagenèse corallienne.

Surcote d'origine cyclonique en Polynésie française

Victoire LAURENT (1), K. Maamaatuaiahutapu (2)

(1) Météo France – DIRPF, Faa'a Tahiti, Polynésie Française
(2) Université de la Polynésie Française, Faa'a Tahiti, Polynésie Française

Le modèle de surcote dynamique développé par Pierre Daniel (Météo France), installé et validé en Polynésie française, a permis d'établir des atlas de surcotes maximales potentiellement générées par les cyclones tropicaux. A partir des données de trajectoire et d'intensité des cyclones observées au cours des 30 dernières années et à partir de plusieurs simulations, une cartographie des zones à risques sur quelques îles de la Polynésie française a été réalisée. Le modèle tient compte de la bathymétrie et de la géographie côtière et a été validé par les données des marégraphes de Papeete et de Rikitea. En Polynésie française, l'absence de plateau continental ne permet pas la génération de surcotes très importantes. Seul les grands lagons des Tuamotu comme Rangiroa ou Anaa peuvent permettre la génération de surcotes importantes. Si la surélévation du niveau de la mer a des conséquences catastrophiques, la baisse du niveau de mer constitue également une gêne pour la navigation portuaire. Aussi dans certains ports des cartes de décotes maximales ont été tracées.

Variabilities in rainfall in French Polynesia

Victoire LAURENT (1), K. Maamaatuaiahutapu (2)

(1) Météo France – DIRPF, Faa'a Tahiti, French Polynesia
(2) Université de la Polynésie Française, Faa'a Tahiti, French Polynesia

Forty years of rainfall data in French Polynesia have been investigated using empirical orthogonal functions. Variabilities on several time-scales are identified: intraseasonal (Madden and Julian Oscillation), interannual (ENSO) and interdecadal (Interdecadal Pacific Oscillation). These oscillations are non homogeneous in space as observed at three main locations: Marquesas (7.51'S/11S – 141W/138W), Tahiti (17.40'S/149.40'W) and Austral Islands (22S/28S – 150W/146W). In Marquesas, the seasonal cycle is present and strongly affected by ENSO. Peaks in the 30-60 day band exist only during an El Niño event. In Tahiti, the seasonal cycle dominates and fluctuations are observed in the 14-30 day and 30-60 day bands. In Austral Islands, interannual and intraseasonal variabilities are predominant in the same way as the seasonal variability. The IPO signal is only present in the Marquesas. During an ENSO event, cold phase or warm phase, the rainfall in French Polynesia would be influenced by the excursion of the ITCZ south of the Equator.

Localisation des impacts de foudre autour de Tahiti

P. ORTÉGA

Laboratoire Terre Océan – Université de la Polynésie française

La carte mondiale des lignes iso-kérauniques donne une valeur comprise entre 10 et 20 jours d'orage par an pour la région où se trouve Tahiti. En 1997 deux détecteurs de champ électrique (compteurs CIGRE), très simples de conception, ont permis de préciser la fréquence mensuelle des jours d'orage au nord et au sud de Tahiti. Ces enregistrements ont permis de mettre en évidence, outre une oscillation annuelle très marquée, des corrélations avec des anomalies climatiques à l'échelle du Pacifique. Compte tenu de l'activité orageuse relativement intense, nous avons développé en partenariat avec Electricité de Tahiti, qui rencontre des problèmes liés à la foudre sur son réseau de distribution d'énergie, un système de localisation des impacts de foudre dénommé LIFT (Localisation des Impacts de Foudre à Tahiti). Ce réseau de trois détecteurs mesure le champ magnétique émis par les éclairs et triangule par technique goniométrique. Pour EDT, ce système devrait permettre de prévenir l'arrivée des orages afin de prendre des décisions de délestage anticipées. Pour nous, le système LIFT devrait nous permettre d'étudier plus finement les caractéristiques des orages et, en particulier, l'effet du relief sur l'activité électrique. Nos mesures pourront être comparées à celles produites par le réseau international WWLL (Wild Word Lightning Location). Ce réseau détecte les « sferics » qui sont des ondes électromagnétiques très basse fréquences émises par la foudre sur des distances de l'ordre de 10 000 km. Une antenne installée à l'UPF participe au fonctionnement de ce réseau. Depuis décembre 2003, en collaboration avec l'ONERA (Office Nationale des Etudes et Recherche de l'Aérospatiale), nous tentons de mesurer les courants de foudre. L'objectif de ces travaux est de construire un système fiable et complet de mesure de l'activité orageuse afin d'améliorer les techniques de prévention et/ou de protection des orages.

Mesure de la surface moyenne océanique et déformations verticales du plancher marin au Vanuatu par techniques géodésiques et marégraphiques combinées

Marie-N. BOUIN (1), V. Ballu (2), S. Calmant (3), K. Cheng (4), C.K. Shum (4), L. Testut (3)

(1) LAREG- Institut Géographique National, France
(2) Institut de Physique du Globe de Paris, France
(3) LEGOS OMP Toulouse, France
(4) Ohio State University, USA

Les variations de hauteur d'eau mesurées par les capteurs à pression marégraphiques installés sur le plancher océanique sont une combinaison de la variation de hauteur d'eau et des déformations verticales du sol proprement dit. Pour découpler ces deux effets et avoir accès aux mouvements verticaux du sol qui sont critiques dans un contexte de subduction active comme celui du Vanuatu, nous combinons ces mesures avec celles du GPS cinématique et des satellites d'altimétrie.

Sur deux sites équipés de capteurs à pression et situés sur des hauts fonds de Sabine et Wusi, proches de l'île de Espiritu Santo, les variations de la surface de la mer ont été mesurées par GPS cinématique, en mars 2003 et 2004. Les mesures d'altimétrie le long des traces satellitaires permettent d'obtenir les variations précises de hauteur du fond marin.

Le NO *Alis* équipé d'un récepteur GPS cinématique, nous a permis d'obtenir une carte de la surface des océans autour de l'île de Santo le long des trajets du bateau. Cette surface moyenne corrigée des effets de marée enregistrés par les capteurs à pression peut ensuite être comparée à la surface moyenne mesurée par les satellites d'altimétrie (Topex Poseidon). Les variations de géoïde, importantes sur cette zone, sont aisément détectables et les différences entre les deux types de mesure permettent d'améliorer la surface moyenne près des côtes.

Overbank sediment accumulation rates in some South Pacific islands affected by severe cyclones and floods

S. GARIMELLA, (1), J. Terry (2) and R. Kostaschuk (3)

(1) Department of Physics, The University of the South Pacific, Suva, Fiji (garimella_s@usp.ac.fj)
(2) Department of Geography, The University of the South Pacific, Suva, Fiji (terry_j@usp.ac.fj)
(3) Department of Geography, University of Guelph, Guelph, Ontario, N1G, Canada (rkostac@uoguelph.ca)

As part of a collaborative research program started some years ago, between the University of the South Pacific (Fiji) and the University of Guelph (Canada), to study the nature of the tropical island river systems of the South Pacific, the above team investigated the Rewa river basin in Viti Levu island of Fiji and the Falefa river basin in Upolu island of Samoa. Both river basins are surrounded by steep mountains and possess volcanic histories. Other similarities in the two regions are large rainfalls (2500 – 5000 mm a^{-1}) and high frequency of occurrence of intense tropical cyclones (15 major cyclones in Rewa basin during 1970-97 and 14 in Samoa during 1970-98). These cyclones bring sudden and heavy floods (e.g., in 1997, Cyclone Gavin increased the mean daily discharge rate in Rewa river from 100 to 4000 m^3 s^{-1}).
Using the HPGe gamma-ray spectrometer at the University of the South Pacific (24 % efficiency and 1.8 keV resolution), the vertical accretion rates of sediment in the above two river banks have been determined by employing the radiocaesium (^{137}Cs) technique. The average accretion rate in Rewa river system is found to be about 3.2 cm/yr, while that in Falefa system is 4.0 cm/yr. These are some of the highest accumulation rates observed in the world for tropical environments.

Concentrations of total suspended particulates (TSP) and some heavy metals in air at Suva, Fiji

S. GARIMELLA and R.N. Deo

Department of Physics, The University of the South Pacific, Suva, Fiji (garimella_s@usp.ac.fj)

Particulate matter in air (also known as aerosols), such as dust, soot, smoke, etc., which consists of solid and liquid particles of small size (a few μm or less) gets suspended in the atmosphere. In urban areas, smoke from factories and automobiles contribute to high concentrations of TSP and heavy metals in air. These can have drastic effects on human health and vegetation.

Using a high volume sampler (flow rate 1 m^3 min^{-1}) and Whatman-41 filter papers, weekly aerosol samples were collected at about 15 locations in Suva, the capital of Fiji, since 2002. The sites were broadly classified into three categories: residential, industrial and heavy traffic areas. Each site was sampled for 4-7 weeks. These filters were used to determine the content of total suspended particulates (TSP) and their elemental abundances by the method of neutron activation analysis. This is the first work of its kind in the South Pacific islands.

TSP values for residential and heavy traffic areas were found to be similar, with concentrations in the range 20-60 μg m^{-3} of air. Industrial locations had concentrations in the range 40-90 μg m^{-3} of air. This should be compared to the WHO guideline of 60-90 μg m^{-3} for polluted sites. About 8 cm^2 of each filter was irradiated for 4 h at a thermal neutron flux of 3 x 10^{12} cm^2 s^{-1} in the HIFAR reactor at ANSTO, Sydney. The samples were flown back to Suva after a waiting time of 3 d. Using a HPGe spectrometer (24 % efficiency and 1.8 keV resolution), the irradiated samples have been analyzed and concentrations of some heavy metals (As, Co, Cr, Fe, Na and Zn) and trace elements (Br, Ce, Eu, Hf, La, Sc, Sb, Sm, Th and Yb) in air at Suva were established. Our measurements of TSP as well as elemental concentrations show that the Suva air is relatively clean. Thus, our values would serve as baseline values for future comparisons.

Cultures, identités, patrimoine, espaces et développement

Communications orales

Cultures, identities, heritage, land and development

Oral presentations

Les sciences humaines et sociales dans le Pacifique insulaire : bilan et perspectives

Pr Paul DE DECKKER

Président de l'Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Effectuer le bilan des recherches en sciences humaines et sociales est une tâche qui a déjà été accomplie par les professeurs François et Jean-Pierre Doumenge au début des années 1990 (*Le Pacifique : l'océan, ses rivages et ses îles*, Bordeaux, 1991, CRET, collection îles et archipels, 509 p.). Aussi n'est-il pas nécessaire d'y revenir. Au moment où cet ouvrage paraît, l'Université Française du Pacifique vient de naître (mars 1988 à Nouméa, septembre 1988 à Papeete). C'est elle qui va prendre progressivement le relais d'organismes de recherche tels que l'ORSTOM à l'époque (IRD aujourd'hui) ou le CNRS. En 1992, un diplôme d'études approfondies (DEA) en anthropologie est ouvert à Nouméa. Il sera étendu à Tahiti pendant quelques années avant d'être arrêté. Il renaît en 1996 sous l'intitulé « Sociétés et cultures dans le Pacifique insulaire : dynamismes et mutations ». Il est basé exclusivement à l'Université de la Nouvelle-Calédonie, née en 1999 de la partition d'avec l'Université de la Polynésie française.
Avec les équipes d'accueil de doctorants et les laboratoires ou instituts de recherche qui y sont associés (IRD, IAC, CNRS), ce DEA est un pôle de recherche à vocation régionale. Des relations étroites sont entretenues avec des universités australiennes, néo-zélandaises et océaniennes. Il est prévu de couvrir dans la présentation plénière sur les recherches françaises dans le Pacifique les diverses thématiques de recherche en sciences humaines et sociales tant en Nouvelle-Calédonie qu'en Polynésie française, sans oublier Wallis et Futuna. Seront également précisés les résultats des collaborations existant avec les universités partenaires de la région Pacifique et de métropole et les projets de collaborations futures visant à impulser de nouvelles dynamiques de recherche dans le Pacifique.

Human and Social Sciences in the Pacific Islands: stocktake and future prospects

Prof. Paul DE DECKKER

Chancellor of the University of New Caledonia, Noumea, New Caledonia

A review of human and social science research has already been undertaken by Professors François and Jean-Pierre Doumengue in the early 1990's (*Le Pacifique : l'océan, ses rivages et ses îles,* Bordeaux, 1991, CRET, collection îles et archipels, 509 p.) and there is therefore no need to re-invent the wheel. At the time the publication appeared, the French University of the Pacific had just opened (March 1988 in Noumea and September 1988 in Papeete) and would take over from the then ORSTOM (now IRD) and CNRS. In 1992, an advanced postgraduate diploma programme (DEA) in anthropology was launched in Noumea and extended to Tahiti before being closed down and resurfacing in 1996 under the title of "Societies and Cultures in the Pacific Islands: dynamics and change". It is only offered in New Caledonia, owing to the separation from the University of French Polynesia in 1999.
Equipped with doctoral student support staff and a related research laboratory or institutes (IRD, IAC and CNRS), this Diploma programme is a research facility with a regional emphasis. Close ties are maintained with Australian, New Zealand and Pacific universities. During the plenary session, this presentation aims at covering French research in the Pacific in the various human science research fields in both New Caledonia and French Polynesia, not to forget Wallis and Futuna. The outcome of existing cooperation with partner universities in the Pacific region and France will also be mentioned, as well as future collaboration projects aimant at triggering new research dynamics in the Pacific.

Archéologie et développement : les enjeux d'une science du passé dans des îles en devenir

Eric CONTE

Département d'ethno-archéologie, Université de la Polynésie française

L'archéologie, science du passé, est-elle en contradiction avec un développement économique et culturel par essence tourné vers l'avenir ? Eventuellement, a-t-elle une contribution à apporter à ce développement et de quelle nature ?

Dans le Pacifique, comme partout, les aménagements modernes menacent d'effacer les traces du passé (monuments, sites archéologiques enfouis), ces dernières apparaissant à certains comme des obstacles au développement économique. Se pose donc la question de l'élaboration d'une véritable politique d'archéologie préventive pour que les infrastructures nécessaires au développement socio-économique puissent être réalisées dans le respect de la richesse culturelle que constituent le patrimoine monumental et les traces plus fugaces du passé dont les archéologues tirent leurs connaissances.

Au-delà de la protection des sites archéologiques (pouvant d'ailleurs être couplée à une mise en valeur de certains d'entre eux à des fins touristiques et donc contribuer au développement économique), il s'agit aussi de s'interroger sur la place de la recherche archéologique - de sa pratique comme des connaissances qu'elle apporte - dans la vie des populations actuelles et dans la quête identitaire qui traverse les sociétés du Pacifique.

Répondre aux grandes questions que se posent les populations sur leur passé - l'éternel problème des origines par exemple - c'est certes concourir à leur éducation, à une forme de développement culturel. Mais comment concilier l'approche rationnelle de la science - un héritage occidental - avec les conceptions traditionnelle du monde, les relations particulières au passé ? Comment faire en sorte que cette histoire scientifiquement écrite ne tue pas la mémoire des peuples ?

Archaeology and development: the stakes of a science of the past in islands in under transformations

Eric CONTE

Ethno-archeology Department, University of French Polynesia

Is archaeology – science of the past – in contradiction with the economic and cultural development, by its essence turned towards the futureby? Does archaeology have a contribution to make to this such development, and how of what nature?

In the Pacific, as everywhere, modern constructions threaten to erase the traces of the past (monuments, buriedal archaeological sites), these latter appearing to some as obstacles to economic development. This poses the question of the elaborating a true politics of preventive archaeology, the goal of which would be that the infrastructures essential to socio-economic development could be realized while respecting the range of cultural treasures including not only monumental patrimony but also the more fleeting traces of the past from which archaeologists gain their knowledge.

Beyond the protection of the archaeological sites (typically associated with restoration of some sites for tourist purposes, and thus contributinge to economic development), we need to consider the role of archaeological research – in both its practice and the knowledge it contributes – in the life of contemporary Pacific societies and in their search quest for identity.

Responding to the great questions posed by these societies about their past – for example, the perpetual question of origins –, is certainly a contribution to their education, a kind of cultural development. But, how to reconcile the rational approach of the science – an occidental legacy - with the traditional conceptions of the world, special relationships with the past?

How can we write scientific history that does not kill cultural memory?

Le peuplement de l'Océanie

Christophe SAND et S. Neaoutyine

Musée de Nouvelle-Calédonie

Les recherches archéologiques ont permis de définir une longue chronologie de peuplement des îles du Pacifique, divisée schématiquement en trois périodes principales. L'ouest de l'Océanie (Australie, Nouvelle-Guinée, îles Salomon) a été peuplé il y a plus de 40 000 ans à partir de l'Asie, marquant la plus ancienne navigation en haute mer connue dans l'histoire de l'homme moderne. L'émergence de sociétés néolithiques durant l'holocène a permis une progression de groupes austronésiens à travers l'ensemble du Pacifique central entre 1500 ans et 500 ans avant J.-C. Certains de ces groupes, devenus culturellement polynésiens, ont au cours du premier millénaire après J.-C. entamé le peuplement des îles isolées du Pacifique Est (Polynésie orientale, Hawaii, Ile de Pacques), avant de découvrir la Nouvelle-Zélande (Aotearoa) quelques siècles avant les premiers contacts européens.

Settlement of the Pacific

C. SAND and S. Neaoutyne

Musée de Nouvelle-Calédonie

Archaeological research has made it possible to extensively chronicle Pacific Island settlement, which has been roughly divided into three main periods. The Western Pacific (Australia, New Guinea and the Solomon Islands) were settled over 40,000 years ago from Asia, making this the oldest known crossing of the high seas in ancient history. The appearance of neolithic societies during the Holocene led to the advance of Austronesian groups across the entire Central Pacific between 1500 and 500 BC. During the first millennium AD, some of these groups, who had become culturally Polynesian, began settling the remoter islands of the Eastern Pacific (Eastern French Polynesia, Hawaii, Easter Island), before discovering New Zealand (Aotearoa) a few centuries before the earliest European contact.

Communication orale

Colons, engagés et immigrants dans le Pacifique aux XIXe et XXe siècles

Gilbert DAVID

Centre IRD de Montpellier, France

Ce sujet est à la charnière de plusieurs disciplines : l'histoire, l'anthropologie et la géographie et peut être abordée de multiples manières. La communication qui sera faite n'a donc pas la prétention de synthétiser les écrits consacrés à ce sujet si vaste, mais de présenter un point de vue, une manière de voir selon une perspective historique la relation entre les Européens transplantés en Océanie, les îles et les insulaires. Ce sont les hommes, leurs logiques et leur rapport à l'espace qui sont au cœur du propos avec trois questions principales : a) qui migre ? b) pour quelles raisons ? c) quel est l'impact de cette migration sur les structurations économiques, politiques et territoriale des îles ?

Si ces questions sont intemporelles, les réponses, elles, évoluent au fil du temps et composent un jeu de miroirs. Aux migrations du XIXe siècle, éminemment structurantes sur l'espace insulaire et au solde très positif, les migrants étant principalement d'origine allochtone, répond à la fin du XXe siècle une migration majoritairement composée d'océaniens dont le solde est largement négatif. Ces phénomènes migratoires induisent un rapport à l'espace qui se décline sous la forme d'un second jeu de miroirs : au triptyque du XIXe siècle « la mission/la plantation/la ville coloniale », traduction des phénomènes migratoires entre l'Océanie et le reste du monde, répond le triptyque « zone rurale/ville/espace-monde » de la seconde partie du XXe siècle, marquée par la globalisation de l'économie et des réseaux de communication. Chacun de ces triptyques correspond à un système socio-économique et politique spécifique. La seconde guerre mondiale constitue une période clef de passage de l'un à l'autre de ces systèmes, le processus de mutation s'étant accéléré avec l'accès de plusieurs îles et archipels d'Océanie à l'indépendance. Après ce bref panorama, plusieurs pistes de recherche pour le futur seront esquissées et des coopérations régionales inter-institutions seront évoquées.

Settlers, soldiers and immigrants in the 19th and 20th Century Pacific

Gilbert DAVID

IRD Centre, Montpellier, France

Several disciplines overlap on this issue, such as history, anthropology and geography and it can be approached from many angles. This paper does not claim to summarise all the literature on such a broad subject, but presents a viewpoint or a way of looking from a historical perspective at the relationship between displaced Europeans in the Pacific, the islands and islanders. Men, their reasoning and their relationship with the land are at the heart of the issue that raises three main questions, ie a) who migrated? b) why? c) what impact did they have on the islands' economic, political and territorial structures?

Although the questions remain the same, the replies change with time and unfold like a play of mirrors. 19th century migration significantly structured the island territory and left a very positive balance, with migrants coming essentially from outside the region. This image is reflected in the late 20th century by mainly Pacific Islander migration, with a clearly negative balance. These migratory phenomena brought about a relationship with the land that takes the shape of a second play of mirrors with the 19th century triptych of mission, plantation and town reflecting the triptych of rural area, town and world space of the latter half of the 20th century – an era marked by the globalisation of social, economic and political systems. Each triptych corresponds to a specific social, economic and political system. World War II was the turning point between the two systems and the change was hastened by independence in several Pacific islands and island groups. After this brief overview, future research trends will be outlined and regional co-operation between institutions addressed.

Identité et Histoire

Serge TCHERKOV

CNRS/EHESS/CREDO, Marseille, France

Au moment où les théoriciens occidentaux des sciences sociales se complaisent souvent dans un discours « post-moderne » qui entend critiquer la possibilité de concevoir des identités culturelles, les diverses sociétés océaniennes affirment de plus en plus nettement leur revendication d'identité spécifique. On analysera cette tension, en prenant quelques exemples « sur le terrain » : l'État de Samoa et la tension dans sa recherche d'un système politique qui réponde à la fois aux impératifs « démocratiques » de la globalisation et à la définition identitaire « faaSamoa » du choix des représentants du peuple, donc en rapport aux idées « traditionnelles » de « chefferie ». Le Royaume de Tonga et la tension, similaire, dans sa recherche entre un renouveau démocratique qui modifierait le fonctionnement du Parlement et la persistance de la dévotion à l'institution monarchique qui symbolise l'identité nationale. C'est sur ces points que la recherche française animée par le CNRS apporte un lot d'études novatrices. En effet, au début des années 1990, il fut décidé en haut lieu (Comité interministériel à l'Aménagement du Territoire CIAT, dirigé par le Ministre C. Pasqua) de doter la France d'un Centre de recherches et de documentation sur l'Océanie, afin de pallier au manque en ce domaine (les autres continents étaient déjà représentés par des Centres de recherche en sciences humaines et sociales au CNRS, mais pas l'Océanie). Le CREDO fut institué peu après. S'il inclut également une dimension importante en archéologie, nous restreindrons notre exposé sur les recherches en anthropo-sociologie et en histoire, puisqu'il y a un autre atelier consacré à l'archéologie.

Le renouveau a été double : à la fois lier les études ethnologiques, qui souffraient d'un parti pris parfois anhistorique, et l'ethno-histoire (un exemple majeur est un ouvrage collectif de 1997, publié au CNRS, et qui marque cette nouvelle direction) ; d'autre part, initier un rapprochement entre l'ouest et l'est polynésien. Sur le plan de la Mélanésie, des recherches existaient depuis longtemps. Le renouveau a consisté surtout à ouvrir le domaine de la Polynésie occidentale, région anglophone et donc, hélas, traditionnellement si je puis dire, délaissée par la recherche française. Le parti pris a été de fonder des études intensives « de terrain » et sur « archives » dans cette région-là d'abord, afin de revenir ensuite à la Polynésie française avec un oeil différent. De fait, la comparaison, qui auparavant n'existait pas, entre ces deux moitiés de la Polynésie, permet de résoudre diverses questions actuelles ou historiques, et même sur le plan linguistique, concernant la Polynésie orientale. On citera quelques exemples.

Identity and History

Serge TCHERKOV
CNRS / EHESS/CREDO, Marseille, France

While Western social-science theorists today are often smugly "post-modern" in their approach, deriding any attempt at perceiving cultural identity, Pacific societies are increasingly asserting their claim to a specific identity. The resulting tension will be examined with a few examples "from the field", ie the Samoan Government and the tension in its search for a political system that satisfies both the "democratic" imperatives of globalisation and an identity defined as "faa Samoa", which is preferred by the people's representatives and, therefore, linked to "traditional, chiefly" notions. The next example is the Kingdom of Tonga and the similar tension there with the search for a democratic renewal that would reform the role of Parliament, as against the devotion to the Monarchy that symbolises national identity. French research, facilitated by CNRS, has contributed a number of innovative studies on these issues. In the early 90's, a high-level decision was made by the Inter-ministerial Committee for Land Use Planning (CIAT) headed by Minister C Pasqua to equip France with a Pacific Research and Information Centre so as to make up for the shortfall in this area. Other continents were already covered by social and human science research centres within CNRS, but Oceania had been overlooked. The centre, known as CREDO, was soon set up. Although CREDO also places a major emphasis on archaeology, the presentation will focus only on research in anthropology, sociology and history, as another workshop will centre on archaeological issues.

A twofold renewal ensued. Attempts were made to link ethnological studies that suffered from a sometimes anhistorical bias with ethnological history, a major example being a collective publication issued by CNRS in 1997 that signalled this new trend. Also, moves to compare the East and West of Polynesia were initiated. In Melanesia, research had been underway for some time already. The new direction consisted mainly of opening up English-speaking Western Polynesia, which had, so to speak, been traditionally overlooked by French research. The approach adopted was to initially undertake intensive field and documentary research in this region and then come back to French Polynesia with a fresh outlook In practice, by making this unprecedented comparison, a number of current, historical and even linguistic issues were resolved in Eastern Polynesia. Examples will be provided.

Recherche française aux Salomon: bilan et perspectives

L. FOANAOTA

Muséum national des Îles Salomon

Une association néo-calédonienne, l'Association Salomon, organise depuis 25 ans des missions de recherche sur les épaves de l'expédition Lapérouse à Vanikoro. Ces recherches historiques font aujourd'hui l'objet d'une coopération suivie avec les îles Salomon qui considèrent que les événements survenus à Vanikoro en 1788 font partie de leur patrimoine historique. Le point de vue du Directeur du Musée National, responsable de la gestion des recherches culturelles fournit un éclairage intéressant pour comprendre les enjeux régionaux de la coopération culturelle.

French Research in the Solomons: stocktake and future prospects

L. FOANAOTA

Solomon Islands National Museum

For 25 years now, the New Caledonian *Association Salomon*, has been organising research trips to the Lapérouse expedition wrecks on Vanikoro. This historical research is now part of ongoing co-operation with the Solomon Islands who see the events that occurred on Vanikoro in 1788 as being part of their historical heritage. The views of the National Museum Director, who manages cultural research, shed interesting light on the regional issues involved in cultural co-operation.

La recherche française dans le pacifique : la linguistique

Darrell TRYON

Directeur Adjoint, Institut d'études océaniennes et asiatiques, Université Nationale d'Australie, Canberra, Australie

Dès le début des années 1960, les linguistes français contribuent de manière significative à ce domaine, surtout en matière de linguistique austronésienne, de sociolinguistique et de recherche sur les créoles et pidgins océaniens.
Parmi les linguistes pionniers du monde francophone en Mélanésie, citons Maurice Leenhardt, M-H. Lenormand, et A-G. Haudricourt ainsi que son équipe du CNRS à Paris, notamment Jean-Claude Rivierre, Françoise Ozanne-Rivierre, Claire Moyse-Faurie et Isabelle Bril. Cette équipe a mené des travaux de grande envergure en Nouvelle-Calédonie et, dans une moindre mesure, au Vanuatu (anciennes Nouvelles-Hébrides). Toujours en Nouvelle-Calédonie, nous bénéficions des apports inestimables de Jacqueline de la Fontinelle, de Claude Lercarie, de Léonard Sam, de Sylvain Aramiou et de Jean Euritein. Au Vanuatu, Jean-Michel Charpentier effectue fidèlement des travaux de recherche depuis plus de trente ans, tout comme Michel Auffray (INALCO), rejoint récemment par Alexandre François. En Polynésie, les études des linguistes et ethnolinguistiques sont également considérables, notamment celles d'Henri Lavondès, d'Yves Lemaître (tous deux de l'IRD, soit l'ancien ORSTOM), de Louise Peltzer (Université de la Polynésie Française), de Jean Marius et de Duro Ra'apoto, de Jacques Vernaudon ainsi que de l'évêque Hervé-Marie Lecléach, sans parler des travaux entrepris par l'Académie Tahitienne (Fare Vana'a).
Alors que la recherche linguistique des années 1960 est surtout menée par des laboratoires individuels, depuis les années 1980, particulièrement pendant les années 1990, la collaboration internationale joue un rôle toujours plus important dans le Pacifique. Cette collaboration est caractérisée par le travail collectif de linguistes et d'ethnolinguistes australiens, néo-zélandais et océaniens (fidjiens, vanuatais) avec la participation de l'Université Nationale d'Australie, de l'Université d'Auckland, de l'Université du Pacifique Sud et de l'Université d'Hawaii.
Enfin, les études des différentes sous-disciplines de la linguistique s'internationalisent de plus en plus, la nature de la recherche entreprise évoluant de la documentation de base vers différents niveaux de synthèse. En outre, la recherche en linguistique, ainsi que dans les domaines associés (archéologie, anthropologie, géographie culturelle et génétique) deviennent inéluctablement interdisciplinaires au fur et à mesure que les chercheurs s'efforcent à résoudre certaines des problématiques les plus vastes des sciences humaines.

French research in the Pacific: linguistics

Darrell TRYON, Deputy Director

Research School of Pacific and Asian Studies, Australian National University, Canberra, Australia

Since the early 1960s French linguists have made a significant contribution to the field, especially in terms of Austronesian linguistics, sociolinguistics, and Pacific pidgin and creole studies.

Among the French linguist pioneers in Melanesia were Maurice Leenhardt, M-H. Lenormand, and A-G. Haudricourt and his team from CNRS in Paris, especially Jean-Claude Rivierre, Francoise Ozanne-Rivierre, Claire Moyse-Faurie, and Isabelle Bril. The CNRS team has conducted very extensive research in New Caledonia and to a lesser extent in Vanuatu (formerly the New Hebrides). Also in New Caledonia there are the invaluable contributions of Jacqueline de la Fontinelle, Claude Lercarie, Sam Leonard, Sylvain Aramiou and Jean Euritein. In Vanuatu, Jean-Michel Charpentier has been an active researcher for over thirty years, as has Michel Auffray (INALCO), recently joined by Alexandre François. In Polynesia, the involvement of French linguists and ethno-linguists has also been considerable, among whom number Henri Lavondès, Yves Lemaître, (both IRD, formerly ORSTOM), Louise Peltzer (Université de la Polynésie Française), Jean-Marius and Duro Ra'apoto, and Jacques Vernaudon, as well as Bishop Hervé-Marie Lecléach, to say nothing of the work of the Académie Tahitienne (Fare Vana'a).

While in the 1960s much of the linguistic research carried out was at the level of individual laboratories, since the 1980s and especially the 1990s there has been increasing international collaboration in linguistic research in the Pacific, in which French researchers and research teams work collectively with linguists and ethno-linguists from Australia and New Zealand and other parts of the region, for example Fiji and Vanuatu, involving the Australian National University, the University of Auckland, the University of the South Pacific and the University of Hawaii.

Research in the various sub-disciplines of linguistics is increasingly becoming internationalised, as the nature of the research undertaken changes from basic documentation to various levels of synthesis. Moreover, research in linguistics and its allied disciplines of archaeology, anthropology, cultural geography and genetics is becoming necessarily interdisciplinary, as scholars attempt to grapple with some of the bigger questions in the human sciences.

Les représentations esthétiques dans la région Pacifique

Sylvie ANDRÉ

Université de la Polynésie française, Papeete, Tahiti

Les représentations esthétiques (littérature, arts graphiques et arts plastiques, productions cinématographiques) peuvent être étudiées comme le lieu par excellence de la négociation de la définition d'une identité individuelle et communautaire. Cette négociation implique certes des facteurs culturels mais aussi économiques, juridiques et sociaux. L'étude des représentations doit donc se faire par un recours constant à diverses disciplines : histoire, sociologie, ethnologie, droit, sémiotique... Deux concepts théoriques semblent particulièrement opératoires dans la région Pacifique, ceux de multiculturalisme et de postcolonialisme. L'un des intérêts qu'ils présentent est de faire l'objet d'un questionnement sur leur légitimité même à partir des situations politiques, économiques et historiques des sociétés de la région Pacifique.

Aesthetic representations in the Pacific region

Sylvie ANDRÉ

University of French Polynesia, Papeete, Tahiti

Aesthetic representation (eg literature, graphic and plastic art and film production) can be studied as the prime medium for negotiating and defining individual and collective identity. While such negotiations do, of course, involve cultural factors, they also bring legal and social issues into play. In order to study representations, other disciplines such as history, sociology, anthropology, law and semiotics must be drawn upon. Two theoretical concepts seem to be particularly prevalent in the Pacific region, ie multiculturalism and post-colonialism. One of the advantages of these concepts is that questions can be asked as to their very legitimacy, based on political, economic and historical situations in Pacific society.

La géographie au service du développement et de l'environnement? Bilan de 50 ans de géographie francophone en Océanie

Jean-Michel LEBIGRE (1), P. D'Aquino (2)

(1) Professeur des universités, UNC, Nouméa
(2) Chercheur, Institut Agronomique néo-Calédonien, Pouembout

Une cinquantaine de géographes ayant soutenu des thèses de doctorat ou publié en langue française sur l'Océanie a été répertoriée à l'usage de cette communication. Après une brève chronologie des étapes de la recherche dans cette discipline, est présentée une typologie des principaux thèmes abordés, fondée sur une bibliographie de plus de 120 références: géographie régionale (par entité territoriale), géomorphologie, climatologie, biogéographie, risques naturels, conservation du patrimoine, géopolitique, géographie culturelle, géographie historique, géographie urbaine, géographie rurale, analyse régionale, géographie sociale, géographie du développement et des activités (pêche, tourisme notamment). Il est remarquable que de nombreux travaux s'inscrivent à l'interface de disciplines aussi distantes que l'hydrologie marine (une partie des travaux d'André Guilcher), la géologie (exemple des travaux de Richard Maire sur les karsts de Nouvelle-Guinée) ou l'anthropologie (comme dans le cas des travaux de Joël Bonnemaison). Il n'est donc par étonnant que la plupart des études de Géographie s'inscrivent dans le cadre de collaborations avec d'autres disciplines, généralement par le biais de programmes pluridisciplinaires: les atlas, remarquables outils au service du développement, sont tout à fait révélateurs du phénomène. Dans ce contexte, l'ORSTOM, avant de devenir l'IRD, a joué un rôle considérable, qui ne pourra être repris par les jeunes universités de langue française que lorsque celles-ci pourront enfin disposer du personnel nécessaire.

En fait, la recherche francophone en Géographie dans le Pacifique a été marquée pendant ces 50 dernières années par son caractère éclectique. Cette affirmation vaut aussi bien d'un point de vue thématique que de celui des espaces et lieux concernés, même si les espaces francophones (Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Wallis et Futuna, Vanuatu) ont été largement privilégiés. Cette relative dispersion découle de la nature même de la discipline, du petit nombre de chercheurs et du caractère souvent pionnier, à l'échelle de cette immense région, de la plupart des études. À l'image de ce que montrent les atlas de la Nouvelle-Calédonie et de la Polynésie française, la volonté de faire le lien entre les composantes environnementales et sociales des régions étudiées est sans doute davantage mise en avant que celle de travailler au service du développement, idée implicite mais, dans un cas sur deux, mal affichée. Aujourd'hui cependant, la prise de conscience de la nécessité de recentrer les recherches de géographie sur le développement local en mettant fortement en avant la gestion de l'environnement tend à s'imposer.

Geography in the service of development and environment? A review of 50 years of French-language geography in the Pacific

Jean-Michel LEBIGRE (1), Patrick D'Aquino (2)

(1) Professor, UNC, Noumea, New Caledonia
(2) Research Scientist, New Caledonian Institute of Agriculture, Pouembout

Approximately fifty geographers who submitted doctoral theses on the Pacific written in French were listed for the purposes of this presentation. After a brief chronological outline of the stages that research in this discipline has been through, a classification of the topics addressed will be presented based on a bibliography providing over 120 references: regional geography (by territorial entity), geomorphology, climatology, biogeography, natural risks, heritage conservation, geopolitics, cultural geography, historical geography, urban geography, rural geography, regional analysis, social geography, development and industrial geography (particularly fisheries and tourism). A notable feature was that many theses interfaced with other disciplines as far apart as marine hydrology (eg some of André Guilcher's work), geology (such as Richard Maire's work on karsts in New Guinea) and anthropology (as in the case of Joël Bonnemaison). It is therefore not surprising that most Geography research was conducted in co-operation with other disciplines, generally as part of multidisciplinary programmes. This is where ORSTOM, before becoming IRD, played a major role, which the young French-speaking universities will not be able to take over until they eventually have the required staff.

French geographical research in the Pacific has been characterised over the past 50 years by what may be described as eclecticism. This statement applies as much to the choice of topics as to the areas and locations covered, even if French-speaking locations (New Caledonia, French Polynesia, Wallis & Futuna and Vanuatu) account for the overwhelming majority. This relative dispersal is a result of the discipline's very essence, the small number of researchers and the pioneering nature of most of the studies undertaken in this vast region. In the same vein as the atlas of New Caledonia and French Polynesia, the aim of linking up the environmental and social aspects of the regions studied is clearly more evident than any intention of working for development per se, which, although implicit, is not overtly stated in a good half of the cases. Today, however, there is an increasingly keen awareness of the need to refocus geographical research on local development with a heavy emphasis on environmental management.

Intégration de la culture océanienne dans l'urbanisme et l'aménagement local

Luciano MINERBI (1) et P. M. Decoudras (2)

(1) Département d'urbanisme et d'aménagement régional, Université d'Hawaii à Manoa (UHM), Honolulu, États-Unis
(2) Université de la Polynésie Française (UPF), Papeete, Tahiti

L'urbanisme participatif exige l'apport des populations insulaires à la prise de décisions et doit aboutir à l'intégration de l'aspect culturel dans l'évaluation écologique, l'établissement de plans et la gestion des projets. La culture du peuple autochtone est un élément explicite de la prise de décision au moyen de démarches participatives entre les acteurs. Or, l'apprentissage réciproque dans l'effort d'urbanisme réalisé en partenariat en est un fruit. En effet, la législation incite l'urbanisme à évoluer dans ce sens.

Des études de cas ont été entreprises en matière d'apprentissage par le biais du service communautaire ainsi que dans le domaine de la recherche-action participative dans le cadre d'interactions avec les Océaniens. Cette approche impose la collaboration entre les instances administratives, l'université, la population autochtone d'une zone donnée et le secteur privé.

L'université a un rôle constructif à jouer dans ce type de partenariat, surtout à travers son apport pédagogique à l'apprentissage par le biais du service communautaire. Cette approche est de plus en plus établie dans les mœurs, permettant ainsi l'expression de l'identité des Océaniens, surtout de leur lien intime avec la terre, lors de la recherche de plans ou de programmes d'aménagement. La réussite de cette démarche est conditionnée par mesure dans laquelle les nouveaux et les anciens, les allochtones et les autochtones, apprennent à engager un dialogue constructif favorisé par l'apport de l'équipe universitaire qui joue des rôles multiples : chercheur, observateur, témoin, intermédiaire-conciliateur, animateur. L'université, l'institut technique et le lycée du secteur en question doivent collaborer dans une démarche éducative centrée sur la résolution d'un problème, s'ils souhaitent agir au service d'une localité.

En conclusion, le multiculturalisme, l'apprentissage réciproque et l'approche participative font évoluer les principes d'urbanisme, permettant ainsi une meilleure mobilisation de ressources limitées afin de satisfaire aux besoins de la population, de favoriser le développement durable et de préserver l'environnement. Ces changements passent par une réaffectation des ressources, le recyclage des urbanistes et l'élaboration de procédures permettant l'intégration de la culture dans le processus d'urbanisme.

Incorporating indigenous island culture in local area planning

Luciano MINERBI (1), P. M. Decoudras (2)

(1) Department of Urban and Regional Planning, University of Hawaii at Manoa (UHM), Honolulu, USA
(2) University of French Polynesia (UPF), Papetee, Tahiti, French Polynesia

Participatory planning calls for island people" input in decision making resulting in the incorporation of the cultural aspect in environmental assessment, plan making, and project management. The indigenous culture is an explicit aspect of decision making via collaborative approaches among stakeholders. The result is multicultural co-learning for partnership in local area planning. Legislation move planning in this direction.

Case studies based on service learning and participatory action research involving Pacific islanders. This approach requires collaboration among government agencies, university, the indigenous people of a given place, non-governmental organizations, and the private sector.

The university has a constructive role to play in these partnerships, when it moves into a service learning pedagogical mode. This approach is being slowly institutionalized. A result is that people's identity and heritage is expressed in its familial relationship to the land when searching for appropriate development plans and programs. The success depends to the extent in which newcomers and old-timers, outsiders and native, learn a constructive dialogue facilitated by the university team who acts in multiple roles as researcher, observer, witness, shuttle-diplomat and facilitator. The graduate university, the community college, and the local high school should link with each other with a problem centered approach to education to be of sustained service to a locality.

Multiculturalism, mutual learning, and participatory processes are changing the ways of doing planning and lead to better mobilization of limited resources needed to meet human needs, promote sustainable development, and take care of the environment. This entails reallocation of resources, retrain planners, and develop procedures to effectuate integration of culture in the planning process.

Identités post-coloniales en Mélanésie

Michael NAEPELS
GDR 2835 (CNRS), Paris, France

Dans un contexte où les identités sociales et culturelles ont été en partie forgées les unes par rapport aux autres dans le cadre des États coloniaux, les débats portant dans la Mélanésie contemporaine sur les mouvements néo-coutumiers de renaissance culturelle comme sur l'existence de sociétés multiculturelles ou métissées ne sont compréhensibles que par la combinaison d'approches anthropologiques et historiques, qui permettent d'aborder les formes spécifiques qu'y prend le changement social. Mais les perspectives de recherche en vue d'une meilleure compréhension des enjeux sociaux contemporains sont particulièrement dépendantes en Nouvelle-Calédonie de la création d'une nouvelle organisation de la recherche, articulant de nouveaux espaces de formation, de travail et de discussion.

Post-colonial Identities in Melanesia

Michael NAEPELS
GDR 2835 (CNRS), Paris, France

In a context where social and cultural identities were partly shaped in terms of each other under colonial governments, the debate in contemporary Melanesia on neo-customary movements seeking cultural revival and on multicultural or multi-ethnic societies can only be understood by combining anthropological and historical approaches that enable the analyst to address the specific forms of social change occurring in them. The prospects for research for a better grasp of contemporary social issues in New Caledonia is, however, particularly dependent on the setting up of a new research organisation with new training and research facilities and discussion forums.

Cultures, identités, patrimoine, espaces et développement

Communications affichées

Cultures, identities, heritage, land and development

Poster presentations

Recherches archéologiques sur l'atoll de Temoe, archipel des Gambier, Polynésie française

Eric CONTE (1) P. Murail (2)

(1) Université de la Polynésie française et UMR- 7041, CNRS, Paris-1, Paris X
(2) UMR 5809, Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé, Univ. Bordeaux 1

Temoe est un atoll de taille modeste (6,5 km sur moins de 4 km), situé à 48 km des îles hautes de l'archipel des Gambier (Mangareva). C'est l'île la plus orientale de la Polynésie française. En 1838, les missionnaires catholiques persuadèrent ses 80 habitants de l'abandonner pour aller vivre sur les îles hautes. Désert depuis cette date, cet atoll conserve intacts de très importants ensembles monumentaux (*marae*, monticules et monuments funéraires, soubassements de maisons, chemins pavés...) contrairement aux îles hautes où la plupart des monuments furent détruits et aux atolls des Tuamotu maintes fois ravagés par les cyclones. C'est donc un terrain de recherche exceptionnel pour étudier la vie d'une communauté polynésienne sur un atoll à la période pré-européenne. Nous y conduisons un programme depuis 2001. Il a reçu, depuis le début, le soutien du Gouvernement de la Polynésie française (Ministère de la Culture) et, depuis 2002, celui de la Sous-direction de l'archéologie du Ministère de la Culture métropolitain.

Les principaux axes de notre recherche sont les suivants :

- Il s'agit de déterminer l'ancienneté de l'occupation humaine de l'atoll, sa place dans le peuplement de la région et ses interactions avec les îles environnantes (les îles hautes des Gambier, mais aussi Pitcairn, Henderson, etc).
-Nous étudions tous les monuments, probablement à fonction cultuelle, qui se trouvent sur la façade de l'atoll tournée vers l'océan. A l'heure actuelle ce sont 301 structures, appartenant à trois ensembles, qui ont été enregistrées (relevé, description, etc.) et qui sont gérées sur le logiciel ArcView. Certaines de ces structures, dont on soupçonnait la fonction funéraire, ont été fouillées, ce qui donne des indications sur les rituels, les caractères physiques et biologiques des anciennes populations de l'île (cf. poster Murail et Conte) ;
-Nous avons entrepris la fouille de plusieurs grandes maisons (plus de 350 m^2 de surface pour certaines) rencontrées en bordure de lagon et dont au moins une est reliée au principal marae du côté large par un chemin, ce qui indique une relation, à préciser, entre ces vastes constructions et les espaces rituels ;
-Grâce aux vestiges (objets, restes osseux, etc.) trouvés dans nos fouilles, nous voulons mieux connaître la vie matérielle de cette communauté à la période pré-européenne (ressources marines et terrestres, techniques de pêche et horticoles, etc).

Ce programme devrait encore se poursuivre sur trois ans. Parce que la vie d'une communauté ne peut être comprise que dans ses interactions avec son environnement naturel, nous souhaiterions que l'atoll de Temoe, qui n'a guère été perturbé par l'Homme depuis plus de 150 ans, devienne à l'avenir le lieu d'une étude pluri-disciplinaire associant archéologues et spécialistes d'écologie marine et terrestre.

Ostéoarchéologie, paléogénétique et anthropologie moléculaire aux îles Gambier (Polynésie française)

Pascal MURAIL (1), E. Conte (2)

(1) UMR 5809, Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé, Université Bordeaux 1, France
(2) Université de la Polynésie française et UMR- 7041, CNRS, Paris-1, Paris X

Le débat sur l'origine des Polynésiens et les modalités du peuplement de cette partie de l'Océanie est alimenté depuis plusieurs décennies par une approche pluridisciplinaire intégrant archéologie, ethno-histoire, linguistique et anthropologie biologique. Récemment, l'anthropologie moléculaire des populations actuelles y a participé de manière incisive, proposant notamment une origine indonésienne au fait polynésien, et mettant en exergue la très faible diversité génétique observée. Pourtant, il reste beaucoup à faire, tant ces différents travaux ne sont pas représentatifs de l'ensemble de la Polynésie. C'est pourquoi nous développons depuis 2002 un programme de recherche en anthropologie dans la partie orientale de la Polynésie (îles Gambier), pour combler les lacunes concernant aussi bien la palethnologie funéraire, l'anthropologie biologique des anciens polynésiens et l'anthropologie moléculaire des populations actuelles.
La fouille d'ensembles funéraires sur l'atoll de Temoe (voir poster Conte et Murail) a permis de mettre en évidence des structures et des pratiques funéraires originales dans le contexte polynésien : structures funéraires en corail, *modus operandi* répétitif pour certains paramètres, diversité des positions d'inhumation, inhumations primaires pour les adultes et secondaires pour les très jeunes enfants. Les premières observations paléoanthropologiques ont permis de retrouver certains indicateurs biologiques caractéristiques des anciens polynésiens (caractères discrets dentaires, morphologie de la mandibule de type « rocker jaw », etc.). Parallèlement, un programme d'études sur la diversité génétique des populations actuelles a été engagé, notamment sur l'ADN mitochondrial. Les premiers résultats obtenus pour la population de Mangareva confirme la grande homogénéité génétique retrouvée ailleurs mais n'exclut pas une contribution mélanésienne au peuplement de cette partie de la Polynésie. La confrontation de ces données avec les résultats paléogénétiques issus des ossements de Temoe (en cours de réalisation) constituera un nouvel élément de discussion sur le peuplement de la Polynésie.

Histoire d'un périple

Serge DUNIS

Dépasser le triangle polynésien en aval comme en amont, revenir sur l'odyssée Lapita et la résurrection des voyages au long cours en pirogue double, poursuivre l'élucidation de la mythologie polynésienne, établir la jonction entre îliens et Amérindiens, défendre et illustrer la littérature de voyage, telles étaient les ambitions majeures de la Jeune Équipe MAUI transformée en Équipe d'Accueil I'A. MAUI en hommage au demi-dieu pêcheur des archipels, I'A par respect pour ses prises. MAUI: Mouvement des Anglicistes, Américanistes et Antiquisants des Iles. I'A: Institut des Anglicistes, Américanistes, Antiquisants et Anthropologues. Le tout couronné par le DEA Imago Mundi, Voyages, Civilisations, Littératures dans le Pacifique.

Le projet de boucler la boucle asiate du grand Océan, de circonscrire le tiers liquide du globe, de fermer le cercle tiré d'Asie pour englober à la fois les Amériques via Béring et les archipels via Taïwan, ce projet s'est pleinement réalisé dans les trois ouvrages collectifs internationaux entre collègues: *Le Pacifique ou l'odyssée de l'espèce, bilan civilisationniste du grand Océan*, Paris, Klincksieck, 1996, 430 p. *D'Île en Île Pacifique*, Paris, Klincksieck, 1999, 422 p. *Le Grand Océan, le temps et l'espace du Pacifique*, Genève, Georg, Collection Ethnos, 2003, 520 p. et les deux ouvrages collectifs entre lauréats du DEA: *Mythes et Réalités en Polynésie, Papeete*, Éditions Haere Po, 2000, 261 p. *Éloge du Métissage, Mythes et Réalités en Polynésie II*, Papeete, Éditions Haere Po, 2003, 327 p.

Le grand Océan est un aboutissement dans lequel on trouve, entre autres, la génèse volcanique des îles (Alain Bonneville), l'archéologie de la Nouvelle-Calédonie et celle de Wallis et Futuna (Christophe SAND), la rencontre des routes maritimes polynésiennes et amérindiennes au large de l'Île de Pâques (Serge Dunis) et l'historique de la renaissance des pirogues hauturières narré par le maître d'astres et de navigation Ben Finney.

La carte archéologique de la Polynésie française : occupations des territoires et organisation sociale et politique

Henri MARCHESI, T. Maric, C. Dauphin, R. Graffe

Service de la Culture et du Patrimoine dHistoire d'un périple

La carte archéologique de la Polynésie française recense dans une base de données couplée à un SIG l'ensemble des sites archéologiques et légendaires du pays. Elle repose sur des données anciennement acquises et sur de nouvelles prospections et sondages qui concernent pour la plupart des vestiges de surface généralement datés entre le XVIIe et le début du XIXe siècle. Ce programme a pour finalité l'analyse de l'organisation pré-européenne des espaces par l'étude des relations entre les structures domestiques, communautaires et religieuses : habitats, aires de fabrication d'outils, sites horticoles, sépultures, sites religieux (*marae* et lieux légendaires), plate-formes de réunion, etc. Il est aussi nécessaire de rechercher des témoignages plus anciens afin d'acquérir une profondeur historique qui fait encore largement défaut puisque le premier peuplement des archipels n'est toujours pas daté. Ce programme répond à la nécessité de compléter des connaissances encore très fragmentaires afin de permettre des études à l'échelle d'une île et des comparaisons entre îles et archipels qui mettent en évidence un fond commun et des particularités locales qu'il faudra expliquer. La priorité est donnée aux îles où le potentiel archéologique et légendaire est le plus menacé par le développement démographique et économique et par les facteurs naturels d'altération (érosion, ruissellement des eaux, pluies, etc.). Quelques études récentes, mettant en évidence la relation entre habitats et *marae*, ou encore la spécialisation de certaines vallées consacrées à l'horticulture alors que d'autres le sont pour l'extraction du basalte et la fabrication d'outils, illustrent cette recherche. Cette gestion de l'espace témoigne de l'organisation sociale et politique des anciens Polynésiens qui l'ont mise en place et de leur adaptation au milieu naturel.

Une île entre deux mondes : dynamiques culturelles préhistoriques à Cikobia, Fidji

Christophe SAND, F. Valentin, J. Bolé, A. Ouetcho

Une étude archéologique a été récemment achevée sur la petite île de Cikobia, positionnée à l'est de l'archipel fidjien, à la frontière culturelle. Dans le cadre d'un programme de coopération régionale, la problématique s'articulait autours des mécanismes de différenciations culturelles dans l'espace insulaire frontalier entre la Mélanésie et la Polynésie. Les travaux de terrain ont permis de reconstruire une chronologie historique, débutant il y a un peu moins de 3000 ans par l'arrivée de groupes de l'ensemble culturel Lapita. L'inventaire des sites a montré que malgré la petite taille de l'île, celle-ci avait été densément occupée à la fin de la chronologie, avec la construction en particulier de toute une série de fortifications. L'étude du matériel archéologique découvert a de son côté démontré que, loin d'être isolée comme le veut la tradition, Cikobia avait par le passé été en contact avec des groupes à l'est comme à l'ouest, permettant par exemple l'importation de matières premières ou de produits finis exogènes. Le poster présentera les résultats les plus significatifs de ce programme en cours de publication.

Traditions funéraires et stratégies de subsistance à Cikobia (Fidji)

F. VALENTIN, C. Sand, I. LeGoff, H. Bocherens, J. Bolé, A. Ouetcho

Au cours du programme de coopération archéologique régionale mené par deux équipes océaniennes (Nouvelle-Calédonie et Fidji) et une équipe française, sur l'île de Cikobia (Fidji), un effort de recherche particulier a porté sur l'étude des traditions funéraires et des restes humains qui sont porteurs d'informations spécifiques. Non seulement des inventaires et des relevés de sites sépulcraux ont été réalisés mais également des fouilles d'ensembles de sépultures qui ont suivies les principes et méthodes développés par les paléoanthropologues de UMR 5809 du CNRS. Des analyses paléobiologiques ont été effectuées in situ et des échantillons osseux prélevés. Ces derniers ont permis une analyse approfondie des régimes alimentaires. Le poster présentera les principaux résultats en les resituant dans le contexte archéologique de l'île.

De Lapita à « La Nouvelle » ou la complexité des dynamiques historiques dans un archipel mélanésien : résultats récents de l'archéologie calédonienne

Christophe SAND, F. Valentin, J. Bolé, A. Ouetcho

La multiplication des recherches archéologiques en Nouvelle-Calédonie sous l'impulsion du Département local d'archéologie au cours de la dernière décennie, avait pour objectif de mieux caractériser les dynamiques culturelles ayant jalonné la longue histoire humaine de l'archipel, en sortant en particulier d'une étude axée uniquement sur la typologie céramique. Les spécificités et la chronologie de la phase de premier peuplement humain, liée à l'ensemble culturel Lapita, ont été grandement précisées. Le développement de recherches sur des sites kanaks d'habitat, de cultures horticoles intensifiées, ainsi que sur des structures monumentales, en parallèle à des travaux sur les évolutions des écosystèmes au cours du temps, ont permis de redéfinir les évolutions culturelles dynamiques de la chronologie préhistorique. Un programme spécifique axé sur l'anthropologie physique et les traditions funéraires a été mené en partenariat, avec en particulier une étude de collections muséographiques et la mise en place de nouvelles méthodologies d'études sur le terrain. Enfin, ont été développés pour la première fois en Nouvelle-Calédonie des travaux archéologiques sur le patrimoine historique lié à la période coloniale. Ce poster présentera une synthèse de ces résultats récents, agrémentés d'illustrations.

Observations sur les représentants des plus anciennes populations du Vanuatu, de la Nouvelle-Calédonie et de Fidji

F. VALENTIN, F. Détroit

Des recherches récentes dans plusieurs archipels de Mélanésie insulaire ont permis la découverte de restes humains en rapport avec le début du peuplement des archipels du Vanuatu, de la Nouvelle-Calédonie et de Fidji. Le poster présente les résultats d'analyses de la morphométrie de plusieurs régions crâniennes. Des comparaisons avec les populations anciennes d'Asie du Sud-Est suggèrent leur plus grande affinité morphologique avec les représentants des groupes pré-néolithiques.

Au moins 2000 ans d'histoire en Micronésie centrale

Jean Christophe GALIPAUD

IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

L'origine et la datation du peuplement initial des îles et atolls de la Micronésie Centrale fait l'objet depuis quatre ans d'un projet de recherche dirige par Jean-Christophe Galipaud. Ce projet financé par l'IRD et le Ministère des Affaires Étrangères a fait l'objet d'un appui logistique de l'Ambassade de France aux îles Fidji. Les recherches centrées autour du site mégalithique de Nan Madol dans l'île de Ponape et dans l'atoll de Ahnd ont permis de caractériser une occupation très ancienne, datée de la fin du premier millénaire avant notre ère. Les traces érodées de cette occupation suggèrent que des transformations importantes du milieu côtier ont affecté ces îles peu après le peuplement initial par l'Homme.

Les rescapés de l'expédition Lapérouse à Vanikoro: la fouille archéologique du Camp des Francais

Jean-Christophe GALIPAUD

En 1788, les deux navires de l'expédition Lapérouse font naufrage à Vanikoro. Deux siecles plus tard, une mission de recherche organisée par l'IRD et l'Association Salomon met à jour les vestiges d'un camp occupé par les rescapés du naufrage dans la baie de Paiou, au sud-est de Vanikoro. La fouille du camp nous révèle petit à petit le sort de ces survivants.

De Vanikoro à Santo : Environement et peuplement des îles du Vanuatu

Jean-Christophe GALIPAUD

Le peuplement des îles lointaines de l'Océanie insulaire a necessité une bonne maîtrise de la navigation hauturière. À partir des îles Santa Cruz, les distances maritimes s'accroissent et la taille des îles diminue. Les îles volcaniques du nord du Vanuatu semblent une voie de passage obligée vers la Nouvelle-Calédonie et Fidji. Dans le cadre du programme de recherche de l'UR 092 de l'IRD intitulé Adaptation humaines aux environements tropicaux durant l'holocene, Jean-Christophe Galipaud étudie depuis quatre ans les conditions, il y a 3000 ans, de la pénétration humaine dans ces archipels. Les résultats de ces recherches montrent que la recherche de nouvelles îles a été systématique et que les découvreurs favorisaient certains environements dont ils exploitaient les ressources.

Territoires coutumiers et développement en Mélanésie: Îles Loyauté, Vanuatu, Fidji

Jean-brice HERRENSCHMIDT

L'articulation difficile entre le caractère coutumier des terres mélanésiennes et les politiques de développement est souvent décrite comme la cause de leur échec.
La territorialité mélanésienne détermine l'identité des groupes sociaux dans une quête ontologique d'immanence et de transcendance. Ses fondements cosmologiques créent en effet une représentation dualiste du territoire articulant une combinaison unique des lieux d'enracinement identitaires du groupe et les réseaux socio-politiques qu'il a tissés.
Cette représentation s'exprime dans l'organisation concrète duelle du territoire: les lieux-dits du terroir sont occupés et aménagés pour enraciner le groupe et fonder sa cohésion, tandis que les réseaux socio-politiques se déploient pour former des configurations géopolitiques originales et complexes très sensibles dans les villages. Cette organisation socio-spatiale a une incidence directe sur les pratiques du développement.
Les territoires coutumiers sont en mutations profondes, entraînant de graves crises foncières qui cachent des conflits plus territoriaux que spatiaux. Les politiques foncières qui y répondent par des cadastres coutumiers butent sur leur légitimité et sur un risque d'instrumentalisation par certains groupes locaux. L'histoire de l'insertion économique des Mélanésiens et la modélisation des économies insulaires dépendantes relativisent alors l'échec des politiques de développement, et l'étude de différents projets révèle comment les acteurs locaux font en réalité du développement, comme des politiques foncières, une arène politique et territoriale. Occulter cette dimension aboutit à des pratiques de développement et d'aménagement de l'espace inadéquates que l'idéologie dualiste coutumière réactualisée institutionnellement semble pouvoir éviter.

Dynamiques des populations et des communautés dans la Nouvelle-Calédonie contemporaine

Hamid MOKADEM

La répartition territoriale des groupes sociaux de la Nouvelle-Calédonie contemporaine résulte des politiques de migrations et de cantonnement de la population autochtone. Une cartographie sommaire de la répartition des populations, selon le critère délibérément simple kanak/non-kanak, dessine des logiques géographiques et spatiales (ville-intérieur, villages-tribus) et fait apparaître des migrations internes et externes dont l'analyse anthropologique met à jour les jeux de déséquilibre entre îles Loyauté/Intérieur et Nouméa/Grand-Nouméa. Le clivage de la répartition inégalitaire se décalque sur un clivage des sociétés lui-même articulé autour des organisations sociales des groupes communautaires.

Civilisation polynésienne

Bruno SAURA

Université de la Polynésie française
Membre d'IRIDIP, maître de conférences en civilisation polynésienne

Dans un cheminement diachronique, allant des temps anciens aux temps modernes, ces travaux s'articulent autour de trois axes: dires autochtones (tradition orale), écrits autochtones, et représentations autochtones.

1. Dires autochtones, tradition orale

Recherches en cours aux îles de la Société. Un ouvrage, achevé, à paraître fin 2004, relatif aux légendes, traditions et à la toponymie de Huahine (îles-sous-le-Vent)

2. Ecrits autochtones (traduction, analyse, publication)

Un de nos axes de recherche prioritaires consiste à faire surgir du passé des manuscrits polynésiens inédits, à les traduire et analyser. Grâce au Ministère de la culture de la Polynésie française, nous avons publié (traduction et édition critique) deux ouvrages sous la formes de Cahiers du Patrimoine, sur la base de ces écrits polynésiens: un relatif à Huahine et Borabora, l'autre à Raiatea (îles-sous-le-Vent).

3. Représentations Autochtones

- Du changement social des XIXème ET XXème siècles: ouvrage *La société tahitienne au miroir d'Israël. Un peuple en métaphore* (CNRS éditions, 2004) ;
- De soi et de l'autre: réédition 2004 (Au vent des îles) de l'ouvrage *Des Tahitiens, des Français: leurs représentations réciproques aujourd'hui.*
- Des coutumes traditionnelles, dans le contexte contemporain: ouvrage *Entre nature et culture. La mise en terre du placenta en Polynésie française* (2003).

Projet d'atlas linguistique de la Polynésie francaise

J.-M. CHARPENTIER
CNRS (charpentierjm@mail.pf)

L'initiative de ce projet revient entièrement à Madame Louise Peltzer pour coordonner ce travail un chercheur du CNRS a été détaché pour deux années (1er décembre 2003-1er décembre 2005) auprès de l'Université de Polynésie française.

Pour résumer, les atlas linguistiques sont des représentations cartographiées des variations lexicales d'une aire culturelle donnée.

Sur un fond de carte comme celui de la Polynésie française, sont placés les lexèmes (les mots) correspondant à un terme choisi comme cible par exemple le mot tahitien 'mata'/œil. Celui-ci est placé à gauche au-dessus de la carte ; il est suivi de sa traduction en français (œil) et en anglais (eye). Sur la carte même, on aura 'nohi' à Napuka (dialecte Fagatau), 'mata' aux Marquises et encore 'mata' à Mangareva, etc. L'avantage d'une telle présentation cartographique est qu'elle permet en un clin d'œil de visualiser les particularités lexicales propres à chaque île ou archipel. Il s'agit donc d'un véritable dictionnaire plurilingue placé sur carte. L'unique inconvénient est que chaque mot-cible nécessite une carte, ce qui limite le nombre d'entrées, les atlas comptent en général 2000 entrées par volume. C'est l'objectif du présent travail.

Toutes les aires linguistico-culturelles de par le monde ne se prêtent pas à la confection de tels atlas ; cela suppose une ancienne civilisation et une langue autrefois communes, ces dernières s'étant diversifiées à la suite de vagues d'immigration et de l'isolement qui s'en est ensuivi.

La Polynésie française répond pleinement à ces critères : une même civilisation toujours heureusement bien vivante et des variantes linguistiques propres à certaines îles et archipels (une vingtaine de points d'enquête environ seront inventoriés).

Que faut-il entendre par Postcolonialisme ?

S. ANDRÉ

Laboratoire de lettres, langues, sciences humaines Iridip
Universite de la polynesie francaise. Etudes postcoloniales dans le pacifique francophone et anglophone

Post-colonialisme avec tiret, synonyme d'après-indépendance
Postcolonialisme sans tiret, évoquant un phénomène purement littéraire de « stratégies d'écriture déjouant la vision coloniale ».
La question est de savoir si l'on peut étudier ces stratégies d'écriture d'un point de vue purement littéraire ou stylistique ou si l'on doit utiliser des critères socio-culturels.
Notre position est que les contextes socio-culturels ne peuvent être écartés sans examen. Des types de colonisation différents donneraient des façons différentes de peindre le monde : ex-colonies anglaises versus ex-colonies françaises, processus de départementalisation largement accepté aux Antilles…
C'est cette piste que nous voudrions suivre pour l'analyse des littératures des ex-TOM du Pacifique, leur spécificité étant moins liée à la francophonie qu'à des processus de colonisation/décolonisation originaux.
L'originalité des littératures francophones et anglophones du Pacifique est étroitement imbriquée avec l'originalité de leur statut politique et idéologique.

The French place in the Bay of Islands, New Zealand

Stuart BEDFORD

Regional Archaeologist, New Zealand Historic Places Trust/Pouhere Taonga, Auckland City (sbedford@historic.org.nz)

Pompallier, the distinctively French print workshop and sole surviving building of the first French Catholic mission headquarters to the Western Pacific, dates from the time when the Bay of Islands was a major trading port. It is an historic link between France and the Pacific: mission recruits from France arrived here before being despatched around NZ and the Pacific.

Witness to "The Birth of the Nation" in New Zealand, ongoing research, maintenance and interpretation of this building includes significant work in conservation, archaeology, anthropology, and heritage management. French influences, including the role of Pompallier at Treaty-making in New Zealand, 1840, & in the development of New Zealand as we know it today continues to be analysed.

Distance, discipline and language differences make contextual research difficult. Much research into the developing relations and influences between the indigenous and the incoming peoples has yet to be done. Mission and other archives in New Zealand, the Pacific, France and Rome remain to be explored. Other areas that have been significantly under-researched include:

- French missionary work and association with colonization throughout New Zealand and the Pacific, including religious and political influences developing back in France ;
- Bishop Pompallier's links with French explorers and the French Navy ;
- Historic trade, commerce and travel within the 19th century Pacific ;
- The impact of introducing print culture, literacy, Christianity and other ideas to the Pacific traditions and languages.

La forêt, le lac, le sang : construction du paysage en Polynésie

Hélène GUIOT

UMR ArScAn 7041, Equipe Ethnologie préhistorique (MAE Nanterre), France

Ce poster présente les résultats de mes recherches ethno-archéologiques, menées dans le cadre de l'équipe Equipe Ethnologie préhistorique (dir. M. Julien) de l' UMR ArScAn 7041 (MAE Nanterre), du GDR 1170 « Origine et évolution des cultures, Socialisation du paysage en Océanie insulaire » (dir. C. Orliac) et actuellement, du GDR 2834 « Etudes interdisciplinaires sur les sociétés anciennes du Pacifique Sud » (dir. F. Valentin). Ces recherches s'inscrivent dans le champ des études consacrées aux relations Homme-Milieu : elles envisagent la façon dont les populations vivant en contexte insulaire tropical, en l'occurrence en Polynésie, interprètent leur milieu et construisent leur paysage. Partant d'un contexte géo-culturel précis, 'Uvea (Wallis), j'ai élaboré un modèle qui illustre la façon dont les insulaires perçoivent leur environnement et le façonnent. Après avoir fait varier les facteurs culturels et environnementaux (Futuna, Marquises) de ce modèle, je mets aujourd'hui en évidence, dans l'ensemble de l'aire polynésienne, la récurrence d'un système de représentations centré sur un espace arboré, souvent tabou, associé à l'eau douce, au renouvellement de la fertilité ainsi qu'à des structures rituelles. Il apparaît alors que les Polynésiens ont une représentation mentale d'un paysage « idéal », véhiculée d'île en île et modelé au gré des divers milieux rencontrés, et en fonction des évènements de leur histoire. La reproduction de ce paysage idéal, qui s'organise autour d'éléments « naturels » (forêts, lacs, montagnes...) et anthropiques (structures rituelles, murs d'enceinte...) avait pour objectif de favoriser le renouvellement de la fertilité de l'île et de l'ensemble des être vivants qui la peuplent. La prégnance dans le temps et dans l'espace de ce système de représentations, fondateur de ces cultures, m'apparaît aujourd'hui comme un nouveau marqueur des sociétés polynésiennes.

L'enseignement des langues et de la culture kanak

Léonard SAM (1), J. VERNAUDON (2)

(1) Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa (sam@univ-nc.nc)
(2) Maître de conférences en linguistique océanienne (vernaudon@univ-nc.nc)

La recherche en matière d'acquisition du langage nous apprend que, dans une situation plurilingue et diglossique, la valorisation des langues maternelles favorise la réussite scolaire, et que le bilinguisme précoce relayé par l'école, loin d'être une source d'interférences, permet le développement d'une compétence équilibrée dans les deux langues.

Fort de ces présupposés théoriques, le laboratoire Transcultures de l'Université de la Nouvelle-Calédonie assure, depuis février 2002 et à la demande du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, l'organisation et le suivi scientifique d'une expérimentation pour l'introduction des langues et de la culture kanak à l'école primaire publique. En 2004, huit enseignants-stagiaires, locuteurs d'une langue kanak, dispensent un enseignement de/en langue kanak (drehu, nengone, ajië, xârâcùù) dans dix écoles primaires du 1er degré, réparties sur les trois provinces. Un dispositif d'évaluation externe, comprenant deux axes complémentaires, permet d'apprécier l'impact de cet enseignement :

- L'axe psycholinguistique, confié à un enseignant-chercheur du laboratoire Education, cognition et développement de l'université de Nantes, mesure l'évolution des compétences langagières des élèves, tant dans la langue maternelle qu'en français, leur attitude face à leur langue maternelle et au français et leur niveau d'estime de soi.
- L'axe sociolinguistique, assuré par un enseignant-chercheur en sciences de l'éducation à Paris V, permet de rendre compte de ce qui se joue hors de la classe de langue, dans l'équipe pédagogique, dans les familles et dans la communauté au sens large.

Les résultats de cette expérimentation, qui seront rendus publics en janvier 2005, permettront aux autorités politiques et pédagogiques de la Nouvelle-Calédonie de juger s'il convient de généraliser le dispositif d'enseignement des langues et de la culture kanak à l'ensemble des établissements du premier degré.

Tourisme : l'avenir economique de Wallis et Futuna ?

Anne-Marie D'HAUTESERRE

Tourism Program Coordinator, Department of Geography, The University of Waikato, Hamilton, New Zealand (adhautes@waikato.ac.nz)

La globalisation de l'économie permet aujourd'hui de concevoir l'insertion d'acteurs autrefois extrêmement marginaux. Sa tournure culturelle permet la commercialisation d'éléments jusqu'alors sans valeur sachant que des processus complexes d'échange et de conversion se manifestent entre les domaines économiques et culturels (Bourdieu). Le tourisme est une des articulations de cette économie globale. Wallis et Futuna est un territoire excentré même à l'intérieur du Pacifique. Cette marginalité a cependant permis la survie de nombreuses coutumes polynésiennes et de paysages «vierges» que certains prônent comme les bases essentielles de l'écotourisme tel qu'il est défini par Ceballos-Lascurain (1983). Ces traditions expriment surtout une 'différence' qui perdure malgré le choc de la colonisation. L'imaginaire social des habitants de Wallis et Futuna pourra-t-il englober la commercialisation de leurs paysages et de leurs usages coutumiers ? On recommande le tourisme pour retenir une plus large proportion de la population mais il faudrait que cette activité soit construite par les habitants de Wallis et Futuna eux-mêmes afin d'assurer le maintien d'une cohérence sociale et culturelle polynésienne et une diffusion à la base de la manne économique vantée par les experts en développement. Ce n'est qu'à la condition d'une participation volontariste et d'un investissement des habitants que le tourisme (un écotourisme durable ?) leur permettra de maintenir leur style de vie (et peut être même de renforcer leur attachement) et non de le marchander en faveur d'investisseurs étrangers dont les intérêts divergeront de ceux de cette localité. Ces acteurs locaux sont déjà insérés dans de nombreux réseaux internationaux et la modernité : on ne pourra donc accuser le tourisme de les détourner de leurs traditions.

Médiation spatiale recherche-action en sciences humaines et sociales pour la mise au point d'un outil d'aide à la décision pour le développement local

Pierre Marie DECOUDRAS

Université de la Polynésie française, IRIDIP (pierre.decoudras@upf.pf)

Progressivement intégrés à l'espace monde, les communautés insulaires subissent les changements initiés par des acteurs étrangers à leur société. En réaction et pour faire valoir leurs droits, elles tentent de valoriser un discours identitaire profondément enraciné à des lieux de références. Le développement *local* privilégie l'initiative et le changement endogène sans négliger la relation avec l'extérieur. Il concerne un territoire limité, sa communauté, ses leaders et accompagne, à l'échelle de l'État, une logique de démocratie participative.

Le territoire est une trame de lieux interdépendants et hiérarchisés, confortée avec le temps, espace d'exclusion et de contrôle des « autres ». L'hypothèse retenue consiste à dire que tout projet de développement change la fonctionnalité des lieux. Ce changement est la plupart du temps imposé de l'extérieur, donc peu ou pas maîtrisé par la communauté locale qui devrait être la première concernée.

Dans les Tuamotu, la mise en place de la réserve de biosphère de Fakarava, du Plan Général d'Aménagement de Fangatau, une réflexion sur le tourisme alternatif à Makatea, ont été autant d'occasions de faire avancer une méthode d'identification des communautés, des lieux de leur territoire, afin de définir les lieux dont le projet exogène pouvaient changer la fonctionnalité sans résistance et ceux pour lesquels le changement devrait faire l'objet d'une médiation.

Cette recherche s'appuie sur un partenariat avec University of the South Pacific (Fiji), Deparment of urban and regional planning (university of Hawaii), Pacifica (Paris IV PRODIG), DyMSET (ADES Bordeaux 3).

Université de la Polynésie française : Axe 2 IRIDIP

Institut de Recherche Interdisciplinaire sur le Développement Insulaire et le Pacifique

L'axe 2 de l'IRIDIP, qui consacre son activité aux aspects institutionnels et politiques de la Polynésie française et des états insulaires du Pacifique sud présente une recherche qui vient de s'achever et trois projets pour 2004-2006.

1. Un ouvrage collectif « François Mitterrand et les territoires français du Pacifique (1981-1988) » publié en novembre 2003 aux « Indes Savantes » sous la direction de J-M Regnault.

L'objet de cette recherche est de montrer l'importance que les TOM du Pacifique ont occupé sous le septennat de François Mitterrand et sa conduite des affaires du Pacifique sud. Il est en même temps l'occasion d'une réflexion sur les thèmes de l'autonomie et de la décolonisation.

2. Les 3-4-5 novembre 2004, l'IRIDIP organise à Papeete un colloque consacré aux 20 années d'autonomie de la Polynésie française (1984-2004). Ce colloque a pour objet d'étudier la dynamique créée par 20 années de statut d'autonomie et les perspectives ouvertes par la réforme constitutionnelle de mars 2003 et la loi organique du 27 février 2004.

3. En janvier 2005, l'IRIDIP va organiser un séminaire ouvert aux professionnels sur le thème « propriété privée, domanialité publique maritime et protection de l'environnement ». Il s'agira de mettre en évidence la complexité des questions posées par la place singulière du droit de la domanialité publique maritime dans sa relation avec la survivance d'une conception traditionnelle de la propriété privée et les préoccupations contemporaines de protection de l'environnement.

4. En novembre 2005 Jean-Marc Regnault, en collaboration avec l'EPHE et le CNRS lance un programme de recherches sur le centenaire de la loi de 1905 dans les territoires d'Outre-mer où le particularisme des rapports des églises et des institutions locales échappe très largement à ce qui caractérise la situation en métropole.

L'ethnobiodiversité de l'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie française)

Nicolas PONZO (1), N. MAIHOTA (2), R. THAMAN (3)

(1) IRIDIP - Université de la Polynésie française, Faa'a Tahiti, Polynésie française
(2) Centre IRD de Tahiti, Papeete, Tahiti, Polynésie française
(3) School of Social and Economic Development, The University of the South Pacific, Suva, Fiji

L'ethnobiodiversité peut être définie comme l'ensemble des connaissances, des perceptions et des usages que des communautés humaines ont ou font des ressources biologiques de leur espace de vie. Pour la mesurer dans un contexte comme celui de l'atoll de Tikehau, dans l'archipel des Tuamotu, il est nécessaire de récolter un maximum d'informations sur les savoirs « traditionnels » des populations, par l'intermédiaire d'une méthode d'enquête spécifique. Parmi les interrogations inhérentes à ce type d'étude, figurent celle de l'évolution accélérée des pratiques de gestion des ressources biologiques sous l'influence de multiples éléments de pression exogènes, et la question corrélative des limites de la transmission du patrimoine bioculturel aux générations suivantes. L'étude de l'ethnobiodiversité de Tikehau entre dans le cadre du programme « Coral Reef Biodiversity » de la fondation Total, qui étudie sous le même angle les archipels coralliens de Tuvalu et de Kiribati, dans le Pacifique central. La méthode d'enquête, qui tend vers l'exhaustivité, a été élaborée par la School of Social and Economic Development de l'Université du Pacifique Sud, basée à Suva. Les résultats préliminaires de l'étude menée à Tikehau – qui a porté essentiellement sur l'ethnobiodiversité marine- font ressortir la multiplicité des usages des ressources vivantes, certaines restant présentes dans l'alimentation ou utilisées à des fins artisanales, d'autres étant de plus en plus fréquemment exploitées à des fins commerciales. Ressort également la diversité des savoirs et des perceptions, en fonction de l'appartenance sociale, du sexe et de l'âge.

Les dynamiques démographiques et le développement durable en Polynésie et Calédonie

Jean Louis RALLU

INED (Institut National d'Etudes Démographiques), Paris, France

La croissance (naturelle et migratoire) et les caractères socio-démographiques (niveau de diplôme, taux d'activité selon le sexe...) de la population sont des facteurs reconnus du développement. La structure par âge qui résulte des tendances détermine les charges démographiques (jeunes et personnes âgées) sur la population active dont la productivité est liée aux taux d'emploi, à sa qualification et à la participation des femmes au monde du travail. Les tableaux et les projections démographiques nécessaires à cette étude ont été effectués à partir des recensements en relation avec les Instituts de Statistiques des TOMs (ISPF, ISEE).

L'évolution démographique et les projections montrent que les TOMs sont entrés dans la « fenêtre démographique » qui assure un avantage temporaire dû à une baisse des charges en jeunes. Mais à partir de 2020, le taux de dépendance commencera à croître du fait du vieillissement et la structure sera moins favorable à la croissance.

La faible qualification des populations natives et leur faible taux d'emploi ne permettent pas la restructuration économique qu'impose la globalisation. L'apport de qualifications de métropole ne peut être qu'une solution provisoire, dans un contexte où les industries nouvelles demandent une main d'œuvre en majorité très qualifiée. Ces industries, à haute valeur ajoutée, sont aussi la seule voie pour les TOMs compte-tenu des facteurs pénalisants : éloignement des marchés, coût du travail, compétition internationale.

L'accent doit être mis sur la formation dans le cadre de relations avec les universités de métropole et de la région Pacifique, ce qui nécessite une amélioration dès le secondaire pour que les populations natives puissent y accéder.

Le phénomène urbain sur l'île de Tahiti. Mobilités et cloisonnement urbain : vers un développement soutenable ?

Olivier BON

Doctorant, UPF, IRIDIP (bon@upf.pf)

L'agglomération de Papeete se déploie, s'étend, se diffuse, de Papenoo à Papara, selon des dynamiques territoriales issues de la mobilité facilitée. Le phénomène, créateur tout autant de quartiers chics que de nouveaux îlots d'habitat insalubre, n'a pas été étudié depuis plus de 20 ans.

C'est la raison pour laquelle il sera intéressant d'évaluer cette urbanisation « au fil de l'eau » ou cours de ces dernières décennies. Elle est le produit du raisonnement instituant la primauté de l'automobile face aux autres modes de déplacements dits « alternatifs » (transports collectifs en site propre, vélo, marche) et d'un mode de pensée considérant le marché des déplacements comme autonome des dynamiques urbaines. Pourtant celles-ci en découlent en grande part.

Ainsi, autant coté plaine que coté montagne, un certain phénomène produit du cloisonnement urbain, aussi bien pour les exclus de la société de consommation que pour les classes sociales aisées.

L'élément novateur sera d'évaluer le lien éventuel existant entre la dépendance automobile et l'émergence du cloisonnement urbain au sein du tissu urbain du grand Papeete.

La question est d'étudier les spécificités locales dans le fait urbain de Papeete, tout en décelant les paramètres permettant de mettre en évidence une stratification typique de la « ville émergente ». Elle est caractérisée par un relatif abandon du centre ville, par le déclin de la notion de quartier et par un accroissement de la mobilité des modes de vie urbains.

Retrouve t-on ces caractéristiques sur l'île de Tahiti, sous quelles formes et selon quelles spécificités géographiques et culturelles ?

Ainsi, dans un premier temps, le projet demande de mesurer la progression de la tache urbaine tout en évaluant l'impact de la topographie de l'île, des usages locaux en matière foncière et d'indivision sur la morphologie de cette agglomération.

Mais aussi cela nécessite d'estimer l'influence du tout automobile sur une urbanisation non planifiée.

Ensuite il s'agit aussi bien d'apprécier les sectorisations d'origine géographique et religieuses, les solidarités familiales et de voisinage, le renfermement communautaire, le rôle des micro-activités et des économies informelles pour les captifs des îlots d'habitat insalubre que d'observer la lente glissade des lotissements chics vers le modèle de « gated communities ».

RECRE : Réseau Calédonien pour la Recherche et l'Enseignement

Gilles TALADOIRE (1), D. Loche (2), P. Ragounath (3), M. Ménézo (4)

(1) *Université de La Nouvelle Calédonie (gt@univ-nc.nc)*
(2) *Vice-rectorat de La Nouvelle Calédonie (dloche@ac-noumea.nc)*
(3) *Haut-commissariat de Nouvelle Calédonie (Paul.Ragounath@nouvelle-caledonie.gouv.fr)*
(4) *Institut de Recherche pour le Développement (Michel.Menezo@noumea.ird.nc)*

Créé en 1998, RECRE (Réseau Calédonien pour la Recherche et l'Enseignement) constitue la plaque régionale de Nouvelle-Calédonie du réseau RENATER (Réseau National pour la Recherche et l'Enseignement). RECRE est géré par un Groupement de Recherche et d'Enseignement (G.R.E.). Il fédère les partenaires du monde de la recherche et de l'enseignement en Nouvelle-Calédonie. Il rassemble :

- le Vice-Rectorat de Nouvelle Calédonie ;
- l'Université de La Nouvelle Calédonie ;
- l'Institut Agronomique Calédonien ;
- les services de l'État ;
- l'Institut de Recherche pour le Développement (prochainement).

Du point de vue de l'organisation physique, le nœud d'accès du réseau du réseau se situe au Vice-rectorat, les différents partenaires y sont raccordés par des lignes spécialisées.

La connectivité avec l'extérieur est assurée d'une part par une ligne spécialisée à 256 kbs vers le réseau Renater Métropolitain et d'autre part, par une ligne spécialisée à 2 Mbs vers le réseau fédérateur de la Nouvelle Calédonie ouvert à l'international.

Le rôle principal de RECRE est de permettre une bonne connectivité à l'Internet pour la communauté « enseignement/recherche ». Les organismes de cette communauté utilisent de manière intensive ces moyens de communication. Ils permettent, entre autres, aux chercheurs de diffuser des informations et d'accéder aux données scientifiques, et au monde de l'éducation d'utiliser les TICE (Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement).

Santé et environnement

Communications orales

Health and the environment

Oral presentations

De la grippe au SRAS, la plasticité génétique virale est facteur d'émergence

Jean-Claude MANUGUERRA

Cellule d'Intervention Biologique d'Urgence (CIBU), Institut Pasteur, Paris, France

L'émergence de nouveaux virus, chez l'homme ou une espèce animale, résulte de l'interaction complexe de facteurs qui peuvent se grouper en quatre catégories : écologiques, zootechniques ou agro-pastorales, démographiques et virologiques. Les déterminants virologiques ne sont pas suffisants mais sont nécessaires. La plasticité génétique de beaucoup de virus à ARN, conséquence de la nature de leur ARN polymérases enclines aux erreurs de synthèse et dépourvues (ou presque) d'activité d'édition, est un élément majeur de variation qui contribue au passage de la barrière d'espèce. Les mutations qu'elles engendrent sont, en effet, à l'origine des populations de génomes viraux différents qui définissent des quasi-espèces et c'est dans cette diversité génomique que sont « puisés » les génomes viraux les plus adaptés au nouvel hôte. La diversité génomique peut exister dans une ou plusieurs espèces hôtes, alors véritables réservoirs. La dynamique des populations humaines et animales, qu'elles soient sauvages ou domestiques, peut conduire à leur augmentation ou à leur renouvellement incessant, offrant autant d'individus capables d'héberger les virus. L'accroissement des populations d'individus sains favorise celui des populations virales et les évènements génétiques de très faible probabilité deviennent possibles. S'ajoutent aux mutations ponctuelles, aux délétions et aux insertions, des phénomènes génétiques souvent plus spectaculaires dans leur conséquences : les réassortiments ou les recombinaisons génomiques. Les premiers sont observés chez les virus grippaux humains et animaux, les seconds sont décrits chez les coronavirus. Au cours des années 2002 et 2003, l'épidémie causée par le virus du SARS a fourni un exemple éclatant de vraie émergence, dont on ne connaît pas encore les origines ni les mécanismes. En 2003 et 2004, les épizooties à virus grippaux aviaires hautement pathogènes A(H7N7) et A(H5N1) associées à des cas humains d'infection ont fait planer le spectre de la prochaine pandémie grippale.

From Flu to SARS: genetic viral plasticity as a factor of emergence

Jean-Claude MANUGUERRA

Emergency Biological Intervention Unit (CIBU), Pasteur Institute, Paris, France

The emergence of new viruses in man or an animal species is the result of complex interacting factors that can be divided into four categories: ecological, livestock or crop-related, demographic and virological. Virological determinants are insufficient but necessary. The genetic plasticity of many RNA viruses, which is a result of their RNA polymerases that are prone to synthesising errors and have no editing activity (or almost), is a major variation element contributing to movement through the species barrier. The mutations they cause are the source of the various populations of viral genomes that define quasi-species and this genome diversity supplies the viral genomes best suited to the new host. Genome diversity can exist in one or more host species, which become regular reservoirs. Human and wild or domestic animal population dynamics can increase or continually renew them, offering abundant numbers of individuals that are capable of harbouring the virus. An increase in healthy individuals facilitates viral population growth and highly unlikely genetic events become possible. In addition to occasional mutations, deletions and insertions, there are genetic phenomena that have even more spectacular consequences, ie genome re-arrangements or recombinations. The former are observed in human and animal influenza viruses and the latter in coronaviruses. During 2002 and 2003, the epidemic caused by the SARS virus provided a splendid example of true emergence, both the origin and mechanisms of which are still unknown. In 2003 and 2004, the highly pathogenic avian influenza-type epizootic diseases A(H7N7) and A(H5N1) associated with human infection cases raised the spectre of the next flu pandemic.

Aedes aegypti : une histoire de dengue

Anna-Bella FAILLOUX, M. Vazeille, L. Mousson et F. Rodhain

Unité d'Écologie des Systèmes Vectoriels/Unité des Insectes et Maladies Infectieuses, Institut Pasteur à Paris, France

La dengue est une arbovirose dont la transmission à l'homme est assurée par un moustique du genre *Aedes*. Très schématiquement, elle se manifeste sous une forme bénigne classique et sous une forme hémorragique d'issue souvent mortelle. La compétence que possède le vecteur à assurer la réplication virale est sous la dépendance de facteurs intrinsèques (cf les mécanismes moléculaires et génétiques contrôlant la réceptivité à l'infection virale) et de facteurs extrinsèques ou environnementaux. À un profil épidémiologique qui s'illustre par la survenue d'épidémies sporadiques entre le XVIIIe siècle et le début du XXe siècle, s'est substitué après la 2e guerre mondiale, un profil de transmission qui, par endroits, se calque sur un mode hyperendémique où les quatre sérotypes circulent en même temps. Le développement des moyens de transports rapides a suffi à disséminer les virus de la dengue et son vecteur. De plus, l'explosion démographique des villes de pays en voie de développement a facilité la pérennisation de la dengue dans la plus grande partie de la ceinture tropicale du globe. C'est ainsi qu'en 1954 à Manille, la dengue hémorragique a émergé et elle s'est, par la suite, diffusée dans de nombreux pays du monde tropical. Aujourd'hui, les épidémies de dengue sont le seul fait d'une transmission strictement inter-humaine qui est assurée par le moustique *Aedes aegypti*. Les populations domestiques d'*Ae. aegypti* seraient issues de populations sauvages selvatiques des forêts du continent africain. De nos jours, on admet que cette espèce polytypique comprend trois formes majeures qui se différencient par des caractères morphologiques et éco-éthologiques : *Ae. aegypti formosus* selvatique (la forme ancestrale africaine de coloration sombre), *Ae. aegypti queenslandensis* (coloration très pâle), et *Ae. aegypti aegypti* d'écologie urbaine (coloration intermédiaire). La forme intermédiaire est le type le plus répandu qui a réussi à coloniser tout le monde tropical et tempéré chaud grâce aux transports humains. L'analyse de la structure génétique des populations d'*Ae. aegypti* ainsi que l'évaluation de leur réceptivité à l'infection virale vont tenter de nous éclairer sur l'histoire naturelle d'*Ae. aegypti* et de son rôle dans les bouleversements actuels de l'épidémiologie de la dengue observés dans le monde.

Aedes aegypti: a tale with a sting

Anna-Bella FAILLOUX, M. Vazeille, L. Mousson et F. Rodhain

Vector Systems Ecology Unit / Infectious Disease and Insect Unit, Pasteur Institute, Paris, France

Dengue is an arbovirosis transmitted to man by mosquitoes of the *Aedes* genus. In highly simplified terms, it appears in a standard benign form and a haemorrhagic form, which is often fatal. The vector's ability to replicate the virus depends on intrinsic factors (eg molecular and genetic elements that control susceptibility to viral infection) and extrinsic or environmental factors. The epidemiological profile, characterised by sporadic epidemics from the 18th to early 20th century was replaced after World War II by a transmission profile, which in places follows a hyperendemic pattern with all four serotypes circulating at once. The development of rapid transport was sufficient to spread the dengue virus and its vector with the population explosion in the cities of developing countries aiding and abetting its settlement in most of the globe's tropical belt. In 1954, dengue haemorrhagic fever appeared in Manila and spread from there to many tropical countries around the world. Today, dengue epidemics are caused only by interhuman transmission through the *Aedes aegypti* mosquito. Domestic populations of *Ae. aegypti* apparently came from wild sylvan populations in the forests of the African Continent Today, it is accepted that this polytypical species includes three major forms that differ in their morphological and ecological/ethological characteristics, ie *Ae. aegypti formosus,* the dark ancestral African forest form, the very pale *Ae. aegypti queenslandensis* and the medium-dark urban dwelling *Ae. aegypti aegypti*. The intermediate form is the most widespread and has succeeded in settling the entire tropical and warm temperate world through human transport. Research work on the structure of *Ae. aegypti* populations and their susceptibility to viral infection will aim at shedding light on *Ae. aegypti*'s natural history and its role in the current upheaval observed in the world's dengue epidemiology.

Ciguatera : état des connaissances dans le Pacifique et approche diagnostique actuelle

Mireille CHINAIN (1) et S. Pauillac (2)

(1) Institut Louis Malardé, Papeete, Tahiti, Polynésie française
(2) Institut Pasteur, Paris, France

La ciguatéra est une intoxication alimentaire consécutive à la consommation de poissons des milieux coralliens littoraux et océaniques, en parfait état de fraîcheur. L'incidence sanitaire et les conséquences socio-économiques de la ciguatéra dans toutes les régions insulaires du globe, notamment dans le Pacifique, ont motivé la mise en place de programmes de recherche pluridisciplinaires. Plusieurs thèmes de recherche ont ainsi été successivement explorés depuis une trentaine d'années : description de la maladie et thérapies possibles ; inventaires des espèces pisciaires dangereuses ; chimie des toxines ciguatériques ; éco-toxicologie, toxinogenèse et taxonomie moléculaire de l'agent causal *Gambierdiscus* ; et plus récemment, mise au point de tests de détection préventive de ce type d'intoxication.

Les principales avancées en la matière concernent plus particulièrement la diversité de l'agent causal, la multiplicité des toxines en jeu, ainsi que les différentes méthodes de détection des toxines ciguatériques, dont certaines sont déjà utilisées en routine au laboratoire.

Diversité de l'agent causal : 6 espèces de *Gambierdiscus* ont déjà été décrites dans le monde, dont 3 endémiques aux eaux polynésiennes. Leur pouvoir toxinogène peut varier considérablement d'une souche à l'autre, d'où la nécessité de disposer d'outils (moléculaires) permettant de les discriminer rapidement *in natura* pour une prévention en amont du risque ciguatérique.

Multiplicité des toxines : jusqu'à présent, 3 grandes familles de ciguatoxines (CTXs) ont été caractérisées d'un point de vue chimique, qui correspondent aux 3 régions d'endémicité de la ciguatéra : les P-CTXs (Pacifique), les C-CTXs (Caraïbes) et les I-CTXs (Océan Indien). Cette diversité chimique serait à l'origine de la diversité des symptômes observés d'une région à l'autre.

Tests de détection : outre le test biologique de toxicité aiguë sur souris, plusieurs autres méthodes sont envisageables, notamment une détection par voie physico-chimique, neuro-pharmacologique, immunochimique ou au moyen de tests de cytotoxicité.

La combinaison de l'ensemble de ces outils de diagnostique devrait permettre, à terme, une gestion optimale du risque ciguatérique et une valorisation des sites de pêche dans les régions concernées par la ciguatéra.

Ciguatera : the progress of knowledge in the Pacific and the current diagnostic approach

Mireille CHINAIN (1) and S. Pauillac (2)

(1) Louis Malardé Institute, Papeete, Tahiti, French Polynesia
(2) Pasteur Institute, Paris, France

Ciguatera is food poisoning contracted by eating perfectly fresh fish from coastal coral and ocean environments. Ciguatera's health, social and economic impacts in island countries throughout the world, including the Pacific, led to a number of multi-disciplinary programmes. Several research topics have been explored in turn over thirty years, including disease and potential therapy descriptions, dangerous fish listings, ciguatera toxin chemistry, ecotoxicology, toxicogenesis and molecular taxonomy of the causal agent, *Gambierdiscus*, and, more recently, the development of preventive screening tests for this type of poisoning.

The main achievements in this area involve the causal agent's diversity, the many types of toxin and the various ciguatera toxin-screening methods, some of which are already routinely used in laboratories.

Causal agent diversity: 6 species of *Gambierdiscus* have already been described worldwide, three of which are endemic to French Polynesian waters. Their toxigenic powers can vary considerably from one strain to another, hence the need for molecular tools that quickly distinguish them in the wild for ciguatera risk prevention purposes.

Many toxins: 3 major ciguatoxins (CTXs) have so far been described from a chemical point of view and correspond to three ciguatera endemic regions, ie P-CTXs (Pacific), C-CTXs (Caribbean) and I-CTXs (Indian Ocean). This chemical diversity apparently causes the variety of symptoms observed in the different regions.

Screening tests: in addition to biological acute-toxicity tests on mice, several other methods could be envisaged, namely physico-chemical, neuro-pharmacological and immuno-chemical screening or cytotoxicity tests.

In the long run, combining all these diagnostic tools should lead to optimal ciguatera risk management and an improved profile for the fishing areas affected by ciguatera.

Asthme et allergie : données régionales issues de l'enquête ISAAC (Polynésie et Nouvelle-Calédonie)

René CHANSIN (1) et S. Barny (2)

(1) Institut Malardé, Papeete, Tahiti, Polynésie française
(2) DASS-NC, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les maladies allergiques touchent un grand nombre d'enfants et leur prévalence ne cesse d'augmenter. De nombreuses variations sont observées à l'échelon mondial. Les allergies en milieu tropical ont été peu étudiées, rarement sur des populations représentatives, et les études étiologiques mettant en évidence les particularités du milieu tropical sont peu fréquentes. L'étude ISAAC (International Study of Asthma an Allergies in Childhood) a été mise en place en 1993–94, afin d'estimer la prévalence et de ces maladies, d'en déterminer les facteurs étiologiques et de suivre leur prévalence. La Nouvelle-Calédonie et la Polynésie française dans la région Pacifique, en collaboration avec l'unité 472 de l'INSERM, ont utilisé la méthodologie ISAAC sur de larges échantillons représentatifs, afin d'obtenir pour la première fois une estimation de la prévalence de ces maladies, d'identifier les facteurs de risques environnementaux associés aux allergies et spécifiques à ces deux pays et de comparer ces résultats aux autres pays de la région (Australie, Nouvelle-Zélande), à la métropole et aux DOM. Ainsi en 1998 en Nouvelle-Calédonie, plus de 7000 enfants ont participé à la première phase de l'étude, et plus de 4300 en 2000 en Polynésie française. Des tests cutanés ont pu être pratiqués sur plus de 580 adolescents en Nouvelle-Calédonie et 600 en Polynésie française. Des facteurs spécifiques à ces deux pays tropicaux ont ainsi pu être mis en évidence et seront présentés aux Assises.

5

Asthma and allergy: regional data from the ISAAC study (French Polynesia and New Caledonia)

René CHANSIN (1) and S. Barny (2)

1 Institut Malardé, Papeete, Tahiti, French Polynesia
2 DASS-NC, Noumea, New Caledonia

Allergies affect many children and continue to be increasingly prevalent, although a great deal of variation has been observed worldwide. Allergies in tropical environments have not, however, been closely observed and seldom in representative populations. Aetiological studies highlighting the specific characteristics of tropical environments have been few and far between. The ISAAC study (International Study of Asthma and Allergies in Childhood) was initiated in 1993-1994 to assess the prevalence of the diseases, define their aetiological factors and monitor prevalence. In the Pacific, New Caledonia and French Polynesia, working with INSERM's Unit 472, used the ISAAC methodology on broad, representative samples to obtain an estimate of allergic disease prevalence for the first time, identify environmental risk factors associated with the allergies that were specific to both countries and compare findings with other countries in the region, ie Australia and New Zealand, plus France and its overseas départements. In New Caledonia more than 7000 children took part in the study's initial phase in 1998 and in French Polynesia over 4300 in 2000. Skin tests were carried out on over 580 adolescents in NC and 600 in FP. Factors specific to both tropical countries could, therefore, be highlighted and will be presented at the Symposium.

Leptospirose : avancées diagnostiques récentes et perspectives

Fabrice MERIEN

Laboratoire des leptospires, Institut Pasteur de la Nouvelle-Calédonie

La leptospirose est probablement une des zoonoses les plus répandues et est largement sous-diagnostiquée en regard de l'importance des formes sub-cliniques ou peu évocatrices. De part l'existence de formes mortelles rénales, pulmonaires ou hémorragiques, un diagnostic biologique s'avère nécessaire. Les méthodes conventionnelles comprennent l'isolement de l'agent pathogène et la mise en évidence d'anticorps spécifiques. En pratique, la culture du germe est difficile, lente et de rendement faible. Si le test de microagglutination (MAT) demeure la réaction de référence, celui-ci ne peut être réalisé que par des laboratoires spécialisés bénéficiant d'une technicité élevée. D'autres techniques de diagnostic biologique de la leptospirose existent, chacune avec leur sensibilités et spécificités intrinsèques (ELISA, dipstick assay, amplification génique, etc.). Ces techniques doivent être utilisées judicieusement en fonction du résultat souhaité : diagnostic différentiel rapide, confirmation, identification de la souche. Des perspectives prometteuses sont attendues avec l'utilisation de la PCR en temps réel (Real Time Polymerase Chain Reaction) qui devrait offrir un diagnostic rapide et fiable de cette zoonose. Cette technique quantitative permet de traiter un nombre important d'échantillons (sérums) en 3 à 4 heures, offrant rapidement au clinicien un diagnostic de certitude.

5

Leptospirosis: recent progress in diagnosis and future prospects

Fabrice MERIEN

Leptospira Laboratory, Pasteur Institute, New Caledonia

Leptospirosis is probably one of the most widespread zoonoses, but is seriously under-diagnosed, owing to the many subclinical or not very demonstrable forms. Due to the fatal renal, pulmonary and haemorrhagic forms, a biological diagnosis is required. Conventional methods include isolation of the pathogen and observation of specific antibodies. In practice, the germ is difficult and slow to culture and unproductive. If the microagglutination test (MAT) is the reference reaction, it can only be undertaken by specialised high-tech laboratories. There are other biological diagnostic techniques for leptospirosis, each with its own sensitivities and intrinsic characteristics (ELISA, dipstick assay, gene amplification, etc.). These techniques must be used cautiously, depending on the desired outcome, ie quick differential diagnosis, confirmation or strain identification. Promising prospects are expected with the use of PCR (Real Time Polymerase Chain Reaction), which should provide a fast, reliable diagnosis. With this quantitative method, a large number of samples (serums) can be processed in 3 or 4 hours, providing the clinician with a quick, sure diagnosis.

Le Réseau océanien de surveillance de la santé publique : un outil régional contre les maladies transmissibles à potentiel épidémique

Jean-François YVON (1) et Tom Kiedrzynski (2)

(1) Agence de la santé de Wallis et Futuna
(2) Secrétariat de la communauté du Pacifique

Le ROSSP (Réseau océanien de surveillance de la santé publique) est une approche innovatrice pour mieux lutter contre les maladies épidémiques dans la région. Il vise à offrir trois types de services, ou « sous-réseaux », aux pays et territoires océaniens : l'alerte précoce et la communication (PacNet), un service de laboratoires de santé publique (LabNet) et des équipes multidisciplinaires de riposte dans tous les états (EpiNet). L'année passée, l'utilité du ROSSP au niveau régional a été bien illustrée par la rapidité de ses réactions contre la menace du SRAS. De part sa nature, il permet en général une approche basée sur le partenariat et le partage des ressources, sur l'information et la communication — et les nouvelles technologies dans ces domaines — et sur la recherche opérationnelle et les études visant notamment les maladies cibles prioritaires du réseau.

Ainsi Wallis et Futuna est un petit territoire français, isolé et avec des ressources limitées comme la majorité des états insulaires océaniens. Régulièrement, le territoire est frappé par des épidémies : dengue (1998-1999, 2002-2003), leptospirose (2004) mais aussi hépatite A (1998-1999), shigellose (2002, 2004) et, plus récemment, brucellose (2004). L'apport du ROSSP dans la gestion de ces épidémies est multiple tant au niveau de l'alerte et de la surveillance qu'au niveau du diagnostic, de la réponse et de la formation. Quant à la contribution du territoire de Wallis et Futuna au ROSSP, elle se traduit principalement par le partage de l'information et des expériences acquises ainsi que par la participation à une étude multicentrique. Les épidémies de dengue 2002-2003 et de leptospirose 2004 illustrent parfaitement ce partenariat. De plus, la représentation de Wallis et Futuna comme membre francophone au groupe de coordination du réseau lui permet de contribuer plus activement encore au développement du ROSSP.

Pacific Public Health Surveillance Network: a regional facility against potentially endemic communicable diseases

Jean-François YVON (1) and Tom Kiedrzynski (2)

(1) Wallis and Futuna Health Agency
(2) Secretariat of the Pacific Community

PPHSN (Pacific Public Health Surveillance Network) is an innovative approach to improving epidemic disease control in the region. It aims at offering three types of service or "subnetworks" to Pacific countries and territories, ie early warning and communication (PacNet), a public health laboratory service (LabNet) and multi-disciplinary response teams in all countries (EpiNet). Last year, PPHSN's usefulness at the regional level was clearly illustrated by the rapid response to the SARS threat. By its very nature, it generally fosters an approach based on partnership and resource sharing as well as on information and communication (plus new technology in these areas), operational research and studies specifically aimed at the network's target diseases.

Wallis and Futuna is a small, isolated French territory with limited resources, like most Pacific Island countries. It is regularly affected by epidemics, namely dengue (1998/99, 2002/03), leptospirosis (2004), hepatitis A (1998/99), shigellosis (2002, 2004) and, more recently, brucellosis (2004). PPHSN contributes in several ways to managing these epidemics, including warning and surveillance, diagnosis, response and training. The Wallis and Futuna authorities' contribution to PPHSN has been mainly through information and experience sharing and their participation in the multicentre study. The 2002/03 dengue and 2004 leptospirosis epidemics clearly illustrate how well the partnership works. In addition, Wallis and Futuna's participation in the network's co-ordination group provides a further opportunity to contribute actively to PPHSN's development.

Existe-t-il une toxicité liée à la consommation de kava ? Question de santé publique

Yann BARGUIL (1), P. Cabalion (2), F. Tarbah (3), S. Russmann (4), D. Duhet (2), S. Warter (1), C. Müller (5), S. Barny (6), E. Choblet (1), W. Weinmann (5), Th. Daldrup (3)

(1,2,6) Nouméa, Nouvelle-Calédonie; (3) Dusseldorf, Allemagne ; (4) Berne, Allemagne ; (5) Freiburg, Allemagne

Le kava, boisson rituelle du Pacifique, est préparé à partir des racines d'un Poivrier: *Piper methysticum.* Nous passons en revue les différentes études que nous avons réalisées en réseaux : 1) Etude d'une population de 378 consommateurs en Nouvelle-Calédonie ; 2) Etude clinico-biologique, en Nouvelle-Calédonie, portant sur 27 buveurs chroniques de kava ; 3) Etude clinico-biologique, à Futuna portant sur un groupe de 53 buveurs chroniques de kava traditionnel.4) Comparaison avec les études australiennes réalisées en 1988 et 2003.5) Enquête rétrospective sur 10 années relevant 3 cas d'hépatites liées à la consommation de la boisson kava en Nouvelle-Calédonie ; 6) Phénotypage CYP450 de 6 buveurs chroniques de kava ; 7) Hypothèse concernant l'hépatotoxicité du kava, interactions médicamenteuses ; 8) Hypothèse concernant l'ichtyose liée à la consommation chronique de kava ; 9) Etude de la cinétique plasmatique des kavalactones chez un consommateur chronique après administration orale d'un bolus d'une boisson titrée ; 10) Analyses chromatographiques des cheveux et détermination du profil des consommateurs ; 11) Aspects médico-légaux liés aux abus de kava.

De ces études, il ressort que la toxicité du kava est faible. Cependant, nous préconisons la poursuite des travaux entrepris ainsi qu'une information urgente, large et régulière des populations du Pacifique concernant les possibles effets délétères sur l'organisme liés à une consommation trop importante de kava. Il conviendrait d'informer les conducteurs de véhicules des risques possibles de sa consommation et éventuellement de légiférer en matière d'accident de la Voie Publique et de positivité sanguine au kava.

Is there any toxicity linked to kava consumption? A public health issue

Yann BARGUIL (1), P. Cabalion (2), F. Tarbah (3), S. Russmann (4), D. Duhet (2), S. Warter (1), C. Müller (5), S. Barny (6), E. Choblet (1), W. Weinmann (5), Th. Daldrup (3)

(1,2,6) Noumea, New Caledonia; (3) Düsseldorf, Germany ; (4) Berne, Germany ; (5) Freiburg, Germany

Kava, the Pacific's ritual drink, is made from *Piper methysticum* pepper plant roots. The various studies undertaken by us by networking will be reviewed, ie 1) a survey of 378 kava drinkers in New Caledonia; 2) a clinical and biological survey of 27 chronic kava drinkers; 3) a clinical and biological survey of a group of 53 chronic traditional kava drinkers; 4) a comparison with Australian studies conducted in 1988 and 2003; 5) a retrospective study over 10 years focussing on 3 hepatitis cases related to kava consumption in New Caledonia;.6) CYP450 phenotyping of 6 chronic kava drinkers; 7) hypothesis on kava hepatotoxicity; 8) hypothesis regarding ichthyosis as related to chronic kava consumption; 9) a study on kavalactones' plasmatic kinetics in a chronic drinker after an orally administered bolus of a titrated drink; 10) hair chromatography and consumer profiling; and 11) medical and legal aspects of kava abuse. The studies show that kava has low toxicity levels, but it is, nevertheless, recommended that research work be continued and that Pacific Island populations urgently receive widely distributed and regular information on the possibly harmful effects on the body of excessive kava consumption. Drivers should also be informed as to the potential risks of kava drinking and, possibly, legislation introduced on traffic accidents and kava levels in the blood.

Pathologies thyroïdiennes et représentations de la maladie en Nouvelle-Calédonie kanake

Christine SALOMON

INSERM U88, Paris, France

La santé publique se nourrit de l'apport de diverses disciplines. Parmi elles, les sciences sociales permettent à la fois de connaître les déterminants sociaux de la santé et les spécificités des populations censées être les bénéficiaires des services des institutions médicales. En effet selon le contexte social et culturel, les représentations de la santé, de la maladie et par conséquent du soin varient. Une prise en charge adaptée ne peut ignorer ces différences et ne saurait se satisfaire d'une position universaliste abstraite, au nom de la science. Ce qui implique de savoir sortir de ses propres références, de prendre en compte la contrainte du différent, du particulier, c'est-à-dire de s'adresser à la complexité pour mieux soigner.

Dans les sociétés du Pacifique contemporain, la biomédecine n'a pas supplanté les arts de guérison pré-existants et si certaines personnes ont recours exclusivement à l'une ou aux autres, le pluralisme médical est souvent de règle. C'est aujourd'hui le cas, en Nouvelle-Calédonie, des Kanaks et plus largement des Océaniens qui y résident. Cette communication montre l'enchevêtrement des représentations et des démarches de soin qui en découlent. Elle s'appuie sur une enquête anthropologique menée préalablement à une étude épidémiologique des cancers de la thyroïde dont l'incidence en Nouvelle-Calédonie est extrêmement élevée, notamment chez les femmes kanakes. A partir de l'annonce du diagnostic de cancer, donc de pathologie grave, posé à l'occasion d'une consultation médicale, se déclenche un processus d'interrogations, de réinterprétation du diagnostic et de consultations de guérisseurs, processus qui implique des transactions, variées selon les cas, entre les deux médecines et qui n'est pas sans répercussions sur l'observance du traitement biomédical prescrit.

Thyroid diseases and disease representation in Kanak New Caledonia

Christine SALOMON
INSERM U88, Paris, France

A variety of disciplines contribute to public health. One of them, social science, sometimes reveals the social factors leading to ill health and the specific needs of populations that are supposed to be receiving healthcare services. Representations of health, disease and, therefore, the care provided can vary according to social and cultural context. Appropriate case management cannot overlook such differences and be content with an abstract universalist approach in the name of science. This means being able to set one's own terms of reference aside and take the problems caused by otherness into account, in other words tackle complexity to provide better care.

In contemporary Pacific societies, biomedicine has not supplanted the pre-existing healing arts and, although some people only use one or the other of the systems, medical pluralism is often the rule. This is the case with Kanaks in New Caledonia today and, more generally, with other islanders living here. This presentation shows how representations become confused, as does the resulting healthcare. It is based on an anthropological study conducted prior to an epidemiological survey on thyroid cancer, which has a very high incidence New Caledonia, particularly among Kanak women. Once the diagnosis of cancer, ie a serious disease, is given during a medical consultation, the patient embarks on a process of asking questions, re-interpreting the diagnosis and consulting traditional healers, which, to varying degrees, involves transactions with both doctors and affects the observance of the prescribed biomedical treatment.

Valorisation des matières premieres du Pacifique Sud et des savoirs traditionnels : possibilités et contraintes d'un développement éventuel

Robert ANTON

Faculté de Pharmacie, UMR 7081, Université Louis Pasteur, Strasbourg Illkirch, France

La valorisation et le développement de produits originaux issus des connaissances ethno-pharmacologiques suppose au préalable de connaître les contraintes réglementaires auxquelles ils devront obligatoirementêtre soumis. Les critères d'évaluation de l'efficacité et de la sécurité d'emploi se mettent petit à petit en place, tant au niveau national qu'européen, dans les domaines de la nutrition, du complément alimentaire, du médicament et de la cosmétique, notamment sous la tutelle des Agences et des Ministères concernés. Il est donc utile de prendre connaissance de cette démarche et de ces modalités d'action, de façon à permettre toutes les chances de succès à la valorisation d'un patrimoine unique et utile pour l'homme.

Marketing South Pacific raw materials and traditional know-how: development potential and drawbacks

Robert ANTON

School of Pharmacy, UMR 7081, Louis Pasteur University, Strasbourg Illkirch, France

Marketing and developing original products based on indigenous pharmacology requires prior knowledge of the regulatory restrictions that inevitably apply to them. Performance assessment and job security criteria are gradually being implemented at both national and European levels in the nutrition, food supplement, pharmaceutical and cosmetic industries under the aegis of the relevant agencies and ministries. It is therefore advisable to become familiar with these procedures and requirements so as to place all the chances on the side of what is the development of a unique and beneficial heritage for mankind.

Apports des satellites au suivi des épidémies

Antonio GÜELL

Chef du Service Applications/Valorisations, Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), Paris, France

Le CNES a engagé en 1999, collaboration avec les professionnels de santé une réflexion sur l'apport des systèmes spatiaux, les satellites en particulier, à la santé publique. Parmi les thèmes retenus par les professionnels de santé, l'étude épidémiologique des maladies transmissibles liées à des modifications environnementales, a été considérée comme prioritaire.

La télé-épidémiologie grâce a la fusion de données satellitaires (observation de la terre, météorologie, positionnement, scientifiques...) et de données sol (médicales, entomologiques, vétérinaires, socio-économiques) permet donc de prédire l'évolution géographique de maladies transmissibles liées à des modifications environnementales, climatologiques en particulier. C'est ainsi que sont développés des modèles mathématiques prédictifs qui tiennent compte à la fois des données Spot (indices de végétation), Météosat (vents, caractéristiques des masses nuageuses), Topex – Poséidon et Envisat (température des océans, hauteur des vagues, colorimétrie...) associées à des données de clinique humaine et animale (symptômes cliniques, sérodiagnostics...) pour une épidémie donnée, ainsi qu'à des données hydrologiques sol (quantification des marres, niveaux d'eau dans les rivières et barrages etc).

Un certain nombre de travaux a été initialisé au cours de ces trois dernières années par le CNES :

- cette approche originale a été validée au Sénégal pour le suivi de l'épidémie de Fièvre de la Vallée du Rift ; elle a abouti à la description d'un modèle prédictif basé sur le rôle de la dynamique de vidange des marres d'eau après la saison des pluies et les conséquences de cette dynamique sur la ponte des œufs du vecteur responsable de cette fièvre ;
- depuis, mi - 2003, un réseau de télé-épidémiologie a été mis en place en Guyane dans le cadre du suivi de la dengue hémorragique ; il a pour objectif d'évaluer les zones dans lesquelles le moustique vecteur de la dengue va se développer en fonction du niveau et du type d'urbanisation ; là encore, les données satellitaires associées aux données épidémiologiques plus classiques permettent une prévention plus efficace ;
- un réseau sentinelle a été déployé au Burkina-Faso et au Niger afin d'évaluer le rôle des nuages de poussière et du vent dans le déclenchement et l'évolution des méningites à méningocoque ;
- dans le cadre du suivi des épidémies de choléra sur le pourtour du bassin méditerranéen, l'évaluation, grâce à la modélisation mathématique intégrant

des données d'océanographie spatiale du risque de survenue d'épidémies dont la réémergence est en étroite relation avec les modification du zooplancton vient de débuter ;
- enfin, dans le cadre de l'action thématique concertée de l'INSERM, l'évaluation du risque de survenue de fièvres aviaires en Europe repose sur le suivi des flux migratoires des oiseaux en relation avec les modifications climatologiques.

L'exemple de la télé-épidémiologie prouve qu'en utilisant des moyens déjà existants qu'il s'agisse de satellites, de modules médicaux, d'infrastructures médicales, de réseaux sol, associées à de l'imagerie spatiale on pourra dans un avenir proche jouer un rôle beaucoup plus important en matière de prévention des maladies transmissibles.

Satellite contributions to epidemic monitoring

Antonio GÜELL

Director, Applications and Development Department, National Space Research Centre (CNES), Paris, France

In 1999, CNES held discussions with health professionals on the contribution of space systems, particularly satellites, to public health. Among the issues identified by health professionals, priority was given to the study of communicable disease epidemiology as related to environmental change.
By merging satellite data (Earth, weather, positioning and scientific observations) and ground data (medical, entomological, veterinary, social and economic) remote-sensing epidemiology provides predictions of communicable diseases' geographical dispersal. Predictive mathematical models are then developed integrating Spot (vegetation indices), Météosat (winds, cloud mass characteristics), Topex-Poseidon and Envisat (ocean temperature, wave height, colorimetry) data associated with human and animal clinical data (clinical symptoms, serodiagnostics, etc) for a given epidemic and with ground hydrological data (tide levels, water levels in rivers and dams, etc).
A number of activities have been initiated by CNES of the last three years:
- this original approach was validated in Senegal when monitoring an epidemic of Rift Valley fever and led to the description of a predictive model based on the role played by billabong drainage dynamics after the rainy season and their effect on spawning by the vector that causes the fever;
- in mid-2003, a remote-sensing epidemiology network was set up in French Guyana as part of dengue haemorrhagic fever monitoring efforts with the aim of assessing the areas in which the dengue vector mosquito would develop based on the level and type of urban area. Once again, satellite data combined with more standard epidemiology data led to more effective prevention;
- a sentinel network was deployed in Burkina Faso and Niger to assess the role played by dust clouds and wind in setting off meningococcal meningitis and in its development;
- in cholera monitoring efforts on the Mediterranean rim, assessment work has just begun with mathematical modelling integrating oceanography data from space on the risk of epidemics that re-emerge in patterns closely linked to zooplankton changes; and
- as part of collaborative project-oriented research initiatives by INSERM, the assessment of the avian influenza emergence risk in Europe is based on monitoring migratory bird movements linked to climate variation.
The example of remote-sensing epidemiology proves that, by using existing resources, such as satellites, medical modules, medical facilities and ground networks combined with space imagery, we will be able to play a much greater role in the near future in preventing communicable diseases.

Recherche heuristique en vue d'aider les pays océaniens à lutter contre les maladies non transmissibles

Tony LOWER

Coordonnateur, Programme Action pour la santé dans le Pacifique – Maladies non transmissibles, Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Les pays insulaires du Pacifique sont actuellement l'objet d'une profonde évolution démographique et épidémiologique, marquée par un accroissement du pourcentage des personnes âgées, des taux élevés de maladies transmissibles (paludisme et tuberculose, par exemple) et des problèmes grandissants liés aux maladies non transmissibles, telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer et le diabète. On estime que d'ici l'an 2000, les maladies non transmissibles compteront pour plus de 70 % du poids de la morbidité mondiale, alors que ce niveau est déjà dépassé dans le Pacifique (75 %) et qu'il ne fait que monter.

La recherche guidée ou heuristique comprend l'identification des besoins en recherche, la mise en œuvre de solutions permettant de recueillir les données pertinentes et l'élaboration d'actions fondées sur les informations disponibles. L'usage du tabac et de l'alcool sont deux des facteurs de risque sous-jacents des maladies non transmissibles. Cependant dans le Pacifique les résultats de recherches intéressant ces deux facteurs font défaut. Un certain nombre d'évaluations spécifiquement ciblées ont été achevées pour parer à cette carence de données disponibles, dont les suivantes :

- ∑examen des législations en vigueur relatives à l'usage du tabac et de l'alcool ;
- détermination des sources des problèmes dus à l'alcool, y compris la mesure du taux d'alcoolémie dans les services d'urgence des hôpitaux ;
- enregistrement des points de vente de tabac et d'alcool (y compris de kava et autres types de produits assimilés) au moyen de GPS ;
- évaluation des coûts directs du traitement des maladies non transmissibles pesant sur le système de santé.

Ces données ont ensuite constitué les éléments de référence à partir desquels les stratégies de lutte contre les maladies non transmissibles axées sur des interventions efficaces ont été mises au point à l'échelon national en collaboration avec les partenaires clés.

Directed Research to assist Pacific countries in controlling NCD's

Tony LOWER

Team Leader, Pacific Action for Health Project - Non Communicable Diseases, Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia

Pacific Island Countries (PICs) are currently in the grip of significant demographic and epidemiological changes, with an increase in the proportion of older people, Pacific Island Countries high rates of communicable diseases (such as malaria and tuberculosis) and increasing problems associated with non-communicable diseases (NCDs) such as cardiovascular disease, cancer and diabetes. It is estimated that by 2020, NCDs will be responsible for over 70% of the global burden of disease, with figures in the Pacific already exceeding this level (75%) and continuing to rise.

Directed research involves the identification of research needs, applying solutions to gather the relevant data and developing interventions based on available evidence. Two of the underlying risk factors for NCDs are tobacco and alcohol use, however research evidence in the Pacific on these issues is limited. To counter this lack of available evidence a number of specifically focused assessments were completed, including:

- Reviewing existing legislation relating to tobacco and alcohol use
- Determining sources of alcohol related harm – including Blood Alcohol - Assessments at Hospital Emergency Departments
- Undertaking an audit of tobacco and alcohol outlets (including kava & other types of alcohol) using Global Positioning Satellite technology
- Assessing the direct costs to the health system of treating NCDs

These data have then provided the baseline evidence from which national NCD Strategies focusing on effective interventions have been developed in conjunction with key partners.

Santé et environnement

Communications affichées

Health and the environment

Poster presentations

Ciguatoxines de la Nouvelle-Calédonie

F. HERVÉ (1), M. A. Poli (2), R. Boydron (1), A. Jones (3), M. Frostin (4), R. J. Lewis (3) et D. Laurent (1)

(1) Laboratoire de Pharmacochimie des Substances Naturelles et Pharmacophores Redox, UMR152 IRD - Université Paul Sabatier, Centre IRD de Nouméa ; (2) Toxinology and Aerobiology Division, U.S. Army Medical Research Institute of Infectious Diseases, Fort Detrick, Maryland, États-Unis ; (3) Institute for Molecular Bioscience, the University of Queensland, Brisbane, Australia ; (4) Université de la Nouvelle-Calédonie

La ciguatera est un type particulier d'intoxication lié à l'ingestion de poissons tropicaux associés aux récifs coralliens et habituellement consommables. Ces intoxications sont dues à des ciguatoxines biosynthétisées à l'origine par des dinoflagellés *Gambierdiscus* spp. et intégrées dans la chaîne alimentaire par l'intermédiaire des poissons brouteurs et herbivores.
Plus d'une vingtaine de ciguatoxines ont été isolées de différents poissons comme des loches, des poissons perroquets, des barracudas ou des murènes. Ces toxines varient aussi selon les régions. Les ciguatoxines des Caraïbes (C-CTX) sont ainsi moins polaires que celles du Pacifique (P-CTX) et ont une toxicité légèrement plus faible. Récemment, de nouvelles toxines (I-CTX) ont été isolées de poissons de l'Océan Indien.
Dans ce contexte, nous avons étudié les ciguatoxines rencontrées dans des poissons calédoniens pour déterminer si leur structure différait ou non de celle des ciguatoxines connues du Pacifique. Ainsi des extraits de murènes (en particulier de *Gymnothorax javanicus*) du lagon et des récifs des Chesterfields et d'anglais (*Lutjanus bohar*) des Chesterfields ont, après purification, été analysés par LC/MS et par des études de liaison de radioligand en mesurant le déplacement de ^{3}H-PbTx-3 ou -9 dans la membrane du cerveau de rat.
Les ciguatoxines P-CTX-1, -2 et -3C ainsi que quelques ciguatoxines mineures ont été détectées dans les G. *javanicus* du lagon. P-CTX-1 et -2 ont également été isolées d'un mélange de différentes espèces de murènes péchées dans le lagon. G. *javanicus* des récifs des Chesterfields renferme de faible taux de P-CTX-1, CTX-3C et des analogues de CTX-3C ; un pic d'activité de binding, s'éluant 2 minutes avant celui de la P-CTX-1, a aussi été détectée mais sa masse n'a pu être caractérisée. Par contre, *L. bohar* des Chesterfields contient de relativement haut taux de P-CTX-1 et des analogues de P-CTX-3C.
La P-CTX-1 semble donc être la ciguatoxine prédominante dans les poissons du lagon calédonien et des récifs des Chesterfields. La présence de CTX-3C dans ces échantillons est actuellement répertoriée comme celle étant la plus à l'ouest du Pacifique sud pour ces toxines.
Les différences enregistrées dans les taux des ciguatoxines indique une variabilité dans la capacité des différentes espèces de poissons à métaboliser ou à conserver les différentes ciguatoxines. Des études complémentaires sont nécessaires pour caractériser la nouvelle ciguatoxine décelée dans ces études.

Attaques et morsures de requins en Polynesie francaise

Claude MAILLAUD (1), G. Vangrevelynghe (2)

(1) SAMU, CHT de Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie
(2) Immeuble Rico Carpaye, Le Port, Île de la Réunion

Nous présentons une étude sur les morsures de requins en Polynésie française. Nous avons mené une étude rétrospective, de 2000 à 2001, auprès des structures sanitaires amenées à prendre en charge les urgences dans les différents archipels. Nous l'avons complété par une enquête auprès des clubs de plongée et recoupé au besoin les données recueillies par un complément d'investigation ciblé auprès des hôpitaux.

Nous avons recueilli 54 observations, échelonnées de 1979 à fin 2001. Une majorité de cas ont été relevés dans les Tuamotu (25) et à Moorea (15). La plupart des victimes sont des hommes (49), âgés de 30 à 44 ans (19). Les principales activités pourvoyeuses d'accidents sont la plongée sous-marine en scaphandre autonome avec shark feeding et la chasse sous-marine. Les accidents sont survenus essentiellement le matin, avec une bonne visibilité dans l'eau, soit en surface, soit dans plus de 10 mètres de profondeur.

L'espèce la plus souvent en cause est le requin gris de récif (*Carcharhinus amblyrynchos*), suivie du requin pointe noire (*Carcharhinus melanopterus*). Toutes les espèces récifales peuvent être responsables d'attaques. Le requin est de petite taille dans 1/3 des cas. Les lésions concernent les membres, avec une plus grande fréquence des atteintes des mains et des bras dans notre série. Le pronostic vital n'est qu'exceptionnellement en jeu, les séquelles fonctionnelles sont rares.

Les cas que nous présentons diffèrent des données de la littérature par la très forte majorité de plongeurs et de chasseurs sous-marins parmi les victimes, la discordance avec les données connues sur les facteurs horaires et relatifs à la turbidité de l'eau, l'implication majoritaire d'espèces de requins de récifs de taille moyenne, piscivores et actifs de jour, et une moindre gravité des accidents. Nous décrivons les facteurs favorisant les accidents et proposons des mesures préventives.

Les attaques et morsures de requins nous semblent plus fréquentes et moins graves en Polynésie française qu'ailleurs. Elles concernent essentiellement les plongeurs et les chasseurs sous-marins.

Oral bolus kinetic study of plasma kavalactones (KL) using a chronic kava consumer model

Yann BARGUIL (1), F. Tarbah (2), M. Milkuski (1), C. Müller (3), D. Duhet (4), P. Cabalion (4), Th. Daldrup (2)

(1) CHT de Nouvelle-Calédonie
(2) Institute of Legal Medicine, Düsseldorf, Germany
(3) Institute of Legal Medicine, Freiburg, Germany
(4) IRD, Centre de Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

Kinetics has never been determined using standardised traditional kava beverage.

Method: 145 ml standardised kava beverage, absorbed by a chronic 42 y.o. caucasian male kava drinker after a 36 h wash-out period. Concentrations where determined using HPLC/DAD.

Results:

Composition in main KL of New Caledonian kava beverage

kavain	255 mg/145 ml kava beverage
7,8-Dihydrokavain	427 mg/145 ml kava beverage
7,8-Dihydromethysticin+methysticin	535 mg/145 ml kava beverage
Yangonin	268 mg/145 ml kava beverage
Desmethoxyyangonin (5,6-Dehydrokavain)	479 mg/145 ml kava beverage

Conclusions: after 3 cups of kava of known composition in KL, plasma peaks are obtained in 45 min, reflected by the rapid installation of psychotropic effects. 13 h later, main KL are still present in the subject's blood and are totally eliminated in 24 h.

Facteurs de gravité de la dengue 1, lors d'une épidémie en Nouvelle-Calédonie

M. BOULDOUYRE (1), F. Baumann (2), A. Berlioz-Arthaud (2), E. Chungue (2), F. Lacassin (1)

(1) Service de Médecine Interne, CHT G. Bourret, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.
(2) Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Nous rapportons une étude descriptive rétrospective d'une épidémie de dengue 1, survenue en Nouvelle Calédonie en 2003, chez les patients âgés de plus de 15 ans, hospitalisés au CHT Gaston Bourret de Nouméa. Le but de cette étude était de déterminer les critères cliniques et biologiques de gravité à l'admission. Nous avons revu rétrospectivement tous les patients de plus de 15 ans, hospitalisés au CHT du 01/01 au 23/08/2003 et ayant un diagnostic biologique positif pendant l'acmé de l'épidémie (n = 170). Deux groupes ont été définis : cas graves (décès et/ou séjours en réanimation, n = 24) et cas non graves (n = 146).

L'analyse univariée des signes cliniques montre que le choc, les surinfections bactériennes, les hémorragies et les complications neurologiques étaient significativement plus fréquentes lors des cas graves de dengue, respectivement 37,5 % vs 0,7 %, 45,8 % vs 13,7 %, 62,5 % vs 32,2 %, 25 % vs 9,6 % ($p < 0,05$). Les moyennes des anomalies biologiques significatives ($p < 0,05$) sont rapportées dans le tableau ci-dessous :

Forme clinique	PNN (/mm³)	Plaq. (/mm³)	Créat (mmol/L)	Protides (g/L)	Albumine (g/L)	ASAT (UI/L)	ALAT (UI/L)	Bili (mmol/L)	CPK (UI/L)	CRP (g/L)	TP (%)
Grave	7 000	61 400	174,8	53,6	28,3	547	226	40,6	3042	76,4	69,7
Non grave	3 900	116 200	96,8	66,9	33,8	115	89	18,3	608	24,7	89,5

Parmi ces critères biologiques significatifs, peu sont suffisamment discriminants pour sélectionner la majorité des cas graves. Cependant, un taux de plaquettes < 45 000/mm³ a une valeur prédictive positive de 66 % et une amylasémie > 220 UI/L une valeur prédictive négative de 1,4 %.

L'étude de corrélation a montré que ces facteurs étaient indépendants 2 à 2. Il n'a pas été possible de déterminer un score de gravité par l'analyse de ces facteurs.

Commentaires : Aucun score prédictif à 100 % n'a pu être dégagé. Mais l'étude sera poursuivie par l'analyse des sérothèques pour essayer de mettre en évidence des marqueurs biologiques comme la protéine virale NS1 et certaines cytokines (IL 8, IL6).

Pancréatite aiguë au cours d'une dengue

Dericke TRISTAN

Service de gastro-entérologie, CHT Gaston Bourret Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La dengue est une arbovirose fréquente en Nouvelle-Calédonie, transmise par un insecte vecteur, *Aedes aegypti.* Parfois grave, voire mortelle dans sa forme hémorragique, elle peut être responsable de diverses manifestations digestives (douleurs abdominales, troubles du transit) ou hépatiques. Les atteintes pancréatiques semblent en revanche très rares. Nous rapportons ici un cas de pancréatite aiguë (PA) survenant chez un homme hospitalisé pour une dengue. Chez ce patient, le diagnostic de dengue était confirmé par PCR et sérologie en IgM. Le diagnostic de PA était confirmé par l'élévation supérieure à trois fois la normale des enzymes pancréatiques. Toutes les autres causes de PA (alcool, biliaire, infectieuse, parasitaire) étaient éliminés.
Bien que rare, cette association doit être connue et la PA évoquée chez tout patient présentant des douleurs abdominales au cours de l'évolution d'une dengue.

Traitement psychotrope et toxicomanie en Nouvelle-Calédonie

E. CHOBLET (1), Y. Barguil (1), J.-Y. Charlot (2)

(1) CH de Nouvelle-Calédonie
(2) CH Spécialisé, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Certains patients traités pour des pathologies psychiatriques présentent occasionnellement des troubles du comportement. Ces troubles apparaissent alors que ces patients semblaient équilibrés sur le plan thérapeutique. Un screening toxicologique urinaire large a été réalisé chez ces patients.
Nous avons réalisé une étude prospective chez 41 patients hospitalisés en psychiatrie en milieu ouvert. Les recherches de psychotropes dont les kavalactones et les stupéfiants ont été réalisées dans les urines.
Résultats : 1 patient est positif pour le kava utilisé seul, 4 sont positifs pour le kava et le cannabis, 17 pour le cannabis seul. Tous les patients prenaient leur traitement psychiatrique excepté 2 patients. Le cannabis est connu pour aggraver les symptômes des personnes souffrant de pathologies psychiatriques et plus particulièrement de schizophrénie. La survenue d'épisodes psychotiques aigus est décrite pour des consommations importantes de cannabis. Le kava est connu pour ses vertus sédatives et myorelaxantes. Cependant, la consommation de kava pourrait entraîner des manifestations caractérielles chez des patients traités par des psychotropes. Cette hypothèse devra être confirmée sur des cohortes plus importantes. L'association cannabis et kava est souvent retrouvée lors d'états d'agitation ou de recrudescence délirante aiguë.
Conclusion : Cette étude confirme le haut niveau de consommation de cannabis chez des patients souffrant de pathologie psychiatrique. Une consommation de cannabis et/ou plus rarement de kava pourraient expliquer les troubles du comportement observés chez ces patients initialement équilibrés sous traitement psychotrope.

Le registre du cancer en Nouvelle-Calédonie : bilan de 10 années

F. BAUMANN, Y. Rougier

Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie, Nouvelle-Calédonie

INTRODUCTION : La Nouvelle-Calédonie est une île française du Pacifique, où vivent différents groupes ethniques : Mélanésiens, Européens, Wallisiens et Futuniens, Tahitiens, Indonésiens, Vietnamiens, etc. Le Registre du Cancer est qualifié par le Comité National des Registres depuis 1998. Le cancer est une Maladie à Déclaration Obligatoire en Nouvelle-Calédonie. Les principales sources de données sont les laboratoires d'anato-mo-cyto-pathologie de l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie, ainsi que le laboratoire libéral, et les déclarations des différents médecins et chirurgiens des secteurs public et privé.

RÉSULTATS : 3906 cas ont été enregistrés de 1991 à 2000. Les cancers les plus incidents en Nouvelle-Calédonie sont : Femmes : 1-Thyroïde (59,0 pour 100 000), 2-Sein (57,1), 3-Utérus (51,0), Hommes : 1-Poumons (78,3), 2-Digestifs (56,0), 3-Prostate (43,1). Les incidences des cancers de la thyroïde, du sein, des poumons, de la prostate, du col de l'utérus, du mélanome malin sont plus importantes que les taux moyens mondiaux. Les incidences du mélanome malin, du sein et de la prostate sont plus élevées chez les Européens, celles des cancers de la thyroïde chez les Mélanésiens et les Tahitiens, celles des cancers digestifs et du col de l'utérus chez les Vietnamiens. Les cancers de la thyroïde et les cancers digestifs ont une incidence plus élevée dans les Îles Loyauté, le mésothéliome dans la Province Nord, le mélanome malin et les cancers du sein dans la Province Sud.

CONCLUSIONS : Le Registre du Cancer est un outil important de santé publique en Nouvelle-Calédonie. En 1994, une étude cas-témoin a démontré que le risque de mésothéliome était fortement associé avec l'utilisation d'une chaux locale fabriquée à partir d'une roche affleurante nommée « Pö » ; un programme d'information et de destruction des habitations concernées a été mis en route. De même, l'INSERM a conduit une étude étiologique des cancers de la thyroïde, dont l'analyse est en cours.

Pancréatites aigues au cours de la leptospirose : à propos de huit cas

Dericke TRISTAN

Service de gastro-entérologie, CHT Gaston Bourret Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Nous rapportons ici huit cas de pancréatites aiguës (PA) survenant au cours d'une leptospirose.

La leptospirose qui sévit de façon endémo-épidémique en Nouvelle Calédonie est une maladie infectieuse qui se caractérise par son grand polymorphisme. Les formes sévères, multiviscérales, font toute la gravité de la maladie. Huit patients étaient hospitalisés au Centre Hospitalier Territorial pour un sepsis sévère rapporté à une leptospirose authentifiée à la fois par sérologie et par PCR. Ces huit patients avaient pour particularité de présenter une PA au cours de l'évolution. Cette PA était certaine dans les huit cas, avec un tableau associant douleurs épigastriques, hyperamylasémie et/ou hyperlipasémie supérieure à trois fois la normale.

Dans tous les cas, les autres causes de PA étaient éliminées. Dans trois cas la PA était sévère sur le plan anatomique, comme en témoignait la scanographie.

La survenue d'une PA au cours d'une leptospirose, bien que déjà décrite, est peu fréquente.

Cette association doit être connue en Nouvelle Calédonie, mais également en Métropole et chez un patient présentant des douleurs épigastriques au cours d'une leptospirose les enzymes pancréatiques doivent être dosées dans le sérum. A l'inverse, toute PA sans étiologie retrouvée, survenant dans un contexte infectieux doit faire pratiquer PCR et sérologie de la Leptospirose.

Contribution a l'etude de la dilatation des bronches en Nouvelle-Caledonie

Chantal BARBE (1), T. Michineau (1), F. Baumann (2), S. Gervolino (1), H. Lévénès (1)

(1) CH de Nouvelle-Calédonie, Nouméa
(2) Institut Pasteur, Nouvelle-Calédonie

INTRODUCTION : Pathologie orpheline en Europe, la dilatation des bronches n'a jusqu'à présent fait l'objet d'aucune étude en Nouvelle-Calédonie où son incidence et sa gravité paraissent constituer un problème majeur et méconnu de santé publique.

MÉTHODE : Une étude portant sur 68 malades de moins de 40 ans, hospitalisés dans le service de pneumologie du CHT pour dilatation des bronches entre le 01/01/1998 et 31/12/2002 a permis d'analyser les facteurs de risques (notamment environnementaux), les éléments cliniques, radiologiques, bactériologiques et fonctionnels. Les données ont été reprises depuis le début du suivi dans le service de pneumologie jusqu'en 2003, avec évaluation quinquennale.

RÉSULTATS : Les patients atteints de dilatation des bronches ont en général une maladie déjà évoluée au moment du diagnostic avec atteinte de 3 lobes pulmonaires en moyenne, présence de germes pathogènes et d'une atteinte fonctionnelle initiale sous la forme d'un syndrome restrictif. L'évolution conduit vers l'atteinte de lobes supplémentaires, la colonisation à pyocyanique et une atteinte fonctionnelle restrictive et obstructive conduisant vers l'insuffisance respiratoire.

CONCLUSION : La dilatation des bronches présente en Nouvelle-Calédonie une incidence élevée non évaluée, un profil évolutif sévère, un coût social important qui imposent sa (re)connaissance, sa prise en charge spécifique à l'instar de la mucoviscidose. Des études ultérieures épidémiologiques, génétiques, biochimiques s'imposeraient sur le territoire, en faisant pour les années à venir un pole majeur d'intérêt médical.

5

Stratégies évolutives d'*Aedes aegypti* en réponse à l'infection par le virus de la dengue

Sara MOUTAILLER, L. Mousson, M. Boussard, M. Vazeille et A.-B. Failloux

Insectes et Maladies Infectieuses, Institut Pasteur, Paris, France.

Aedes aegypti est une espèce polytypique dont on décrit deux formes majeures : *Ae. ae. formosus,* d'écologie rurale, qui occupe une partie de l'Afrique continentale et *Ae. ae. aegypti,* d'écologie urbaine, de répartition cosmo-tropicale. La dengue est, encore aujourd'hui, la plus fréquente des arboviroses humaines avec des épidémies essentiellement associées à *Ae. ae. aegypti.* L'infection virale atteint de nombreux organes du vecteur et persiste pendant toute la vie de l'insecte. Peut-elle agir comme un facteur affectant l'allocation des ressources du vecteur qui, en temps normal, c'est-à-dire en l'absence d'infection, est principalement destinée à assurer sa reproduction et son développement ? Dans ce but, nous avons comparé les performances des deux formes d'*Ae. aegypti* sur plusieurs traits d'histoire de vie, tels que le taux de mortalité après infection virale, les taux de fécondité et fertilité, le taux de mortalité des stades pré-imaginaux, la durée du développement pré-imaginal, et le sex-ratio. Les résultats montrent que : (1) la réceptivité à l'infection est un caractère dominant transmis à la descendance par la souche parentale d'*Ae. ae. aegypti* ; (2) les deux formes expriment des stratégies démographiques différentes : *Ae. ae. formosus* produit davantage de femelles à l'émergence avec un temps de génération plus court que *Ae. ae. aegypti* ; (3) l'infection conduit *Ae. ae. formosus* à une augmentation de sa fécondité et de nombre de femelles à l'émergence ; et (4) la descendance issue du croisement entre les deux formes développe la même stratégie de reproduction que *Ae. ae. formosus* et la même stratégie de développement que leurs mères respectives.

En conclusion, l'effet majeur de l'infection virale est observé sur la reproduction d'*Ae. ae. formosus*, forme qui évolue généralement dans un environnement à l'abri des virus de la dengue. Que se passerait-il si le virus était importé *via* l'introduction de malades virémiques ? Quelles seraient les chances du virus d'être maintenu ? La dengue peut-elle s'implanter dans les quelques régions d'Afrique qui demeure encore aujourd'hui épargnées ?

Étude de la variabilité génétique d'*Aedes aegypti*, le vecteur majeur des virus de la dengue en Asie du Sud-Est

Christophe PAUPY (1,4), C. Ngan (2), J.-M. Reynes (3), M. Vazeille (1) et A.-B. Failloux (1).

(1) Insectes et Maladies Infectieuses, Institut Pasteur, Paris, France
(2) National Malaria Centre, Phnom Penh, Cambodge
(3) Unité de Virologie, Institut Pasteur du Cambodge, Phnom Penh, Cambodge
(4) Laboratoire de Microbiologie et Environnement, Institut Pasteur de La Nouvelle Calédonie, Nouméa, Nouvelle Calédonie

Aedes aegypti est le principal vecteur des virus de la dengue dans le monde. En Asie du Sud-Est, cette espèce d'introduction récente, colonise principalement des gîtes d'origine anthropique en milieux urbain et sub-urbain. Depuis 1962, le Cambodge est régulièrement confronté à des épidémies de dengue. Une étude spatiale de la variabilité génétique des populations d'*Ae. aegypti* a été menée à différentes échelles géographiques : (1) le Cambodge en analysant les populations de 4 villes, (2) la capitale Phnom Penh, et (3) le long d'une unique rue type d'un quartier de Phnom Penh, d'un quartier de cette ville. Cette étude spatiale de la variabilité génétique, a été complétée par une analyse temporelle. La différenciation génétique est faible entre populations issues des différentes villes, et à l'intérieur de la ville de Phnom Penh mais plus élevée entre populations récoltées le long d'une rue de Phnom Penh. La faible différenciation génétique détectée entre villes pourrait être le fait de populations génétiquement instables qui sont encore soumises à des évènements récurrents d'extinction et de re-colonisation. La différenciation génétique élevée, estimée le long d'une rue de Phnom Penh, pourrait être attribuée à une dynamique différente qui distingue les populations issues de contenants d'eau pour usage domestique des populations issues de contenants abandonnés péri-domestiques. Par ailleurs, l'analyse temporelle de la variabilité génétique des populations récoltées dans la ville de Phnom Penh, met en évidence une évolution entre le début et la fin de la saison sèche. On note également que les taux d'infection, vis à vis de la dengue des populations récoltées diminuent durant cette période. En l'absence de traitement et de vaccin, la lutte contre la dengue repose entièrement sur la lutte contre les vecteurs. Ainsi, des études pour mieux connaître l'organisation des populations de vecteurs et notamment, la génétique des populations, permettront de mieux comprendre le processus d'invasion d'*Ae. aegypti* en Asie du Sud-Est.

Faible couverture vaccinale antitétanique de la population néo-calédonienne : apport d'un nouveau test de dépistage qualitatif rapide

F. POURADIER, X. Berge, F. Durand

SAU, CHT de Nouvelle Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

INTRODUCTION : Une étude prospective a été réalisée dans le Service d'Accueil des Urgences du CHT à Nouméa pour déterminer la place d'un test de dépistage rapide des anticorps antitétaniques sériques : le TQS® (spécificité 100 %, sensibilité 97 %). OBJECTIFS : 1) Evaluer la couverture vaccinale de la population calédonienne à partir d'un échantillon significatif ; 2) Evaluer la qualité de nos pratiques ; 3) Evaluer l'utilité et la place du TQS® dans notre service ; 4) Evaluer l'impact financier de son utilisation.

MÉTHODE : Critères d'inclusion : tout patient admis au SAU Gaston Bourret, âgé de plus de 19 ans présentant une plaie aiguë ou chronique. Protocole : le médecin répond à un questionnaire individuel. La première partie du questionnaire (avant test) comprend : le sexe et l'âge du patient, la situation vaccinale présumée, la nature de la plaie (ref. OMS), la prophylaxie envisagée. La deuxième partie du questionnaire est complétée après lecture du test : le résultat du TQS®, la prophylaxie effectuée au vu du résultat.

RÉSULTAT ET DISCUSSION : (n = 212 patients inclus), 40 % de la population étudiée n'est pas protégée contre le tétanos (38 % de la population masculine versus 47 % de la population féminine étudiée). La situation vaccinale se dégrade avec l'âge croissant des patients (51 % des +40 ans et 77 % des +60 ans ne sont pas protégés). Manque de fiabilité de l'interrogatoire : 27 % des patients pensant être à jour dans leur vaccination ont un test négatif. Inversement, 51 % des patients ignorant leur statut vaccinal ont un test positif. Impact du TQS® sur la décision thérapeutique : L'utilisation du TQS® a modifié la décision thérapeutique dans 45 % des cas (par excès ou par défaut). Impact économique : le coût du test semble être compensé par l'économie de vaccins et d'immunoglobulines générée.

CONCLUSION : cette étude a révélé la faible couverture vaccinale de la population étudiée et le manque de fiabilité de l'interrogatoire concernant la vaccination. L'attitude prophylactique a été modifiée dans 45 % des cas et à permis de cerner les indications du TQS.

Violences envers les femmes : un enjeu de santé publique en Nouvelle-Calédonie

Christine SALOMON, C. Hamelin, P. Goldberg, R. Sitta, D. Cyr
INSERM U 88 / IFR 69, Paris, France

OBJECTIFS : L'étude «Santé et conditions de vie des femmes calédoniennes» menée en population générale mesure les violences envers les femmes et leurs conséquences en matière de santé.

MÉTHODES : Les données proviennent d'un questionnaire standardisé passé en face à face entre novembre 2002 et août 2003 auprès de 1012 femmes de 18 à 54 ans dans toutes les communes. L'échantillon aléatoire, dont la base est la liste électorale, a été stratifié sur l'âge.

RÉSULTATS : Les résultats présentés en tableaux commentés rendent compte des proportions de victimes de violences physiques et sexuelles au cours des 12 derniers mois selon leurs principales caractéristiques socio-démographiques et de la corrélation des violences subies avec des indicateurs de santé tels que la santé auto-perçue, la santé mentale, le recours aux soins, les hospitalisations et les consommations de tabac, d'alcool et de cannabis.

Présence de variants moléculaires du virus HTLV-1 de sous-type C au Vanuatu

Olivier CASSAR (1,2), C. Capuano (3), E. Chungue (1), L. Meertens (2), A. Gessain (2)

(1) Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie
(2) Institut Pasteur à Paris
(3) Organisation Mondiale de la Santé

Oncorétrovirus humain découvert en 1980, le virus humain T lymphotrope de type 1 (HTLV-1) affecte 15 à 25 millions de sujets dans le monde. Il est à l'origine d'une lymphoprolifération maligne ou leucémie/lymphome T de l'adulte (ATL) et d'une neuromyélopathie chronique invalidante appelée paraplégie spastique tropicale ou myélopathie associée à l'HTLV-1 (TSP/HAM). Quatre génotypes viraux ont été décrits : le sous-type A Cosmopolite, le sous-type B d'Afrique centrale, le sous-type C Mélanésien, le sous-type D d'Afrique Centrale-Pygmées. Deux autres variants E et F ont été décrits au Gabon en République Démocratique du Congo.
En raison de leur proximité avec des zones de forte endémicité (îles du Sud du Japon), les îles du Pacifique ont fait l'objet par le passé d'études de séro-prévalence vis à vis du virus HTLV-1. En Mélanésie, le virus est présent en Papouasie-Nouvelle-Guinée, dans les Îles Salomon et chez les populations Aborigènes d'Australie. En 2002, au cours d'une enquête sur les maladies sexuellement transmissibles dans l'Île d'Ambae (nord-est du Vanuatu), une étude de séroprévalence de l'infection par le virus HTLV-1 a été réalisée chez des femmes âgées de 16 à 82 ans. Parmi les 391 prélèvements recueillis, la présence d'anticorps anti-HTLV-1 a été confirmée par Western Blot chez 4 femmes (1,02%) présentant des profils sérologiques complets (p19, p24, p28, GD21, rgp46-I). La comparaison des séquences nucléotidiques obtenues à partir d'un fragment du génome de ces quatre souches virales, codant pour les régions de l'enveloppe (*env*) et des séquences non codantes aux extrémités terminales appelées longues terminaisons répétées (LTR), montre que ces virus appartiennent tous au sous-type C Mélanésien et présentent une forte homologie entre eux (≥98%). Ces virus constituent les premières souches identifiées à ce jour dans l'Archipel du Vanuatu et confirment ainsi la présence du virus en Mélanésie.

Morsures de serpents marins marins en Nouvelle-Calédonie

C. SEBAT (1), S. Ribet (1), Y. Barguil (2), G. Pochard (1), F. Durand (1)

(1) SAMU, CHT de Nouvelle Calédonie
(2) Laboratoire de Biochimie, CHT de Nouvelle Calédonie

INTRODUCTION : Depuis 2000 plusieurs morsures de serpents se sont produites, certaines avec envenimation sévère. Cette expérience nous amène à proposer une procédure, de la mettre en œuvre et de la valider.

DOSSIERS : Depuis 2000, sept morsures de serpents ont eu lieu dont trois avec envenimation. En 2000, un enfant de 9 ans est mordu en pleine eau. *L'Hydrophis coggeri* est mis en cause. L'envenimation entraînera un arrêt respiratoire. En 2001, une femme de 39 ans est mordue en pleine eau par un *Hydrophis coggeri*. Les 1er signes d'envenimation apparaîtrons 1 h 05 après la morsure. La détresse respiratoire est survenue 6 h 15 après l'envenimation. En 2003, un homme de 19 ans est mordu par un serpent gris. Il présentera des signe d'envenimation modérés (ptosis, asthénie intense). Dans les quatre autres cas mettant en cause un *Laticauda laticauda*, un *Hydrophis coggeri* et un serpent non identifié dans les deux derniers cas.

DISCUSSION : La clinique est totalement variable d'un patient à l'autre en fonction du taux de venin injecté. Il n'est pas possible d'exclure une envenimation avec un examen précoce normal. Des examens répétés sont nécessaires. Ils doivent rechercher les premiers signes d'envenimation tels ptôsis et diplopie. Afin d'améliorer le diagnostic, il est proposé de faire systématiquement un dosage urinaire à la recherche du venin. Chez les personnes décédées, si le recueil des urines n'est pas possible, il est proposé de faire un dosage sanguin pendant la durée de l'étude. Dans un premier temps, nous poursuivrons la surveillance clinique (24h).

CONCLUSION : Ce protocole devrait nous permettre d'affirmer ou d'infirmer l'envenimation et de réduire les durées d'hospitalisation en cas de morsures sans envenimation (test urinaire négatif).

L'asthme aux urgences adultes du CHT de la Nouvelle-Calédonie

C. SEBAT (1), S. Gervolino (2), C. Étevenard (1), H. Lévènès (3), F. Durand (1)

(1) SAMU ; (2) DIM ; (3) Pneumologie ; CHT de Nouvelle Calédonie, Nouméa

INTRODUCTION : Le Congrès de pneumologie sur l'asthme, en 2000, a été l'occasion de réaliser un état des lieux de la prise en charge de l'asthme au SAMU et au SAU du CHT. De nouvelles procédures de prise en charge ont été mises en place. Nous en évaluons l'impact en 2002 pour faire le point.
MÉTHODES : Reprise de l'étude rétrospective faite en 2000, complétée par une étude rétrospective portant sur les appels reçus au SAMU et les passages des asthmatiques au SAU. Les hospitalisations ont été vérifiées par le codage en CIM 10 des patients hospitalisés.

	1997	1998	1999	2002
Consultations	780	628	633	445
Hospitalisations	210	218	204	118
Total	982	832	827	563

		1997	1998	1999	2002
SAU		982	832	827	563
SAMU	237	262	281	310	

	1997	1998	1999	2002
PNO	39	43	47	17
UHCD	83	89	80	49
DAR	30	22	21	18
Autre	50	50	46	33
Total	202	204	194	117

Résultats :

	1997	1998	1999	2002
Décès CHT	5	4	1	1
Total décès	17	12	9	6

On constate une diminution de 56,36 % des passages au SAU pour asthme. Dans le même temps les hospitalisations ont diminué de 78,53 %. Parallèlement, les appels au SAMU pour asthme ont légèrement progressé de 16,13 %. Si on regarde les décès on note une nette diminution des décès par rapport à 1997 et 1998. En revanche la diminution est moins importante par rapport à 1998. Il y a plus de décès à l'extérieur du CHT.
CONCLUSION : Du fait du réseau mis en place au sein du CHT, mais aussi en extra hospitalier (pneumologues et généralistes du secteur privé), la prise en charge de l'asthme s'est améliorée. Ces nouvelles procédures ont conduit à une diminution des consultations et des hospitalisations pour asthme en urgence au SAU.

Phénotypes érythrocytaires exceptionnels et anticorps liés : état des connaissances en Nouvelle-Calédonie et perspectives

Frédéric TOUZAIN

Service de transfusion sanguine, CHT de la nouvelle-calédonie (f.touzain@cht.nc)

INTRODUCTION : Plusieurs phénotypes érythrocytaires exceptionnels ont été identifiés dans la population vivant en Nouvelle Calédonie, le plus souvent à l'occasion de la découverte de l'anticorps anti-public lié. L'intérêt d'identifier les porteurs de ces phénotypes réside dans la prévention des conséquences transfusionnelles et néo-natales parfois dramatiques du fait de l'extrême rareté des donneurs compatibles en cas de nécessité.

RÉSULTATS :

- Pour le groupe sanguin Gerbich : 4 femmes enceintes ont été identifiées porteuses du phénotype GE :-2,-3, toutes ayant développé un anticorps anti-GE2 (et 2 d'entre elles un anticorps anti-GE3). Ce phénotype est retrouvé dans l'ethnie mélanésienne, comme attendu.
- Pour le groupe sanguin Kidd : 4 femmes enceintes ont été identifiées porteuses du phénotype JK :-1-2, toutes ayant développé un anticorps anti-JK3. Pour l'une d'elles, un frère et une sœur ont également été trouvées JK :-1,-2. Ce phénotype est retrouvé dans l'ethnie polynésienne comme attendu, mais pour l'instant en Nouvelle Calédonie, seulement dans la population d'origine Wallisienne et pas encore celle originaire de Polynésie française.
- D'autres phénotypes exceptionnels ont été identifiés : KEL :-2 et FY :-1,-2.
- Un fichier a été constitué dans le but de disposer de donneurs rares potentiels.

PERSPECTIVES : En accroissant la recherche des porteurs de ces phénotypes exceptionnels, il s'agit désormais de développer le fichier de donneurs rares auquel il pourrait être fait appel en cas de nécessité. La constitution ou la contribution à l'approvisionnement d'une banque de sang de phénotype rare serait l'étape suivante à franchir, afin de disposer à tout moment de concentrés globulaires compatibles avec ces sujets pouvant se trouver en situation d'impasse transfusionnelle. Une coopération régionale à l'échelon du Pacifique Sud est souhaitable.

Proficiency testing for the leptospirosis microscopic agglutination test

Roderick J. CHAPPEL (1), M. Goris (2), M.F. Palmer (3), R.A. Hartskeer (1,2)

(1) National Serology Reference Laboratory, Australia, Fitzroy, Victoria, Australia
(2) Leptospirosis Reference Laboratory, Royal Tropical Institute, Amsterdam, The Netherlands
(3)Leptospira Reference Unit, County Hospital, Hereford, United Kingdom

The microscopic agglutination test (MAT) for human and animal leptospirosis remains important for diagnosis, surveillance and epidemiological studies throughout the world, despite the advent of more advanced techniques. Quality assurance for the MAT is particularly difficult because cultures of live leptospiral bacteria are used as diagnostic antigens. Proficiency testing for the MAT has until recently not been available in many parts of the world where the test is performed. An international proficiency testing scheme has, therefore, been established with the encouragement of the International Leptospirosis Society. There were 37 participating laboratories from 23 countries when the scheme commenced in 2002, and 60 laboratories from 34 countries in 2003. These laboratories were located in Europe, North America, Central and South America, Asia and the Pacific, and Australasia. Samples distributed in the first two years were freeze-dried rabbit antisera, posted in IATA-approved packaging. The unreliability of postal services to some counties has caused some difficulty. Analysis of the results is complicated by the fact that many different leptospiral serovars and serogroups are used by different laboratories. Laboratories participating for the second time in 2003 performed on average significantly better than they had in 2002, and they also performed better than laboratories newly-enrolled in 2003. This suggests that this proficiency testing scheme is having a positive impact on the quality of MAT testing.

How we can use the radioecological sensitivity concept as a tool for risk management ?

Catherine MERCAT-ROMMENS, P. Renaud & N. Lemaitre

Laboratory of radioecological studies for marine and terrestrial ecosystems, Institute for Radioprotection and Nuclear Safety, DEI/SESURE/LERCM, Cadarache, St-Paul-lez-Durance cedex, France
Corresponding author: catherine.mercat-rommens@irsn.fr

BACKGROUND: The consequences for the man and the environment of the discharges of nuclear facilities depend on the importance and the nature of the discharges, but also on the environment which receives them. Thus, the impact of a pollution, which is expressed in term of toxicity, risk or economic consequences, varies according to the characteristics of the environment and the use of this environment by the man. The radioecological sensitivity can be defined as the response of the environment to a radioactive pollution. This response is expressed through various indicators: the activity of a radionuclide at a precise moment, a stock of radionuclide in a given environmental compartment or a flux of radionuclide. For a determined discharge, the higher is the response, the more sensitive is the environment.
OBJECTIVES: If all the ecosystems appear sensitive, their sensitivity does not concern the same criteria and it is currently difficult to compare these criteria between them ; is it more hazardous to have a stock of radioactivity present in a natural space or to have an important but time-limited concentration of radionuclides in a river used for irrigation ? The idea of the SENSIB project is to create a standardized tool which makes it possible to represent and to compare with the same scale the sensitivity of various ecosystems.
RESULTS & CONCLUSIONS: The sensitivity indexes, which will be developed during the project, aim to represent the intensity of the environmental response. These indicators, which are the result of the transfer of the radionuclides in the environment, depend on various intrinsic parameters of the ecosystems (climate, soil, agricultural practises, etc). The SENSIB project, based on results of field studies conducted by IRSN, aims to develop both a methodology to calculate sensitivity indexes and a radioecological sensitivity scale usable for risk management. The SENSIB project will characterize in parallel the sensitivity of metropolitan territories and the sensitivity of Polynesian territories to be able to compare both sensitivity levels and to point out parallels and differences.

La RT-PCR quantitative en temps réel par SYBR, Green I pour quantifier le virus de la dengue 2 dans les moustiques *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*

Erwan GUICHOUX, S. Moutailler, N. Corre-Catelin, M. Vazeille, L. Mousson et A.-B. Failloux

Insectes et Maladies Infectieuses, Institut Pasteur, Paris, France

Le virus de la dengue est transmis à l'homme par une piqûre d'un moustique hématophage dont les deux principales espèces vectrices sont *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*. Ces deux espèces présentent des caractéristiques différentes, tant au niveau écologique, éthologique que dans leur capacité à transmettre le virus à l'homme. Cette compétence vectorielle peut être évaluée de manière qualitative chez le moustique, par immunofluorescence indirecte, afin de déterminer s'il est ou non infecté au terme de la période d'incubation du virus dans le vecteur. Mais qu'en est-il de la réplication du virus à proprement parler ? La cinétique de réplication du virus de la dengue dans le moustique est-elle identique chez ces deux espèces ? Pour tenter de répondre à ces questions, nous avons mis au point une technique de RT-PCR en temps réel par SYBR Green I, afin de pouvoir évaluer de manière précise la quantité de virus présent chez un moustique, après un repas de sang infecté. Les résultats montrent que la réplication du virus suit une dynamique en trois étapes : (1) une courte phase de faible réplication, (2) suivie d'un pic d'infection autour du sixième jour, qui varie dans son intensité et sa durée selon la souche de moustique étudiée (*Ae. ae. aegypti*, *Ae. ae. formosus* ou *Ae. albopictus*), et (3) pour finir, une baisse du taux viral à un niveau de base variable selon la souche. *Ae. ae. aegypti*, le vecteur majeur de la dengue, présente des taux viraux importants même après le pic d'infection (corroborant ainsi sa forte compétence), tandis que les souches *Ae. ae. formosus* et *Ae. albopictus*, que l'on sait moins compétentes, maintiennent le virus à un niveau relativement bas sur la même période. Ces informations, apportées par la RT-PCR SYBR Green I, seront d'une importance capitale pour mieux mesurer la compétence vectorielle et l'inscrire dans un contexte naturel en intégrant tous les paramètres de la bio-écologie du vecteur (par exemple, la durée de vie du moustique) et ainsi, mesurer les performances des populations du vecteur dans différents contextes épidémiologiques.

Determination of α-conotoxins binding modes onto neuronal nicotinic receptors

Sebastien DUTERTRE (1), A. NICKE (2) and R. J. LEWIS (1).

(1) Institute for Molecular Bioscience and School of Biomedical Sciences, University of Queensland, Brisbane, Queensland, Australia
(2) Max-Planck-Institute for Experimental Medicine, Goettingen, Germany

The venom peptides (conotoxins or conopeptides) evolved by cone snails for prey capture and defence are small, highly structured mini-proteins with diverse pharmacology. The X-ray and NMR structures for most classes of conotoxins have now been determined. We describe here the construction of a homology model for the neuronal α7 and α3β2 nicotinic acetylcholine receptors based on the acetylcholine binding protein (AChBP) structure and the use of the GOLD docking program to identify the binding sites for four a-conotoxins: ImI, PnIA, PnIB and MII. Using this structural approach, we identified on these models 2 cavities around the putative ACh binding site: a small one above the β9/β10 antiparallel loop, and a larger one below it. The docking results suggest that the a-conotoxins bind to receptor residues located mainly in and above the ACh binding site, with part of their structure buried in the small cavity. This contrasts with the α-neurotoxins that enter the binding site from the larger cavity below the β hairpin. Validation of these models of α-conotoxins/nAChRs interactions will be carry out by mutant cycle analysis. The structural restraints derived from mutagenesis studies will be used to refine models of these membrane proteins. This should define a more accurate pharmacophore for these potential therapeutic targets that could lead the design of new drugs.

Situation radiologique en Polynésie française Évolution 1983-2002 dans les cinq archipels

Bernard DESCAMPS, C. Bernard

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Tahiti, Polynésie française

INTRODUCTION: Le Laboratoire d'Etude et de Surveillance de l'Environnement (LESE) a été créé à Tahiti en 1962 avant que les expérimentations nucléaires aériennes françaises ne commencent, en 1966. Actuellement le LESE réalise la surveillance radiologique dans 7 îles de la Polynésie française: Mangareva, Hiva Oa, Hao, Rangiroa, Tubuai, Maupiti et Tahiti.

MÉTHODE: Depuis 1983, le LESE utilise la même méthode pour suivre les niveaux résiduels de la radioactivité artificielle dans l'environnement physique et dans les principaux aliments d'origine locale. Les 400 prélèvements annuels sont analysés en spectrométrie gamma haute résolution. Les résultats obtenus (essentiellement le ^{137}Cs) permettent de calculer les doses liées à l'irradiation externe, l'inhalation et l'ingestion.

RÉSULTATS:

Dose effective pour l'ingestion dans 2 îles typiques, Tahiti et Rangiroa, en 2002. La pulpe de coco et l'eau de coco représentent une contribution de 65 % à Rangiroa alors que le lait d'origine locale représente la plus grande contribution, 40 %, à Tahiti.

Evolution, pour la période 1983-2002, de la dose effective totale pour les enfants et les adultes dans les 7 îles.

La décroissance entre 1983 et 1992 est due à l'amélioration de la technique métrologique (abaissement des LD). La voie exposition externe est négligeable dans les atolls (excepté Mangareva) et représente 20 à 50 % dans les îles hautes. La voie inhalation est très faible (moins de 0,01 µSv) dans les atolls et les îles hautes. La voie ingestion est importante mais variable selon la localisation.

CONCLUSIONS: La consommation de produits locaux et les caractéristiques des sols (par l'intermédiaire des transferts sol-plante) sont les deux paramètres intrinsèques de l'environnement les plus importants en terme de « sensibilité radioécologique » de cet environnement. L'IRSN a mis en œuvre un projet à ce sujet: le projet SENSIB.

Wavelet analysis on holter recording in EMIAT[1] Database

Nazha SELMAOUI

ERIM (Equipe de Recherche en Informatique et Mathématiques), Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Nouvelle Calédonie

The aim of this paper is to validate wavelet analysis of Holter recordings as a tool for the detection of patients at risk of sudden cardiac death after an acute myocardial infarction. The study is based on time-averaged HR-ECGs computed for 6 time slots (3 during the night and 3 during the day) of the 3-channel 24H analogue Holter recordings of the EMIAT (European Myocardial Infarct Amiodarone Trial), 21 month mean follow-up database. From the 1486 patients, we selected 154 Healthy patients having at least three 24H Holter recordings (respectively recorded at visit 0, 1 and 3 after discharge of the hospital) and 6x3 noiseless HR-ECGs, and the 55 patients with a sudden cardiac death. Each HR-ECG was transformed into 511, nine scale orthogonal Meyer wavelet coefficients, extending from 128 ms before to 384 ms after QRS onset. The discriminating power of the different time-frequency areas was assessed by means of the CARTEF Time-Frequency Abnormalities Stratification method, a 3-dimensional representation of the significance of the wavelet coefficients. To test the repeatability of the method, we randomly subdivided the "healthy" into two subgroups of 77 patients each and we compared each subgroup versus the other for all 6x3 time sequences. We also studied the intra subject, intra day variability of the Healthy group by comparing all sequences of all visits with the first sequence chosen as a reference. The CARTEF results show that if we compare the wavelet coefficients of the HR-ECGs corresponding to the same time sequences, there are no intra-group differences (p-values > 0.05), but there are significant intra group, intra day differences between sequences 4, 5 and 1. This result could be explained by circadian variations. On the contrary, if we compare the Sudden Death group with the Healthy one for the same time sequences, there are very significant differences (p-value<0.0001) for different time-frequency locations, intra QRS and at the end of QRS and in the ST segment, especially in the 8Hz-32Hz and the 62Hz-125Hz frequency ranges. These differences can only be evidenced if the proper methods are implemented to circumvent circadian variations.

[1] European Myocardial Infarct Amiodarone Trial

The Australian research council centre for structural and functional microbial genomics

Ben ADLER

Director ARC Centre for Structural and Functional Microbial Genomics, Monash University, VIC, Australia

The ARC Centre was established in 2003 with the aim of applying new and existing sequence information as a basis for a broad phenomics-based approach for fundamental and applied research. The emphasis is on infectious diseases of economic importance in primary industry with expected outcomes being the development of effective vaccines that will be used for the control of microbial diseases in animals and the identification of targets for antimicrobial agents that will ultimately be used for the treatment of microbial diseases.

Core capacity within the Centre includes facilities for: sequencing and miroarray analysis; advanced bioinformatics modelling and software; high throughput protein expression and purification; fluorescence analysis and imaging technology; proteomics; biomolecular interactions; advanced structural biology.

Current infectious diseases under study include: fowl cholera; pneumonic pasteurellosis; mycobacterial infections; leptospirosis; swine dysentery; ovine footrot.

Surveillance de la grippe humaine en Nouvelle-Calédonie (1999-2003)

Alain BERLIOZ-ARTHAUD (1) & I. G. Barr (2)

(1) Institut PASTEUR de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, New Caledonia
(2) WHO Coll. Centre for Reference & Research on Influenza, Poplar Road, Parkville, Victoria, Australia

OBJECTIFS : évaluer l'incidence et la saisonnalité de la grippe humaine en Nouvelle-Calédonie et identifier les types et sous-types circulants, de façon à valider le programme local de vaccination et participer à la surveillance régionale et mondiale de cette maladie.

MÉTHODE : l'essentiel de l'activité de surveillance est basée, depuis 1999, sur un réseau sentinelle composé de praticiens publics et privés de Nouméa et sur le laboratoire de virologie de l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie.

RÉSULTATS : la grippe humaine est présente chaque année en Nouvelle-Calédonie, régulièrement durant l'hiver austral, et de façon plus occasionnelle entre les mois de mars et mai. Les souches isolées sont en général comparables à celle décrites au niveau international, excepté en 1999, où un nouveau variant d'intérêt vaccinal A/H1N1 a été mis en évidence.

CONCLUSION : Cette étude confirme l'intérêt d'une surveillance régulière et continue de la grippe, même pratiquée sur une échelle modeste. Il apparaît que la Nouvelle-Calédonie est exposée aux saisons grippales des deux hémisphères, lui conférant une saisonnalité atypique. Cette description a permis de valider la période décembre-janvier comme optimale pour la campagne de vaccination annuelle.

Des écrans imprégnés d'insecticides pour lutter contre les *Aedes* vecteurs

Yves SÉCHAN

IRD / Institut Louis Malardé, Laboratoire d'Entomologie médicale, Papeete, Tahiti, Polynésie française

En Polynésie française *Aedes polynesiensis* et *Aedes aegypti* transmettent des agents pathogènes pour l'homme (filariose de Bancroft et dengue). La lutte antivectorielle s'inscrit donc tout naturellement dans la lutte contre ces maladies afin de mieux les contrôler et réduire les dépenses de santé concomitantes. Une nouvelle méthode de lutte pour la Polynésie s'appuyant sur les acquis des moustiquaires et rideaux imprégnés d'insecticide pour lutter contre les vecteurs du paludisme et sur l'écologie des moustiques vecteurs locaux a été mise au point. Pour ce faire, des écrans imprégnés de deltaméthrine (0,50 g/m^2) ont été utilisés dans un petit quartier urbanisé de Tahiti.

Les résultats obtenus procurent les informations suivantes :

Les écrans réduisent de façon significative (près de 90 %) le taux de piqûres de *Aedes aegypti* et de *Ades polynesiensis* pendant environ 2 à 3 mois. L'efficacité semblé être légèrement plus prolongée pour *Ae aegypti* que pour *Ae. polynesiensis.*

Les écrans imprégnés n'ont pas d' effet « dissuasif » mais plutôt un effet létal dans la zone traitée comme dans la zone non traitée sur les populations des moustiques du quartier. Cet effet « masse » est intéressant à souligner en termes de santé publique.

Non exposés à la lumière solaire, les écrans imprégnés conservent leur efficacité pendant plusieurs mois mais les rayons solaires détruisent la molécule rendant le rideau inefficace après 1 mois ? d'exposition ; cet effet des rayons solaires évite toute contamination de l'environnement et un effet nuisible sur la faune non cible.

L'analyse coût/efficacité a montré qu'une protection par écrans imprégnés revient entre 1 500 et 2 000 F CFP par personne protégée par an.

Dans le cadre de l'utilisation de cette technique, il importe de changer la matière insecticide active tous les 3 mois.

Un piège lumineux développé à Tahiti pour lutter contre *Culicoides belkini*

Yves SÉCHAN

IRD / Institut Louis Malardé, Laboratoire d'Entomologie médicale, Papeete, Tahiti, Polynésie française

Introduit accidentellement en 1959 à Bora-Bora, *Culicoïdes belkini* colonise aujourd'hui toutes les îles de la Société, des Tuamotu et atteint les îles Gambier. Ce moucheron piqueur ne transmet pas de maladies à l'homme mais représente, par les milliers de piqûres quotidiennes qu'il inflige, une nuisance extrêmement handicapante pour le développement des activités touristiques.

Afin de contrôler les populations de cet insecte, l'IRD a développé un piège lumineux très attractif pour cette espèce. Sur deux zones touristiques très infestés, l'évaluation par l'ILM de ce piège démontre qu'il constitue un bon moyen mécanique pour échantillonner les populations de cet insecte et qu'il représente aussi un excellent outil pour contrôler ses populations adultes. En effet, il permet de réduire de près de 90 % les densités des femelles agressives sur les sites protégés par cette technique. Collectant indifféremment mâles, femelles gravides et non gravides, leur élimination successive permet de réduire de façon conséquente la productivité des gîtes de développement du moucheron.

De plus, sur un site de Moorea, les informations recueillies démontrent également qu'il collecte aussi des moustiques, de nombreux petits papillons nocturnes, des suceurs de sève, ainsi que de grandes quantités de termites et de fourmis en période d'essaimage. Elles montrent également que son impact sur l'environnement est très, très réduit, notamment en ce qui concerne la faune entomologique non cible en général et les insectes endémiques en particulier (0,001 % de la biomasse des insectes collectés) dans le contexte de son utilisation sur une île haute.

Afin d'étendre l'utilisation de ce piège à l'ensemble des zones colonisées par ce moucheron, l'évaluation de cette technique de lutte se poursuit sur des sites présentant des écosystèmes différents, en particulier sur les atolls.

Comment lutter contre *Leptoconops Albiventris*

Yves SÉCHAN

IRD / Institut Louis Malardé, Laboratoire d'Entomologie médicale, Papeete, Tahiti, Polynésie française

En 1906, l'arrivée accidentelle du Cératopogonide *Leptoconops albiventris* dans l'archipel des Marquises par des bateaux allemands a été vite remarquée par les autochtones en raison de son agressivité. Ces derniers lui ont d'ailleurs, par association, donné le nom de « nono purutia » en raison des dizaines de milliers de piqûres qu'il inflige quotidiennement à l'homme comme aux animaux. Adulte, ce moucheron piqueur a une activité diurne. Il colonise ce jour toutes les plages de sable de toutes les îles de l'archipel et constitue à proximité des plages une nuisance très importante pour le bien être de la population et le développement de ses activités socio-économiques. Les lésions de grattages provoquées par les piqûres s'infectant régulièrement constituent aussi un problème sanitaire à résoudre.

Les études sur la biologie et l'écologie de cet insecte ont démontré que :

Le cycle de son développement larvaire est lent (80 à 100 jours) ;

Il s'effectue essentiellement sur une étroite bande de sable située au dessus de la laisse des plus hautes eaux ;

Les lieux de repos des adultes sont situés à proximité immédiate et sur les gîtes larvaires.

S'appuyant sur ces données, une technique de lutte insecticide visant à la fois les adultes et les larves a été développée par l'IRD et l'ILM. Elle permet aujourd'hui d'envisager, par étapes successives, l'élimination définitive de ce fléau. Très ciblée, sans impact notoire sur l'environnement, mais contraignante, cette méthode permet en effet, d'éliminer les populations de cet insecte. Cependant, pour obtenir un contrôle durable de la nuisance, il est nécessaire de traiter aussi les plages contiguës infestées.

Afin d'améliorer le bien être des populations humaines, réduire les dépenses de santé liées aux piqûres et autoriser le développement harmonieux des activités touristiques, sources de revenus, dans cet archipel, un premier projet visant l'éradication de *L. albiventris* sur deux îles les plus exposées aux vents dominants du groupe nord de l'archipel est proposé aux autorités.

Research constrains in infectious diseases in the Pacific: Greater regional cooperation the way forward

Kamal KISHORE

Associate Professor, Medical Microbiology, Fiji School of Medicine, Suva, Fiji

Despite interest and efforts made by institutions in many of the Pacific Island Countries & Territories (PICT), allocating and attracting funds for building and developing a sustainable capacity for biomedical research, establishing an international collaboration, and addressing the relevant need remains an often difficult to achieve target. Excellent facilities and expertise exists in French parts of the Pacific region, and greater collaboration is a feasible yet unexplored answer to fill the gap in other parts of the region.

Infectious diseases comprise the bulk of the health service utilization in most delivery centres at all levels in the pacific region. Even in non-communicable diseases such as diabetes, which is endemic in many PICTs, prognosis and outcome of the disease is usually determined by the infectious complications, and is a frequent reason for patients to seek health care interventions. Despite this, biomedical research priorities in the PICs remains poorly addressed, even with gradual shift in focus of major funding and research agencies. Research remains a low priority in most of the PICTs ministry of health's target objectives, and infectious diseases research receives even lower attention. Institutional infrastructure, human resource expertise, skills and training remain poorly addressed.

Regional collaborative initiatives in research so far have remained few, largely resourced through expatriate expertise, and not been able to develop sustainable research capacities in the region. Poor remunerations fail to attract few trainees who are sent for various courses overseas, and such efforts prove counter productive in losing those staffs. Recent calls for proposals by the major research funding bodies have failed to contribute in a significant way towards communicable diseases research. Global funds for AIDS, Tuberculosis and Malaria has succeeded in generating some initiatives in infrastructure, capacity building and up scaling of skills and expertise, but their focus remains on the targeted diseases, and fringe benefit of these developments for other infectious diseases, if any, remains to be seen. The feasible solution to this endemic problem is greater collaboration within region, and benefit from the expertise in the French institutions in the region.

Key words: Biomedical research, Infectious diseases, Intra-regional collaboration.

Activite antimycobacterienne d'*amborella trichopoda* baillon et de quelques plantes médicinales de la Nouvelle-Calédonie

Mariette BILLO (1), P. Cabalion (2), C. Fourneau (1), S. Bouttier (3), R. Hocquemiller (1), A. Fournet (4), E. Hnawia (5)

(1) Laboratoire de Pharmacognosie (associé au CNRS-BioCIS), Faculté de Pharmacie, Université Paris-Sud, Châtenay-Malabry, France ; (2) Laboratoire Substances Naturelles Terrestres & Savoirs traditionnels (SNT & ST), DRV, US EnBioPac, IRD Nouméa, Nouvelle Calédonie ; (3) Laboratoire de Microbiologie, Faculté de Pharmacie, Université Paris-Sud, Châtenay-Malabry, France ; (4) IRD, Département DRV, US EnBiocPac, Paris, France ; (5) Université de la Nouvelle Calédonie, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

La tuberculose connaît actuellement une recrudescence liée à l'apparition de souches multirésistantes et à l'augmentation du nombre de patients immunodéficients, posant un problème important de santé publique tant en Nouvelle-Calédonie que dans le monde. La recherche de nouvelles molécules bioactives se justifie en Nouvelle-Calédonie, étant donné le potentiel qu'offre la biodiversité chimique de la flore. De plus, la pharmacopée traditionnelle reconnaît la tuberculose et possède des remèdes destinés à la soigner ce qui ouvre la voie à une approche ethnopharmacologique.

Du terrain au laboratoire

Les guérisseurs de Nouvelle-Calédonie recommandent des remèdes qui soignent les symptômes de la tuberculose tels les expectorations purulentes ou teintées de sang, la toux et la fièvre. 20 plantes natives appartenant à 16 familles ont été sélectionnées pour un premier screening, sur la base de ces informations, ainsi que sur leurs potentialités antiseptiques et anti-inflammatoires. *Amborella trichopoda*, ancêtre probable des plantes à fleurs et endémique de la Nouvelle-Calédonie a été également ciblée, bien qu'à notre connaissance elle ne soit pas employée par la médecine traditionnelle; cependant aucune étude chimique approfondie de l'espèce n'a été faite jusqu'à ce jour.
Les plantes récoltées sont séchées, broyées et extraites au Soxhlet par solvants de polarité croissante. Un herbier de chaque échantillon est conservé au Centre IRD de Nouméa.
L'activité est évaluée à différentes concentrations d'extrait sur la souche 11-73 P2 de *Mycobacterium bovis* BCG (utilisable en laboratoire classique) en milieu liquide sur plaques 96 puits. L'antibiotique de référence, l'éthambutol (CMI = 2,5 mg/mL), est utilisé à différentes concentrations (de 0,3125 à 10 µg/mL). L'activité est quantifiée par dosage colorimétrique au MTT (bleu de thiazol) et la CMI est déterminée par lecture de la densité optique à 630 nm.

Le Réseau océanien de surveillance de la santé publique : un outil régional novateur pour détecter et maîtriser les épidémies

Tom KIEDRZYNSKI

Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Le ROSSP (Réseau océanien de surveillance de la santé publique) est une structure moderne dont les acteurs principaux oeuvrent en faveur du développement de la santé dans les 22 États et territoires insulaires océaniens et au niveau régional du Pacifique. Le réseau utilise des moyens techniques et novateurs consacrés à la détection et la maîtrise des flambées épidémiques. Son but est d'améliorer la surveillance de la santé publique dans les Îles du Pacifique de façon durable. L'adhésion au ROSSP est libre. Ses *membres statutaires* sont les 22 ministères et départements de la Santé des États et territoires océaniens. Le réseau s'appuie en outre sur des *membres associés,* en l'occurrence des organismes régionaux ou internationaux, des établissements de formation, des laboratoires et d'autres partenaires qui peuvent lui apporter une expertise complémentaire et des contributions en nature ou financières. Un groupe de coordination émane de ces deux groupes. Il est composé de représentants anglophones et francophones qui se réunissent périodiquement pour planifier et appuyer directement les activités du réseau.

Le ROSSP offre trois types de services aux États et territoires océaniens : l'alerte précoce et la communication (PacNet), un service de laboratoires de santé publique (LabNet), et des équipes multidisciplinaires de riposte dans tous les États et territoires (EpiNet).

Erreur de prescription en médecine traditionnelle

Yann BARGUIL (1), M. Milkuski (1), A. Faujour (1), P. Cabalion (2)

(1) CH de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa
(2) IRD, Centre de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

INTRODUCTION : Nous rapportons une erreur de prescription en médecine traditionnelle responsable d'une hépatite fulminante grave chez une jeune femme mélanésienne de la côte Est de la Nouvelle-Calédonie.

MÉTHODE : Une femme de 45 ans est hospitalisée en urgence pour coma encéphalo-hépatique. À l'interrogatoire de la famille, cette femme prenait depuis 2 mois une décoction prescrite par son guérisseur pour surcharge pondérale. Elle a présenté un ictère avec fatigue extrême, troubles neurologiques et a été évasanée sur Nouméa en raison d'une détérioration rapide de son état. À l'admission, la patiente est en coma aréactif, la biologie montre une importante cytolyse avec insuffisance hépatocellulaire (TP, FV effondrés), les sérologies des hépatites sont négatives. Après 1 mois de réanimation, son état s'améliore, elle récupère rapidement et sans séquelle. Elle confirme la prise de la décoction. Une enquête sur le terrain est effectuée.

RÉSULTATS : La décoction a été préparée à partir d'écorces d'une seule plante, une rhamnacée endémique, *A. neocaledonica*. Originaire du Vanuatu, le guérisseur a substitué cette espèce à une autre, du même genre, *A. zizyphoides* qui ne pousse pas en NC. Les écorces ont respectivement diverses indications médicinales en NC ou au Vanuatu. Elles ne sont cependant pas administrées à long terme.

CONCLUSION : En Nouvelle-Calédonie, des traitements sont parfois entrepris par des personnes se réclamant de la médecine traditionnelle mais qui la connaissent mal. Les risques sont la confusion entre espèces et l'inobservation des schémas thérapeutiques empiriques qui garantissent une certaine inocuité. Bien souvent les produits utilisés restent inconnus et la maladie demeure de cause indéterminée pour le clinicien. Dans notre cas, une étroite collaboration clinico-ethnopharmacologique a rapidement permis d'identifier la plante responsable.

Effets secondaires non psychotropes d'une consommation chronique de kava : un mécanisme commun ?

Yann BARGUIL (1), S. Warter (1), P. Cabalion (2), E. Choblet (1), D. Duhet (2)

(1) CH de la Nouvelle-Calédonie
(2) IRD, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

INTRODUCTION : Les kavalactones du kava sont au moins partiellement métabolisées par les enzymes du CYP450 (1A2 probablement) en quinones (Q) (Johnson et al 2003) que nous nommerons kavaquinones (KQ). Le but de ce travail est de proposer un schéma explicatif concernant les phénomènes d'augmentation de GGT plasmatique, d'ichtyose du gros buveur et d'hépatite idiosyncrasique.

MATÉRIEL ET MÉTHODE : 1) Revue de la littérature - formation et réactivité des quinones ; 2) Etude clinique : 2 volontaires buveurs de kava avec ichtyose. L-Arg p.o. puis en topique (substrat des NO Synthases) et de Glu, afin d'activer la eNOS Ca^{2+} dépendante par l'intermédiaire des rNMDA (action du kava sur les canaux ioniques). NAC en topique (1 cas d'efficacité dans l'ichtyose lamellaire).

RÉSULTATS ET DISCUSSION : aucune amélioration significative. Les KQ inhiberaient les NOS non spécifiquement, altérant l'inhibition de la migration des kératinocytes (dermopathie). Hypothèse renforcée par la démonstration de l'inhibition CYP1A2 (Russmann, Barguil et al, 2004). De plus, les gènes codant pour les NOS et le CYP450 sont similaires. L'augmentation isolée de la GGT plasmatique serait le témoin de la production cellulaire de GSH et du clivage du GSNO pour fournir du NO. Enfin, certaines Q inhibent la NOS de l'endothélium vasculaire, renforçant notre hypothèse d'une inhibition non spécifique des NOS par les KQ.

CONCLUSIONS : la détoxification des KQ se fait par réduction (GSH) et/ou conjugaison. Face à ces enjeux métaboliques, le statut nutritionnel du buveur doit être optimal pour prévenir l'atteinte hépatique possible. En augmentant l'activité CYP1A2 (divers médicaments, tabac, viande grillée, etc), on augmenterait la production des KQ et la toxicité. Au contraire, le kava inhibant le CYP1A2, il limiterait ainsi la production des composés réactifs.

Jatropa Curcas : à ne pas laisser à portée des enfants

Yann BARGUIL (1), F. Durand (1), A. Faujour (1), S. Ribet (1), C. Sebat (1), P. Cabalion (2), D. Duhet (2)

(1) CHT de Nouvelle-Calédonie, Nouméa
(2) IRD, Centre de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

INTRODUCTION : Les graines de *Jatropha curcas L.*, euphorbiacée tropicale communément appelée pignon d'Inde ou purghère en Nouvelle-Calédonie, sont utilisées en médecine traditionnelle comme purgatif ou contragestif. D'autre part, les enfants utilisent la sève, très visqueuse, pour la réalisation de « bulles de savon » ; or, le latex est irritant et les graines contiennent une protéine toxique : la curcine.

MÉTHODE : Nous rapportons une série d'intoxications chez 8 patients admis aux Urgences pour douleurs abdominales, vomissements et diarrhée après ingestion de fruits inconnus. L'identification rapide de la plante a permis une évaluation des dangers qu'elle représente. La réputation de dangerosité de l'empoisonnement est confirmée par la dégradation des bilans de biochimie.

RÉSULTATS : La plante est responsable de l'empoisonnement qui s'est traduit par un syndrome digestif de survenue rapide. La biologie a été caractérisée par une forte augmentation des CPK totales et une hyperleucocytose. A notre connaissance, l'élévation des CPK n'a jamais été rapportée auparavant. La suite a été favorable et les enfants sont rentrés chez eux après 24h d'hospitalisation.

CONCLUSIONS : L'ingestion de 2 graines est considérée comme purgative mais 4 à 5 graines seraient potentiellement mortelles. Devant des symptômes digestifs chez l'enfant et/ou des troubles neurologiques, il convient d'éliminer une cause toxique. En Europe, les médicaments de la pharmacie familiale sont le plus souvent incriminés en cas d'intoxications infantiles, mais en zone tropicale, il faut aussi penser aux nombreuses plantes toxiques et savoir les identifier. Le CHT de Nouvelle-Calédonie et l'IRD ont une convention de collaboration et de recherche, notamment pour étudier ce domaine des plantes toxiques du Pacifique et évaluer les risques qu'elles sont susceptibles de provoquer.

Traditional aqueous kava extracts inhibits CYP4501A2 in humans

S. RUSSMANN (1), Y. Barguil (2), M. Wenk (1), R. Theurillat (1), P. Cabalion (3), E. Choblet (2), K. Rentsch (1), B.H. Lauterburg (1)

(1) Department of Clinical Pharmacology, University of Bern, Switzerland
(2) Centre Hospitalier de Nouvelle-Calédonie
(3) IRD, Centre de Nouméa, Nouvelle-Calédonie

PURPOSE: Consumption of traditional aqueous kava (*Piper methysticum*) extracts is common in the Pacific region, whereas commercial products have been withdrawn in many countries due to rare but severe hepatotoxicity. Previous *in vitro* studies suggest that kavalactones are metabolized via CYP450 and that they have an inhibitory effect on some of these enzymes, which may be relevant for interactions as well as for the mechanism by which kava rarely causes hepatotoxicity.

METHODS: In a cross-over study, 6 healthy subjects from New Caledonia received probe-drug cocktails on two consecutive days during heavy kava drinking (estimated intake of kavalactones 7-27 grams per week since 6 years) and 4 weeks after stop of kava consumption. Phenotypic trait measurements were determined for the metabolizing CYP450 enzymes. RESULTS: Serum concentration ratios with and without kava exposure for paraxanthine/caffeine (CYP1A2) were 0.25±0.12 vs. 0.55±0.22 (mean±SD, p=0.02), for 1-OH-midazolam/midazolam (CYP3A4) 0.39±0.09 vs. 0.37±0.20 (p=0.75), and for 6-OH-chlorzoxazone/chlorzoxazone (CYP2E1) 0.89±0.55 vs. 1.36±1.12 (p=0.16). Urinary recovery ratios for debrisoquine/OH-debrisoquine (CYP2D6) were 0.80±0.39 vs. 0.75±0.55 (p=0.82) and for mephenytoin/4-OH-mephenytoin (CYP2C9) 2.0±0.94 vs. 1.46±0.61 (p=0.29).

CONCLUSIONS: Traditional kava drinking in high amounts inhibits CYP4501A2, but does not affect CYP2D6, CYP2C19, CYP2E1 or CYP3A4 activities.

LISTE DE PRESENTATIONS ORALES
LIST OF ORAL PRESENTATIONS

ANDRE Sylvie, Les représentations esthétiques dans la région Pacifique / Aesthetic representations in the Pacific region 329

ANTON Robert, Valorisation des matières premières du Pacifique Sud et des savoirs traditionnels : possibilités et contraintes d'un développement éventuel / Marketing south Pacific raw materials and traditionnal know-how: development potential and drawbacks 377

AUBANEL Annie et C. Monier, Les actions de l'IFRECOR dans les Territoires d'outre-mer / IFRECOR Activities in French Polynesia 47

BARGUIL Yann *et al.*, Existe-t-il une toxicité liée à la consommation de kava ? Questions de santé publique / Is there any toxicity linked to kava consumption? A public health issue 373

BARNY Sylvie, Asthme et allergie : données régionales issues de l'enquête ISAAC (Polynésie et Nouvelle-Calédonie) / Asthma and allergy: regional data from the ISAAC study (French Polynesia and New Caledonia) 367

BLONDEL Jacques, Pourquoi les flores et faunes insulaires sont-elles à la fois si riches, si étranges et si vulnérables / Why is that island flora and fauna are so rich and unusual and yet so vulnerable? 129

BOUCHET Philippe, Répartition Biodiversité marine : des inventaires à la conservation des espaces naturels / Site selection for conservation of marine biodiversity: is there such a thing as a "representative" area ? 39

BOULEGUE Jacques, Cycle de l'eau : de l'eau de pluie au lagon / The water cycle: from rainfall to the lagoon 149

BUESTEL Dominique et S. Langy, La culture des huîtres perlières *Pinctada margaritifera* en Polynésie française : situation du secteur et apports de la recherche / *Pinctada margaritifera* pearl farming in French Polynesia: status of the industry and the contribution of research 49

CAZENAVE Anny, Géodynamique, océan, climat et risques naturels dans le Pacifique tropical / Geodynamics, the ocean, climate and natural risks in the tropical Pacific 233

CHARVIS Philippe *et al.*, Sismologie et risques sismiques Seismology and seismic risks 239

CHANSIN René et S. Barny, Asthme et allergie : données régionales issues de l'enquête ISAAC (Polynésie et Nouvelle-Calédonie) / Asthma and allergy: regional data from the ISAAC study (French Polynesia and New Caledonia) 367

CHINAIN Mireille et S. Pauillac, Ciguatera : état des connaissances dans le Pacifique et approche diagnostique actuelle / Ciguatera: the progress of knowledge in the Pacific and the current diagnostic approach 365

COLIN Fabrice et D. Nahon, Les latérites en environnement tropical, source de métaux économiques / Laterites in tropical environments as a source of marketable metals 141

CONTE Eric, Archéologie et développement : les enjeux d'une science du passé dans des îles en devenir / Archeology and development: the stakes of a science of the past in islands under transformations 319

DAVID Gilbert, Colons, engagés et immigrants dans le Pacifique aux XIXeme et XXeme siècle / Settlers, soldiers and immigrants in the 19th and 20th Century Pacific 323

DE DECKKER Patrick, Paléoclimatologie dans le Pacifique tropical : bilan et perspectives / Paleoclimatology in the Tropical Pacific: stocktake and future prospects 256

DE DECKKER Paul, Les sciences humaines et sociales dans le Pacifique insulaire : bilan et perspectives / Human and social sciences in the Pacific Islands: stocktake and future prospects 317

DE GARINE-WICHATITSKY Michel *et al.*, Altération de la biodiversité terrestre des îles françaises du Pacifique : effets de l'anthropisation et des invasions biologiques / Adverse impacts on terrestrial biodiversity in the French Pacific Islands: effects of human activity and biological invasions 133

FAILLOUX Anna-Bella *et al.*, *Aedes aegypti* : une histoire de dengue / *Aedes aegypti*: a tale with a sting 363

FERRARIS Jocelyne *et al.*, Les pêcheries récifales du Pacifique Sud : de la connaissance / Reef fisheries in the South Pacific: from knowledge to management of coral reef ecosystems 45

FOANAOTA L., Recherche française aux Salomon : bilan et perspectives / French Research in the Solomon Islands: stocktake and future prospects 326

FOGLIANI Bruno *et al.*, De la connaissance spécifique à l'approche biomoléculaire des écosystèmes terrestres insulaires du Pacifique / From specific knowledge to a biomolecular approach to Pacific island terrestrial ecosystems 131

GANACHAUD Alexandre *et al.*, El Niño : 20 ans de recherche océanographique française dans l'océan Pacifique / El Niño: 20 years of French oceanographic research in the Pacific Ocean 252

GILKES Bob, Exploitation durable et restauration des sites miniers / Sustainable exploitation and restoration of mining sites 145

GUELL Antonio, Apport des satellites à l'étude des maladies transmissibles liées aux modifications de l'environnement / Satellite contributions to epidemic monitoring 378

HARACHE Yves, L'aquaculture de crevettes en Nouvelle-Calédonie : un exemple d'intégration recherche et développement / The shrimp industry in New Caledonia: an example of research integration and development 51

LAGABRIELLE Yves et B. Pelletier, Le Pacifique sud-ouest : un cadre géodynamique exceptionnel pour l'étude de processus fondamentaux en sciences de la Terre / Southwest Pacific: a unique geodynamic setting for studying fundamental processes in earth science 235

LE BORGNE Robert, Cycle du Carbone dans l'océan équatorial et climat / Carbon cycle in the Equatorial Ocean and climate 254

LEBIGRE Jean-Michel et P. D'Aquino, La Géographie au service du développement et de l'environnement ? Bilan de 50 ans de Géographie francophone en Océanie / Geography in the service of development and environment? A review of 50 years of French-language geography in the Pacific 330

LEGENDRE Louis, Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes pélagiques : effets sur les ressources marines / Biodiversity and the Functioning of Pelagic Ecosystems: effects on marine resources 31

LEHODEY Patrick, Modélisation des effets de la variabilité du climat des écosystèmes pélagiques et les populations de thons / Modelling climate variability effects on pelagic ecosystems and tuna populations 55

LILLE Didier, Gestion intégrée des ressources en eau douce : le cas des îles Loyauté en Nouvelle-Calédonie /Integrated fresh water resource management: the case of the Loyalty Islands in New Caledonia 151

LOWER Tony, Recherche heuristique en vue d'aider les pays océaniens à lutter contre les maladies non transmissibles / Directed research to assist Pacific countries in controlling NCD's 381

MADEMBA-SY François, Agriculture océanienne et environnement / Pacific Islands agriculture and the environment 153

MANUGUERRA Jean-Claude, De la grippe au SRAS, la plasticité génétique virale est facteur d'émergence / From Flu to SARS: genetic viral plasticity as a factor of emergence 361

MAURY René *et al.*, Volcanisme et risques volcaniques dans les îles du Pacifique sud : exemples de la Polynésie française et de l'arc du Vanuatu / Vulcanism and volcanic risks in South Pacific Islands: examples from French Polynesia and the Vanuatu Arc 242

Mc CREARY Jullian Jr, Sources et impacts des fluctuations climatiques décadales dans le Pacifique sud tropical / Causes and impacts of decadal climate fluctuations in the tropical South Pacific 261

MERIEN Fabrice, Leptospirose : avancées diagnostiques récentes et perspectives / Leptospirosis: recent progress in diagnosis and future prospects. 369

MEYER Jean-Yves, Gestion de la biodiversité terrestre dans les îles françaises du Pacifique / Management of terrestrial biodiversity in the French Pacific Islands 136

MINERBI Luciano et P.M. Decoudras, Intégration de la culture océanienne dans l'urbanisme et l'aménagement local / Incorporating indigenous island culture in local area planning 332

MOMPELAT Jean-Marc et P. Maurizot, Problématiques du risque « mouvements de terrain » en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie : état des lieux et perspectives / Landslide risks in New Caledonia and French Polynesia: stocktake and prospects 248

NAEPELS Michel, Identités post-coloniales en Mélanésie / Post-colonial identities in Melanesia 334

PONIA Ben, Développement potentiel de l'aquaculture et besoins de recherche pour la région océanienne / Potential for development of aquaculture and research needs for the Pacific region 53

RAHARIVELOMANANA Phila *et al.*, Valorisation de la biodiversité terrestre des îles françaises du Pacifique : ressources et potentialités / Terrestrial biodiversity in the French Pacific Islands: resources and potential 139

RICHER DE FORGES Bertrand et C. Chauvin, Les faunes de profondeurs de l'Indo-Pacifique : richesse spécifique et vulnérabilité des faunes des monts sous-marins / Indo-Pacific Deep-Sea Fauna: specific richness and vulnerability of seamount fauna 35

SALOMON Christine, Pathologies thyroïdiennes et représentations de la maladie en Nouvelle-Calédonie kanake / Thyroid diseases and disease representation in Kanak New Caledonia 375

SALVAT Bernard, Les récifs coralliens : l'enjeu français dans le Pacifique Sud / Coral Reefs: French involvement in the South Pacific 41

SAND Christophe et S. Neaoutyine, Peuplement de l'Océanie Settlement of the Pacific 321

SCHINDELE François et D. Reymond, La prévention des tsunamis en Polynésie française et dans le Pacifique / Tsunami mitigation in French Polynesia and the Pacific 244

TCHERKOV Serge, Identité et histoire / Identity and history 324

TIMBAL Bertrand *et al.*, Impact de la variabilité inter-annuelle et intra-saisonnière sur l'activité cyclonique et les précipitations / Impact of interannual and inter-seasonal variability on cyclone activity and precipitation 259

TORRETON Jean-Pascal, Fonctionnement des communautés lagonaires planctoniques : influence des activités anthropiques / Functioning of lagoon plankton communities : impact of human activity 33

TORRETON Jean-Pascal et R. Farman, Recherches sur les ressources vivantes dans le cadre du programme ZoNéCo 2000-2004 et perspectives / Research on living resources under the 2000–2004 Economic Zone Programme (ZoNéCo) and future prospects 43

TRYON Darell, La recherche française dans le Pacifique : la linguistique / French research in the Pacific: linguistics 327

VANAI Paino, Valorisation des déchets organiques en agriculture : exemple de la valorisation d'un compost urbain sur trois types de sols tropicaux / Organic waste reuse in agriculture: example of urban compost use in three types of tropical soil 155

YVON Jean-François et T. Kiedrzynski, Le Réseau Océanien de Surveillance de la Santé Publique : un outil régional contre les maladies transmissibles à potentiel épidémique / Pacific Public Health Surveillance Network: a regional network against potentially epidemic communicable diseases 371

LISTE DES POSTERS – LIST OF POSTERS
THEME 1

ADJEROUD Mehdi, Zonation des communautés coralliennes dans l'archipel des Ryukyus au sud du Japon : importance du gradient côte-large et du type d'habitat / Zonation of coral communities in the Ryukyu archipelago, south of Japan: importance of the coast-offshore gradient and habitat type 80

AMAND Marion *et al.*, Approche Eco-systémique des Communautés Récifales et de leurs Usages dans le Pacifique Sud Insulaire / Ecosystem Approach of Coral Reef Communities and their Uses in the South Pacific islands 105

AUBANEL Annie *et al.*, Le Plan de Gestion de l'Espace Maritime en Polynésie française / The Marine Space Management Plan in French Polynesia 84

BENET Agnès, Le P.G.E.M. de l'atoll de Fakarava / Marine Space Management Plan of the Fakarava atoll 115

BORSA Philippe et G. Hoarau, Deux espèces jumelles de Béryx / Two sister species of Beryx 59

BOZEC Yves-Marie *et al.*, Approches quantitatives pour définir des indicateurs des poissons coralliens à trois niveaux d'un écosystème d'un atoll (Ouvéa- Nouvelle Calédonie) / Quantitative approaches to define coral reef fish indicators at three ecosystem levels in a Pacific atoll (Uvea, New Caledonia) 60

BOZEC Yves-Marie *et al.*, Utilisation des spectres trophiques pour identifier les signatures trophiques liées à l'habitat pour des communautés de poissons récifaux / Using trophic spectra to identify habitat-related trophic signatures of coral reef fish assemblages 61

CAPOLSINI Patrick *et al.*, Comparaison d'algorithmes de classification pour la cartographie d'habitats des récifs coralliens des îles du Pacifique Sud / Comparing classification algorithms for mapping reef habitats in South Pacific islands 76

CHANCERELLE Y. et R. Galzin., La Photo tractée, une nouvelle technique pour l'évaluation de l'état de santé des récifs à grande échelle spatiale / Towed photography, a new technique to evaluate the health status of reefs on a large scale 79

CHANCERELLE Yannick *et al.*, Suivi du blanchissement corallien de 2002 à l'échelle insulaire : Moorea, Polynésie française / Monitoring of a coral bleaching event on an island scale: Moorea, French Polynesia 81

CHASSOT Emmanuel *et al.*, Variabilité intra-population dans les estimations des alimentations au sein d'un niveau trophique: cas des poissons coralliens carnivores enNouvelle Calédonie / Among-population variability in dietary estimates of trophic levels: a case study of carnivorous coral reef fishes in New Caledonia 62

CHÂTEAU Olivier, Contribution à l'etude du fonctionnement des aires marines protégées en milieu corallien – interactions entre zones protégées et non protégées / Contribution to the study of the functionning of Marine Protected Areas in reef environment - interactions between protected and unprotected zones 85

CHAUVET Claude, Dynamique des populations de Loches dans le lagon Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie - Familles des Epinephelinae et des Plectropomidae / Population dynamic of groupers in South-west lagoon of New-Caledonia-Family of Epinephelinae and Plectropomidae 122

CHAUVET Claude, Les rassemblements de frai des poissons en milieux coralliens / Reef fishes spawning aggregations 121

CHAUVIN Cécile, Le SIG « Océane » : outil de gestion de la biodiversité marine en Nouvelle-Calédonie. / The GIS "Oceane": a tool to manage biodiversity in New Caledonia 63

CHIM Liet et D. Pham, Reproduction en captivité de la crevette bleue calédonienne *Litopenaeus stylirostris* / Spawning habits of Caledonian Blue Shrimp Litopenaeus stylirostris in captivity 106

CHIM Liet *et al.*, Alimentation des crevettes en élevage Feeding of farming shrimp 107

COCHENNEC-LAUREAU Nathalie *et al.*, Optimisation de la greffe de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* en Polynésie française : Prophylaxie et test comparatif de nucléus / Optimizing transplants for the pearl oyster *Pinctada margaritifera* in French Polynesia: prophylaxy and compartive tests of nuclei 83

DEBITUS Cécile *et al.*, Valorisation de la biodiversité marine dans le Pacifique Sud / Valorisation of marine biodivesity in the South Pacific 87

DOUILLET Pascal *et al.*, Comparaison entre la simulation numérique de la distribution des vagues en fonction du vent et de mesures faites par un houlomètre dans un lagon semi-fermé / Comparison between numerical simulation of wind-wave distribution and wavemeter gauge measurements in a semi-enclosed lagoon 90

EGRETAUD Charles, Quel rôle des hôtels dans la restauration récifale ? / Role of hotels in reef restoration? 118

FOUGEROUSE A. et S. Langy, Bilan des recherches menées en Polynésie française sur l'huître perlière *Pinctada margaritifera* / Outcomes of Pearl Oyster *Pinctada margaritifera* researches in French Polynesia 100

FOUGEROUSE A. *et al.*, Projet d'étude sur les interactions entre le milieu et les élevages d'huîtres perlières / Research project on interactions between environment and Pearl Oyster culture 101

FOUGEROUSE Angélique *et al.*, Réseau de veille zoosanitaire de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* en Polynésie Française / Veterinary monitoring network for the pearl oyster *Pinctada margaritifera* in French Polynesia 99

FOUGEROUSE Angélique *et al.*, Restructuration du secteur de la perliculture en Polynésie française / Restructuration of the pearl culture sector in French Polynesia 98

GARIMELLA S. et N. Sand., Étude de la pollution par les métaux lourds dans les sédiments du lagon de Suva, Fidji, en utilisant la 88

radioactivité / Study of heavy metal pollution in the sediments of Suva lagoon, Fiji, using radioactive techniques

GILBERT A. *et al.*, Vers une gestion durable des stocks de bénitiers *Tridacna maxima* des lagons d'atolls des Tuamotu-Est (Polynésie française) Toward a sustainable managment of *Tridacna maxima* Clams stocks of East-Tuamotu (French Polynesia) lagoons 113

GOGUENHEIM J. *et al.*, Évolution de l'aquaculture de crevettes en Polynésie Française / Evolution of the shrimp aquaculture in French Polynesia 111

HAIR Cathy, Capture et élevage de pré-juvéniles de poissons récifaux / Capture and culture of pre-settlement coral reef fish 64

JACQUET Severine *et al.*, Réponses des communautés de plancton à des influences anthropogéniques croissantes (lagon Sud-ouest Nouvelle Calédonie) / Responses of the plankton communities to increasing anthropogenic influences (Southwestern Lagoon, New Caledonia) 91

JOLLIT-BONIFACE Isabelle *et al.*, Spatialisation de la pêche plaisancière dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle Calédonie et aide à la décision pour une gestion durable des écosystèmes coralliens. / Spatial analysis of human activities and assistance in decision-making for a sustainable management of coral ecosystems : recreational fisheries in South-West New-Caledonia 109

JOUON Aymeric *et al.*, Temps de vidange et de résidence dans les lagons coralliens: application au lagon Sud-ouest de Nouvelle-Calédonie / Flushing time and residence time in coral reef lagoons: application to the southwest lagoon of New Caledonia 92

JUNCKER Mathieu, Variations spatiotemporelles de l'approvisionnement en jeunes poissons du lagon de Wallis / Spatial and temporal variations of juvenile supplying in Wallis lagoon 123

JUSTINE Jean-Lou, Parasites of tropical marine fishes / Parasites des poissons marins tropicaux 65

KULBICKI Michel *et al.*, Efficacité d'une gamme d'indicateurs écosystémiques pour tester les effeets de la pêche sur des communautés très diversifiées de poissons coralliens: étude de cas en Nouvelle-Calédonie / Effectiveness of a range of ecosystemic indicators to test the effects of fishing on highly diverse coral reef fish communities: case study in New Caledonia 66

KULBICKI Michel *et al.*, Interactions entre les facteurs régionaux et locaux dans la détermination de la diversité locale des poissons récifaux du Pacifique / Interactions between regional and local factors in determining the local diversity of reef fishes in the Pacific 71

KULBICKI Michel *et al.*, Nouvelles perspectives dans le rôle des facteurs régionaux dans la distribution géographique de la diversité des poissons coralliens dans le Pacifique / New insights on the role of regional factors in the geographical distribution of reef fish diversity across the Pacific Ocean 70

KULBICKI Michel *et al.*, Relations bi-variées en tant qu'indicateurs potentiels des changements liés à la pêche en système coralliens: Bi-variate relationships as potential indicators of changes due to fishing in coral reef ecosystems 67

KULBICKI Michel *et al.*, Relations entre diversité locale, biomasse et densité en fonction de facteurs locaux et régionaux pour les poissons coralliens du Pacifique insulaire / Relationships between local diversity, biomass and density according to regional and local factors for Pacific Ocean reef fishes 69

KULBICKI Michel *et al.*, Utilisation d'isotopes stables pour mettre en évidence des variations des sources de nutrients pour les poissons coralliens en Nouvelle Calédonie / Stable isotopes indicate spatial variations in ultimate food sources of reef fish communities in New Caledonia 68

LABOUTE Pierre et B. Richer de forges, Lagons et récifs de Nouvelle-Calédonie / Lagoons and reefs of New Caledonia 72

LE MARECHAL B. *et al.*, Sélection et maîtrise de l'élevage d'une espèce de poissons récifo-lagonaires en Polynésie française : le « moi », tarpon des sables ou Polydactylus sexfilis / Selection and control of a reef fish species culture in French Polynesia : the "moi", Six-fingered Threadfin, Polydactylus sexfilis 112

LEGARREC Franck *et al.*, L'Elevage du Picot Raye Siganus lineatus - famille des Siganidae / Culture of Golden -lined spinefoot Siganus lineatus-SIGANIDAE 120

LEVY Lauriana., Identification génétique des populations de Beryx splendens : Poissons des fonds de la Zone Economique Exclusive de la Nouvelle-Calédonie / Genetic identification of Beryx splendens populations : Deep-bottom fishes of the exclusive economic zone of New-Caledonia 125

LISON DE LOMA T. *et al.*, Peuplements de poissons récifaux sur les atolls et les îles hautes de Polynésie Française : caractéristiques structurales, géomorphologie récifale et pression de pêche / Reef fish assemblages on atolls and high islands in French Polynesia: structure, reef geomorphology and fishing pressure 82

LO Cédrik *et al.*, Recherches sur la maîtrise de la reproduction de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* en Polynésie française / Research on mastering the reproduction of the peral oyster *Pinctada margaritifera* in French Polynesia 102

LO Cédrik *et al.*, Vers l'optimisation du captage de naissain : étude de l'écologie larvaire de l'huître perlière Pinctada margaritifera / Towards optimizing the catch of juveniles: study of the larval ecology of the pearl oyster *Pinctada margaritifera* 103

MOURGUES Adrien, Projet de développement de la pêche artisanale commerciale d'espèces pélagiques au Vanuatu / Development project of the pelagic fishes commercial artisanal fishery in Vanuatu 119

PAGAND P *et al.*, Recherche d'indicateurs des effluents d'élevages de crevettes de Nouvelle-calédonie et modélisation des flux de nutriments / Search for effluent indicators of shrimp farms in New Caledonia and nutrient flux modelisation 124

PELLETIER Dominique *et al.*, Evaluer l'impact des réserves marines sur le peuplement ichtyologique : approche holistique basée sur des modèles statistiques et mise en place d'indicateurs écologiques / Evaluation of the impact of marine reserves on fish assemblages : holistic approach based on statistical models and ecological indicators 73

PENIN Lucie et M. Adjeroud, Recrutement et maintien des populations de coraux scléractiniaires autour de Moorea, Polynésie française : relations entre les recrues, les juvéniles et les adultes. / Recruitment and stability of scleratinian coral populations around Moorea, French Polynesia: relations between recruits, juveniles and adults 77

POIGNONEC Denis *et al.*, Vers une approche écosystèmique pour intégrer les modifications sur des ressources halieutiques récifo-lagonaires par un développement industriel en Nouvelle-Calédonie / Towards an ecosystem approach for integrating modifications on coral reef fisheries ressources by industrial development in New-caledonia 110

PONTON Dominique., Comparaison de techniques basées sur l'analyse des contours et de la morphologie pour identifier des anchois tropicaux en fonction de la forme de leurs otolithes / Comparison of techniques based on outline analyses and geometric morphometrics for identifying tropical anchovies from the shape of their otoliths 74

RICHER DE FORGES Bertrand *et al.*, Les faunes associées aux substrats organiques en eaux profondes : l'opération « bois coulés ». Fauna associtaed to organic substrates in deep waters: operation "sunk wood" 96

RICHER DE FORGES Richer *et al.*, Estimation de la longévité chez les organismes de profondeur / Longevity estimates of deep water organisms 75

RIMMER Michael, Le réseau Asie-pacifique pour l'aquaculture de poissons / The Asia-Pacific Marine Finfish Aquaculture network 104

SCHRIMM P. *et al.*, Hétérogénéité spatiale des composants biogéochi miques à l'interface eau-sédiment dans un écosystème corallien d'île haute (Moorea, Polynésie française):relation avec les communautés benthiques / Spatial heterogeneity of biochemical components at the water-sediment interface in a coral reef ecosystem from a high island (Moorea, French Polynesia) : relation with benthic communities 78

SCOPELITIS Julie *et al.*, Modélisation qualitative de l'évolution d'un écosystème récifo-lagonaire soumis à des variations de pression halieutique / Qualitative modelisation of the evolution of a reef ecosystem submitted to variations in fishing pressure 95

SZYMCZAK R. *et al.*, Des inventaires de séries de radionucléides de l'uranium naturel ^{238}-U, ^{234}-Th, ^{210}-Pb, ^{210}-Po dans les eaux côtières et océaniques du Sud-Ouest Pacifique fournissent des perspectives sur les flux de métaux en trace et les voies de décontamination / Inventories of natural uranium-series radionuclides ^{238}-U, ^{234}-Th, ^{210}-Pb and ^{210}-Po in coastal and oceanic waters of the south-western Pacific provide insights into trace metal flux and removal pathways 89

THAMAN Randy *et al.*, L'ethnobiodiversité en milieu corallien dans les atolls du Pacifique Sud: un fondement pour un développement écologiquement, economiquement et culturellement durable dans le cadre du changement gloabl / Coral Reef Ethnobiodiversity of Pacific Island Atolls: A Foundation for Ecologically, Economically and Culturally Sustainable Atoll Development in the Face of Global Change 93

VIEUX C. *et al.*, Le Programme régional de suivi des récifs coralliens et les rapports sur l'état des récifs coralliens dans les pays du Pacifique sud-est, nœud Polynesia Mana du GCRMN / Regional Programm of coral reefs monitoring and reports on coral reefs status in the South-East Pacific countries, Polynesia Mana node of the GCRMN 114

WANTIEZ Laurent *et al.*, L'état des récifs coralliens en Nouvelle-Calédonie en 2004 / Status of coral reefs in New Caledonia in 2004 86

WARWICK Nash, L'élevage d'holothuries dans des bassins de crevetticulture : est-il viable ? / Viability of a Sea Cuncumber culture in shrimp farm basin 117

WARWICK Nash, Stratégies optimales de lâcher en vue du réensemencement et de l'amélioration des stocks d'holothuries de sable (Holothuria scabra) / Optimal release strategies for restoking and stock enhancement of the tropical sea cuncumber, Sandfish(Holothuria scabra) 116

ZANN Leon., Etat des récifs coralliens à Fidji / Status of coral reefs in Fiji 97

LISTE DES POSTERS – LIST OF POSTERS
THEME 2

ALLENBACH Michel *et al.*, Coupling strata and granulometry detection on core images 189

AMIR Hamid *et al.*, Influence de champignons mycorhiziens à arbuscules issues de sols métallifères de Nouvelle-Calédonie sur l'adaptation des plantes aux métaux / Influence of VAM mycorrhizal fungi from the metalliferous soils of New Caledonia on the adaptation of plants to metals 161

BARRE Nicolas *et al.*, Le contrôle des tiques du bétail en Nouvelle-Calédonie : des alternatives à l'usage des acaricides ?/Control of cattle tick in New Caledonia: alternatives to the use of acaricides? 225

Benoît Fontaine *et al.*, Endémisme, identité biologique et conservation dans les îles de Polynésie Française : le cas des mollusques terrestres / Endemicity, biological identity and conservation in French Polynesian Islands: the case of terrestrial mollusces 195

BLANFORT Vincent et S. Dauré, Invasibilité de la végétation des espaces pastoraux et des forêts sèches de Nouvelle Calédonie par des espèces végétales indigènes où exotiques / Vegetations' invasibility in pastoral spaces and dry forests in New Caledonia by indigenous or exotic plant species 193

BOUICHET G. *et al.*, Transfert et spéciation du chrome véhiculé par les rivières d'un bassin versant de Nouvelle Calédonie : exemple d'un ancien site minier chromifère Sud Calédonien / Transfer and speciation of chromium transported by the rivers of a watershed of New Caledonia: example of an old chromite mining site in the south of New Caledonia 210

BOYER J.M. *et al.*, Phase de transformation minérale d'hydroxyde à l'oxyde de nickel sur des particules nanométriques synthétisées / Mineral phase transformation from nickel hydroxide to nickel oxide on synthetized nanometric particles 209

BRESCIA Fabrice, Elevage en captivité de serpents terrestres Placostylus en Nouvelle-Calédonie : impact sur leur préservation / New Caledonian Placostylus land snails reared in captivity : impact for their conservation 196

BROWN Kate, Importance d'une coordination régionale dans la conservation des espèces / Collaboration increases conservation impact - the role of regional coordination 168

BUTAUD Jean-François *et al.*, Conservation et valorisation du santal de Polynésie française (Santalum insulare) par l'étude des variations de la composition de l'huile essentielle selon la répartition géographique et la situation écologique des populations relictuelles / Conservation and resource management of santalwood in French Polynesia 173

CHANDRA R. *et al.*, Effets des concentrations de nickel sur la germination et le développement de Grevillea exul var. rubiginosa / Effects of Nickel Salt Concentrations on Germination and Development of Grevillea exul var. rubiginosa 181

CIBOIS Alice *et al.*, Biogéographie des monarques (Pomarea) des îles Marquises / Biogeography of Pomarea monarks in the Marquise Islands 199

CLARIDGE Elin *et al.*, The diversification of Rhyncogonus weevils in the South Pacific / Diversification des charançons Rhyncogonus dans le Pacifique sud 160

COSTI Claire *et al.*, Caractérisation des circulations d'eau souterraine sur les massifs miniers de Nouvelle Calédonie : exemple du massif de Tiebaghi/ Caracterisation of the ground water circulations on the mining massifs of New Caledonia: example of Tiebaghi massif 215

DE GARINE-WICHATITSKY Michel *et al.*, Impacts des ruminants introduits sur les forêts sèches de Nouvelle-Calédonie / Consequences of ruminants introductions in New Caledonian dry forests 203

DESMOULINS F. *et al.*, L'avifaune des forêts sclérophylles de Nouvelle-Calédonie : caractérisation du peuplement et espèces indicatrices/Bird fauna of sclerophyllous forests of New Caledonia: caracterisation of the community in the Marquise Islands 200

DESVALS Laurent *et al.*, Techniques alternatives pour une production maraîchère respectueuse de l'environnement en milieu insulaire ?/ Alternative techniques for an environmentally friendly market gardening production in an insular environment 219

DUMAS Pascal, Gestion intégrée du littoral en Nouvelle-Calédonie : approche par télédétection et Système d'Information Géographique / Coastal integrated management in New Caledonia: remote sensing and geographical information systems approaches 163

ENGLUND Ronald *et al.*, Points chauds de biodiversité critique d'insectes de forêts et de biota d'eau douce en Polynésie française / Critical biodiversity hotspots for terrestrial forest insects and freshwater biota in French Polynesia 194

FOGLIANI Bruno *et al.*, Ellagitanins d'intérêt pharmacologique et cosmétique isolés des feuilles de Cunonia macrophylla, Cunoniaceae endémique à la Nouvelle-Calédonie / Ellagitanins of pharmacological and 178

cosmetical interests isolated from Cunonia macrophylla leafes endemic to New Caledonia

GENNA Antonin *et al.*, Contrôle structural des minéralisations nickélifères de Nouvelle-Calédonie : dimension karstique /Structural control of the nickeliferous mineralisations of New Caledonia: kartic dimension 214

GENTHON Pierre *et al.*, Instabilité d'infiltration d'un fluide agressif dans une matrice poreuse au voisinage d'un saut de topographie ; implication pour le développement du réseau de drainage d'un île calcaire soumise à des variations du niveau des mers/Instability of infiltration of an agressive fluid in a porous matrix in the vicinity of a topographic jump; implication for the development of a drainage network of a limestone island with variation of sea level 216

GRISONI Michel *et al.*, La certification sanitaire : la clé pour lutter contre les viroses des vanilliers cultivés sur le mode intensif/Medical certification: the key to fight against virosis of intensively cultivated vanila plants 221

HO Raimana *et al.*, *Microsorum scolopendria* (metua pua'a), une fougère médicinale polynésienne :présentation générale et étude préliminaire chimique / *Microsorum scolopendria*: a medicinal Polynesian fern : general description and preliminary chemical study 176

JAFFRE Tanguy *et al.*, Contribution des différentes unités de végétation à la richesse et à l'originalité de la flore de la Nouvelle-Calédonie / Contribution of different plant units to the richness and diversity of New Caledonian flora 159

JOURDAN Hervé et J. Chazeau, Les communautés de Formicidae comme bio-indicateurs pour la gestion des habitats (conservation et restauration écologique) / Formicidae communities as bio-indicators for the management of habitats (conservation and restauration) 170

JOURDAN Hervé *et al.*, Recherches sur la fourmi pionnière *Wasmannia auropunctata* : un modèle pour la compréhension et la gestion des processus d'invasions biologiques / Studies on *Wasmannia auropunctata* ant: a model for understanding and managing biological invasive processes 169

KEITH Philippe, Biologie, écologie et conservation des gobies amphidromes de Nouvelle-Calédonie / Biology, ecology and conservation of amphidrome gobia in New Caledonia 197

KEITH Philippe et P. Berrebi, Phylogéographie et endémisme des gobies dulçaquicoles de Polynésie française, l'exemple du genre Sicyopterus/Phylogeography and endemism of dulçaquicole gobia of French Polynesia, example of the Sicyopterus genus 198

LABUSSIERE A. *et al.*, Signature géochimique des bassins versants de Nouvelle-Calédonie. Matières particulaires et dissoutes des rivières de la région du massif du Koniambo./Geochemical signature of the watersheds of New Caledonia. Particulate and disolved matter in the rivers of the Koniambo massif area 212

LAILLE Manola *et al.*, Recherche de principes antiviraux dirigés contre les virus de la dengue issus des plantes endémiques ou indigènes de Polynésie Française / Research on anti-dengue viruses molecules from endemic or indigenous plants in French Polynesia 177

LAURE Frédéric *et al.*, Nouveaux composés triterpéniques isolés des feuilles du Calophyllum inophyllum Linn. de Polynésie française / Tripertenic molecules newly isolated from Calophyllum inophyllum Linn. leafes in French Polynesia 183

LEON Virginie *et al.*, Effet du nickel sur les semences d'une Proteaceae endémique du maquis minier néo-calédonien / Nickel effects in seeds of an endemic serpentine Proteaceae (New Caledonia) 184

LEPILLER Michel *et al.*, Apports du programme SAGE à la connaissance hydrogéologique des îles Loyauté / Contributions of the SAGE programme to the hydrogeological knowledge of the Loyalty Islands 206

LEVENEUR D. *et al.*, Hydraulique villageoise en Nouvelle-Calédonie (1987-2004) : prospection hydrogéologique dans les roches fissurées/ Village hydraulics in New Caledonia (1997-2004): hydrogeological investigation in fractured rocks 188

LILLE Didier *et al.*, SAGE : Un programme de recherche pluridisciplinaire au service du développement des Iles Loyauté / SAGE: a multidisciplinary research programme for the development of the Loyalty Islands 204

LUCON Sophie *et al.*, Végétalisation par semis hydrauliques des mines en Nouvelle-Calédonie/Revegetation of mines in New Caledonia, using hydraulic seeding 222

MANGEAS Morgan *et al.*, SICADE : Systèmes intégrés de connaissances pour l'aide à la décision en environnement / SICADE : integrated knowledge systems for decision-making in environment 164

MILLE Christian *et al.*, Lutte biologique contre la mineuse des agrumes Phyllocnistis citrella Stainton (Lepidoptera : Gracillaridae) avec les micro-guêpes Ageniaspis citricola Logvinovsakaya (Hymenoptera : Encyrtidae)./Biological warfare against citrus friut "mineuse" Phyllocnistis citrella Stainton (Lepidoptera : Gracillaridae) with the micro-wasps Ageniaspis citricola Logvinovsakaya (Hymenoptera : Encyrtidae) 220

MUNZINGER Jérôme, Les problématiques Hybanthus (Violaceae) de Nouvelle-Calédonie, apport de données moléculaires et morphométriques / Hybanthus (Violaceae) issues in New Caledonia: contribution of molecular and morphometric data 162

NAVARRO Muriel *et al.*, La recherche agronomique au Vanuatu / Agricultural research in Vanuatu 217

ORRU J-F. et R. Pelon, La gestion des conflits liés à l'exploitation des ressources minérales : contribution de l'approche socio-économique / Conflicts management associated to mineral resources exploitation: a contribution to the socio-economical approach 190

PARISOT J.-C. *et al.*, Évolution des paramètres physico-chimiques contrôlant la résistivité électrique des manteaux d'altération latéritique du massif péridotitique de Thiébaghi, Nouvelle-Calédonie / Evolution of physicochemical parametres controlling the electrical resistivity in leathered layers in Thiebaghi peridotic massifs, New Caledonia 182

PEDELAHORE Ph. *et al.*, Rôles de l'agriculture dans les sociétés insulaires d'Océanie : l'exemple de la Nouvelle-Calédonie/Role of agriculture in the Oceanic insular societies : example of New Caledonia 226

PERRIER Nicolas *et al.*, Biogéo-diversité fonctionnelle des sols latéritiques miniers de Nouvelle-Calédonie : application à la restauration écologique / Functional biogeodiversity of mining lateric soils in New Caledonia: applications to ecological restoration 191

PICARD Christian et M.A. Audet, Origine et mise en place des ophiolites calédoniennes / Origin and development of ophiolites in New Caledonia 187

ROUPSARD Olivier *et al.*, Séquestration de carbone par des plantations de cocotiers au Vanuatu/Carbon retention by Coco plantation of the Vanuatu islands 223

ROUYS Sophie *et al.*, Les rats, prédateurs du cagou ? / Are rats cagou's predators? 202

SIMON Serge *et al.*, Les cultures maraîchères des Australes/ Austral market garden cultivation 227

SIMON Serge *et al.*, Mise au point de techniques culturales plus respectueuses de l'environnement/Development of environmentally friendly cultivation techniques 228

STOLL Benoit et P. Capolisni, Categorization of vegetations in the Opunohu valley (Moorea, French Polynesia) using AirSAR and MASTER data / Classification de la végétation de la vallée d'Opunohu (Moorea – Polynésie Française) utilisant des données AirSAR et MASTER 172

TAIVINI Teai *et al.*, Analyse de la composition aromatique de l'ananas frais (Ananas comosus [L.] Merr.) de Polynésie française / Analysis of the aromatic composition of fresh pineaple (Ananas comosus [L.] Merr.) from French Polynesia 180

TASSIN Jacques *et al.*, Conservation et valorisation de la diversité du santal (Santalum austrocaledonicum) en Nouvelle-Calédonie / Conservation and resource management of santalwood in New Caledonia 174

TOURAIVANE *et al.*, ISIS : infrastructure standardisée pour l'information spatialisée / ISIS: standardized infrastructure for spatial information 166

TRAORE Daouda *et al.*, Comportement Géochimique et Minéralogique des platinoïdes en environnement tropical / Geochemical and mineral transformation of platinoides in tropical environment 207

TRILLES COUSTENOBLE Bénédicte et S. Bouraïma-Madjèdi, Qualité et rendement des huiles essentielles du Niaouli (Melaleuca quinquenervia) de Nouvelle-Calédonie / Quality and yield of essential oils from New Caledonian niaouli (Melaleuca quinquenervia) 179

TYAGI P. Anand, Coopération de recherche entre le Département de Biologie de l'USP et l'ambassade de France à Fidji/ Research Cooperation Between Biology Department and French Embassy in Suva, Fiji. 171

TYUIENON Raymond *et al.*, Les enjeux majeurs des marchés de proximité au sein de la population rurale kanak/The major stake of proximity markets in the rural kanak population 229

VILLARD Pascal *et al.*, Les oiseaux marins dans le lagon sud de la Nouvelle-Calédonie : répartition, abondance et menaces/Marine birds in the south lagoon of New Caledonia: distribution, abundance and menaces 201

WABO WOSSA Stewart *et al.*, Composition chimique des extraits d'huiles essentielles de quelques plantes aromatiques endémiques de Papouasie-Nouvelle-Guinée / Chemical Compositions of the Essential Oil Distillates from some Endemic Aromatic Plant Species of Papua New Guinea 185

WONG Maurice, Gestion d'une collection de cultivars de Vanilla tahitensis en Polynésie française / Management of a collection of Vanilla tahitensis cultivars in French Polynesia 175

LISTE DES POSTERS – LIST OF POSTERS
THEME 3

ALORY Gaël et al., Redistribution zonale et meridienne de masse aux echelles ENSO et decennale dans le Pacifique tropical/ Zonal and meridian mass redistribution at the ENSO and decennial scales in the tropical Pacific Ocean 292

AUCAN Jérôme *et al.,* Variabilité semi-diurne près de topographies sous marines abruptes et côtieres/Semi-diurnal variability close to abrupt and coastal submarine topographies 293

AUNG Than and Kaluwin C., Le niveau de la mer monte ou chute-t-il dans la région Pacifique ? [Evolution au cours des 12 années répertoriées sur la base de données basée sur Land] / Is sea level rising or falling in the Pacific Region? [Sea Level Trends from 12 years Land-based Data] 291

BANI Philipson *et al.,* Le risque des lahars sur l'île d'Ambae (Aoba), Vanuatu/The lehar risk on Ambae island (Aoba), Vanuatu 281

BARRUOL Guilhem *et al.,* Quantification de la houle dans le Pacifique Sud à partir de données sismologiques et infrasoniques/ Swell quantification in the South Pacific from sismologic and infrasonic data 284

BERGEOT Nicolas *et al.,* Caractérisation de la déformation de l'archipel des Vanuatu par géodésie / Characterization of the Vanuatu archipelago distortion by geodesic studies 273

BOUIN M.-N. *et al.,* Mesure de la surface moyenne océanique et déformations verticales du plancher marin au Vanuatu par techniques géodésiques et marégraphiques combinées 312

CABIOCH Guy *et al.,* Effet des variations climatiques sur la structuration des grands systèmes récifaux lors des derniers stades interglaciaires du Quaternaire : exemple de la Nouvelle-Calédonie/ Effect of the climatic variations on the structuration of the main reef systems during the last interglacial episodes of the Quaternary; example of New Caledonia 304

CABIOCH Guy *et al.,* Les récifs coralliens, marqueurs des variations du niveau marin des derniers 125 000 ans; Exemple de Malakula au Vanuatu et des Marquises en Polynésie Française/Coral reefs, markers of sea level variations of the past 125000 years; example of Malakula in the Vanuatu islands and the Marquises in French Polynesia 303

CHEVILLOTTE Violaine et D. Chardon, Evolution des paysages et tectonique en soulèvement en contexte tropical : exemple de la Grande- 274

Terre de Nouvelle-Calédonie/Landscape evolution and uplift tectonics in a tropical setting: example of the "Grande Terre" of New Caledonia

CHEVILLOTTE Violaine *et al.*, Evolution géomorphologique de l'avant-pays du sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie durant les derniers cycles glaciaires/Geomorphological evolution of the foreland of the south-western New Caledonia during the last glacial-interglacial episodes 275

CORREGE Thierry *et al.*, Du polype corallien à la prévision d'El Niño/From the coral polyp to El Niño prediction 306

CRABIER Cécile *et al.*, Modèle multi-échelle de diffusion/réaction en milieu carbonaté/Multi scale diffusion model/reaction in a carbonate environment 309

DEJOAN Marie-Anne *et al.*, Assimilation de données et prédictions d'événements ENSO/Data assimilation and prediction of ENSO events 294

FLAMAND Benoît *et al.*, Morphologie des pentes externes du récif barrière de Nouvelle-Calédonie: Contrôle de l'eustatisme et de la néotectonique / Morpholy of external of reef barrier slopes in New Caledonia: monitoring eustatism and neotectonics 266

FONTAINE Fabrice *et al.*, Fluage du manteau sous la Polynésie française: premiers résultats de l'expérience PLUME/Mantle flow i-under French Polynesia: first results of the PLUME experience 279

GANACHAUD Alexandre *et al.*, El Niño et la variabilité des structures thermohalines du Pacifique tropical ouest : 20 années de campagnes océanographiques / El Niño and the variability of thermohaline structures in the Tropical West Pacific: 20 years of oceanographic cruises 298

GARIMELLA S. *et al.*, Concentrations of total suspended particulates (TSP) and some heavy metals in air at Suva, Fiji 314

GARIMELLA S. *et al.*, Overbank sediment accumulation rates in some South Pacific islands affected by severe cyclones and floods 310

GOURDEAU Lionel *et al.*, Etude de la circulation océanique de l'Océan Pacifique Sud-Ouest: vers un approche intégrée/Study of the oceanic circulation of the South western Pacific Ocean: towards an intergrated approach 301

HEBERT Hélène *et al.*, Tsunami d'origine locale aux Marquises : effondrement de falaise à Fatu-Hiva (1999) / Tsunami of local origin in the Marquesas 289

LAFOY Yves *et al.*, Style structural des bassins sédimentaires à l'Ouest de la Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest): Implications en terme de potentiel pétrolier/Structural style of sedimentary bassins to the west of New Caledi-onia (South West Pacific Ocean): implications in terms of petrol potential 269

LARDY Michel *et al.*, Surveillance et étude de phénomènes précurseurs et associés à l'activité du Volcan Yasur (île de Tanna , Vanuatu)/Surveillance and study of premonitary signs associated with the activity of Yasur Volcano (Tanna island, Vanuatu) 282

LAURENT Victoire et K. Maamaatuaiahutapu, Surcote d'origine cyclonique en Polynésie française / Variabilities in rainfall in French Polynesia 310

LAURENT Victoire et K. Maamaatuaiahutapu, 310

LE BOUTEILLER Aubert *et al.*, Variabilité annuelle et interannuelle des Trichodesmium fixateurs de diazote dans le Pacifique sud-ouest / Annual and interannual variability of Trichodesmium nitrogen fixation estimates in the SW tropical Pacific 297

LEBELLEGARD Pierre *et al.*, Le réseau SPRINGY: Southwest Pacific Regional Integrated Network for GeophYsic / The SPRINGY network 276

MAAMAATUAIAHUTAPU Keitapu, La poursuite des satellites par rayon laser à l'Observatoire Géodésique de Tahiti / Satellite follow-up by lazer beam at the Geodesic Observatory in Tahiti 268

MARTINEZ Elodie et K. Maamaatuaiahutapu, Dérive des débris flottants dans l'Océan Pacifique Sud : application à la dérive des algues en Polynésie française/Floating debris drift in the South Pacific Ocean: application to alguae drift in French Polynesia 295

MARTINEZ Elodie et K. Maamaatuaiahutapu, L'effet d'île dans l'archipel des Marquises : variations temporelles / Island effect in the Marquesas archipelago: temporal variations 296

ORTEGA P., Localisation des impacts de foudre autour de Tahiti/ Localisation of lightning impacts around Tahiti 311

PELLETIER Bernard *et al.*, Cartographie systématique par sondeur multifaisceaux des pentes externes du récif barrière de la Grande Terre et des Iles Loyauté, Nouvelle-Calédonie / Systematic multibeam sounder mapping of the external reef barrier slopes of the Main Island, New Caledonia 271

PELLETIER Bernard *et al.*, Tectonique active et aléa sismique à Futuna / Active tectonics and seismic risk in Futuna 270

PILLET Robert *et al.*, Etude de l'aléa sismique dans le sud de la Nouvelle-Calédonie / Seismic risk study in the south of New Caledonia 277

PILLET Robert *et al.*, La subduction et la sismicité des Nouvelles-Hébrides : le réseau sismo-géodésique CAVASCOPE / The subduction and seismicity of the New Hebrides: the seismo-geodesic network CAVASCOPE 278

PROUST Jean-Noël *et al.*, Rôle de la tectonique et du climat sur les transferts de surface : suivi de l'évolution de la marge active en subduction Hikurangi (Ile Nord de Nouvelle Zélande) depuis 1 Ma / Roles of tectonics and climate on the surface transfers: monitoring the evolution of the active boundary in Hikurangi subduction (Northern New Zealand Island since 1 My) 265

REYMOND Dominique et O. Hyvernaud , Le système d'alerte aux tsunamis opérationnel en Polynésie / Alert system for tsunami in French Polynesia 286

REYMOND Dominique et E.A. Okal, Risque tsunami et évaluation rapide du mécanisme au foyer : le projet PDFM (Preliminary Determination of Focal Mechanism)/Tsunami risk and rapid evaluation of the centrum mecanism: the PDM project. 287

RODIER Martine *et al.*, Déterminisme et rôle trophique des cyanobactéries filamenteuses : le point sur les études dans l'archipel néo-calédonien/Determinism and trophic role of fibrous cyanobacteria: state of the art in the New Caledonian archipelago 302

ROUET Isabelle *et al.*, Spécificité des mécanismes controlant les mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie / Specificity of the mechanism involved in ground motions in New Caledonia 290

SCHINDELE François *et al.*, L'aléa tsunami aux Marquises / Tsunami hazard in the Marquesas 288

VARILLON David *et al.*, Surveillance thermale et haline de l'océan de surface à l'IRD-Nouméa : pour mieux comprendre et prédire la variabilité du climat global et régional/thermal and haline surveillance of the surface ocean at the IRD Noumea: a better understanding and prediction of local and global climate 300

VEGA Andrès *et al.*, Upwelling néo-calédonien: remontées d'eaux profondes le long de la pente externe du récif ouest/New Caledonian upwelling: deep water rise along the external slope of the western reef 299

WIRRMANN Denis *et al.*, Apports des enregistrements sédimentaires à l'histoire des paléoenvironnements des 3000 dernières années de la vallée de la Koumac (Nouvelle-Calédonie)/3000 years of paleoenvironmental changes in the Koumac valley inferred from sedimentalogical records 307

LISTE DES POSTERS - LIST OF POSTERS
THEME 4

ANDRE S. *et al.*, Que faut-il entendre par Postcolonialisme ?/ What does Postcolonialism mean? 348

BEDFORD Stuart *et al.*, L'influence française dans la baie des îles, en Nouvelle-Zélande / The French place in the Bay of Islands, New Zealand 349

BON Olivier *et al.*, Le phénomène urbain sur l'île de Tahiti : mobilités et cloisonnement urbain, vers un développement soutenable?/Urban phenomenon on Tahiti island: mobilities and urban partitioning, towards a bearable development? 357

CHARPENTIER J.-M. *et al.*, Projet d'atlas linguistique de la Polynésie française/ French Polynesia Linguistic atlas project 347

CONTE Eric *et al.*, Recherches archéologiques sur l'atoll de Temoe (archipel des Gambier, Polynésie française)/Archeological research on the Temeo atoll (Gambier archipelogo, French Polynesia) 337

DECOUDRAS Pierre-Marie *et al.*, Médiation spatiale : recherche-action en sciences humaines et sociales pour la mise au point d'un outil d'aide à la décision pour le développement local/ Spatial mediation: action-research in human and social sciences for setting up a tool to help local development 353

D'HAUTESERRE Anne *et al.*, Tourisme : l'avenir économique de Wallis et Futuna ?/Tourism: the economic future of Wallis and Futuna 352

DUNIS Serge *et al.*, Histoire d'un périple/Story of a tour 339

GALIPAUD Jean-Christophe *et al.*, Au moins 2000 ans d'histoire en Micronésie centrale/At least 2000 years of history in Central Micronesia 343

GALIPAUD Jean-Christophe *et al.*, De Vanikoro à Santo : Environement et peuplement des îles du Vanuatu/From Vanikoro to Santo: Surroundings and settlement of the Vanuatu islands 343

GALIPAUD Jean-Christophe *et al.*, Les rescapés de l'expédition Lapérouse à Vanikoro: La fouille archéologique du Camp des Français/ The Laperouse expedition survivors of Vanikoro: archeologic search of the "Camp des Français" 343

GUIOT Hélène *et al.*, La forêt, le lac, le sang - construction du paysage en Polynésie/The forest, the lake, the blood - construction of the Polynesian landscape 350

HERRENSCHMIDT Jean-Brice *et al.*, Territoires coutumiers et développement en Mélanésie : Îles Loyauté, Vanuatu, Fidji/Customary territory and development in Melanesia: Loyalty Islands, Vanuatu and Fidji 344

MARCHESI Henri *et al.*, La carte archéologique de la Polynésie française : occupations des territoires et organisation sociale et politique/The archeologic map of French Polynesia: territories occupation and social and political organisation 340

MOKADEM Hamid *et al.*, Dynamiques des populations et des communautés dans la Nouvelle-Calédonie contemporaine/ Population and community dynamics in contemporary New Caledonia 345

MURAIL Pascal *et al.*, Ostéoarchéologie, paléogénétique et anthropologie moléculaire aux îles Gambier (Polynésie Française)/Osteoarcheology, paleogenetics and molecular anthropology in the Gambier islands (French Polynesia) 338

PONZO Nicolas *et al.*, L'ethnobiodiversité de l'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie française)/Ethnobiodiversity of the Tikehau atoll (Tuamotu archipelago, French Polynesia) 355

RALLU Jean-Louis *et al.*, Les dynamiques démographiques et le développement durable en Polynésie française et Nouvelle-Calédonie / Demographic dynamics and sustainable development in French Polynesia and New Caledonia 356

SAND Christophe *et al.*, De Lapita à « La Nouvelle » ou la complexité des dynamiques historiques dans un archipel mélanésien: résultats récents de l'archéologie calédonienne/From Lapita to "La Nouvelle" or the complexity of the historical dynamics in a Melanesian archipelago: recent results of Caledonian archeology 342

SAND Christophe *et al.*, Une île entre deux mondes : dynamiques culturelles préhistoriques à Cikobia, Fidji/An islands between two worlds: prehistorical cultural dynamics in Cikobia, Fidji 341

SAURA Bruno *et al.*, Civilisation polynésienne/Polynesian civilisation 346

TALADOIRE Gilles *et al.*, RECRE : Réseau Calédonien pour la Recherche et l'Enseignement 358

UNKNOW AUTHOR, Université de la Polynésie française : Axe 2 IRIDIP 354

VALENTIN F. *et al.*, Observations sur les représentants des plus anciennes populations du Vanuatu, de la Nouvelle-Calédonie et de Fidji/Observations on the representatives of the oldest populations in Vanuatu, New Caledonia and Fidji 342

VALENTIN F. *et al.*, Traditions funéraires et stratégies de subsistance à Cikobia (Fidji)/Funeral traditions and subsistance strategies in Cikobia (Fidji) 341

VERNAUDON Jacques *et al.*, L'enseignement des langues et de la culture kanak/Teaching Kanak languages and culture 351

LISTE DES POSTERS – LIST OF POSTERS THEME 5

ADLER Ben *et al.*, Le centre consultatif de recherche australien pour les études génomiques microbiennes structurelles et fonctionnelles / The Australian Research Council Centre for Structural and Functional Microbial Genomics 408

BARBE Chantal *et al.*, Contribution à l'étude de la dilatation des bronches en Nouvelle-Calédonie / Contribution to the study of bronchial dilation in New Caledonia 393

BARGUIL Yann *et al.*, Effets secondaires non psychotropes d'une consommation chronique de kava : un mécanisme commun ? / Non-psychotropic side effects of a kava chronic consumption: a common mechanism ? 417

BARGUIL Yann *et al.*, Erreur de prescription en médecine traditionnelle / Prescription mistake in traditional medicine 416

BARGUIL Yann *et al.*, Etude de la cinétique de kavalactones plasmatiques (KL) dans une boisson de kava type / Oral Bolus kinetic study of plasma kavalactones (KL) using a chronic kava consumer model 387

BARGUIL Yann *et al.*, *Jatropa Curcas* : à ne pas laisser à portée des enfants / *Jatropa Curcas* : not to be in children's hands 418

BAUMANN F. *et al.*, Le registre du cancer en Nouvelle-Calédonie : bilan de 10 années / Cancer register in New Caledonia: overview over 10 years 391

BERLIOZ-ARTHAUD Alain *et al.*, Surveillance de la Grippe humaine en Nouvelle-Calédonie (1999-2003) / Human influenza surveillance in New Caledonia (1999-2003) 409

BILLOA Mariette *et al.*, Activité antimycobactérienne d'*Amborella trichopoda* Baillon et de quelques plantes médicinales de Nouvelle-Calédonie / Antimycobacterial activity of *Amborella trichopoda* Baillon and some New Caledonian medicinal plants 414

BOULDOUYRE M. *et al.*, Facteurs de gravité de la dengue 1, lors d'une épidémie en Nouvelle-Calédonie / Factors of seriousness in dengue 1 during an epidemic in New Caledonia 388

CASSAR Olivier *et al.*, Présence de variants moléculaires du virus HTLV-1 de sous-type C au Vanuatu / Presence of molecular variants of subtype C HTLV-1 in Vanuatu 398

CHOBLET E *et al.*, Traitement psychotrope et toxicomanie en Nouvelle-Calédonie / Psychotropic treatment and toxicomania in New Caledonia 390

DERICKE Tristan *et al.*, Pancréatite aiguë au cours d'une dengue / Acute pancreatitis associated with dengue 389

DESCAMPS Bernard *et al.*, Situation radiologique de la Polynésie française : Evolution 1983-2002 dans les cinq archipels / Radiological situation in French Polynesia : 1983-2002 evolution in the five archipelagos 406

DUTERTRE Sebastien *et al.*, Determination des modes de liaison des alpha-conotoxines sur les récepteurs nicotiniques neuronaux / Determination of alpha-conotoxins binding modes onto neuronal nicotinic receptors 405

GUICHOUX Erwan *et al.*, La RT-PCR quantitative en temps réel par SYBR Green I pour quantifier le virus de la dengue 2 dans les moustiques Aedes aegypti et Aedes albopictus / Quantitative RT-PCR in real time using SYBR Green I to quantify dengue-2 viruses in Aedes aegypti and Aedes albopictus mosquitoes 404

HERVE F. et al, Ciguatoxines de Nouvelle-Calédonie / Ciguatoxins in New Caledonia 385

KIEDRZYNSKI Tom, Le Réseau océanien de surveillance de la santé publique : un outil régional novateur pour détecter et maîtriser les épidémies / The Pacific Public Health Surveillance Network : a novative regional tool to detect and control epidemics 415

KISHORE Kamal, Les contraintes de la recherche sur les maladies infectieuses dans le Pacifique : Vers une plus grande collaboration régionale / Research constrains in infectious diseases in the Pacific: Greater regional cooperation the way forward 413

MAILLAUD Claude et al./, Attaques et morsures de requins en Polynésie française / Shark bites and attacks in French Polynesia 386

MERCAT-ROMMENS Catherine *et al.*, Comment peut-on utiliser le concept de sensibilité radioécologique comme outil de gestion des risques ? / How we can use the radioecological sensitivity concept as a tool for risk management ? 403

MOUTAILLER Sara *et al.*, Stratégies évolutives d'*Aedes aegypti* en réponse à l'infection par le virus de la dengue / *Aedes aegypti* evolutive strategies in response to dengue virus infection 394

PAUPY Christophe *et al.*, Etude de la variabilité génétique d'*Aedes aegypti*, le vecteur majeur des virus de la dengue en Asie du Sud-Est / Genetical variability study of *Aedes aegypti*, the main dengue vector in South-East Asia 395

POURADIER F., Faible couverture vaccinale antitétanique de la population néo-calédonienne apport d'un nouveau test de dépistage qualitatif rapide / Anti-tetanic vaccinal cover in the New Caledonian population : contribution of a new quick qualitative screening test 396

RODERICK Chappel *et al.*, Test d'efficacité pour la leptospirose par agglutination microscopique / Proficiency testing for the leptospirosis microscopic agglutinaiton test 402

RUSSMANN S. *et al.*, La boisson traditionnelle d'extraits de kava inhibe les CYP4501A2 chez l'homme / Traditional aqueous kava extracts inhibits CYP4501A2 in humans 419

SALOMON Christine, *et al.*, Violences envers les femmes: un enjeu de santé publique en Nouvelle-Calédonie / Violences against women : a public health issue in New Caledonia 397

SEBAT C. *et al.*, Morsures de serpents marins marins en Nouvelle-Calédonie / Marine snake bites in New Caledonia 39

SEBAT C. *et al.*, L'asthme aux urgences adultes du CHT de Nouvelle-Calédonie / Asthma in adults at the emergency unit of the territorial hospital centre in New Caledonia 400

SECHAN Yves, Comment lutter contre Leptoconops Albiventris / How to control Leptoconops Albiventris 412

SECHAN Yves, Des écrans imprégnés d'insecticides pour lutter contre les Aedes vecteurs / Insecticides impregnated shields to control Aedes vectors 410

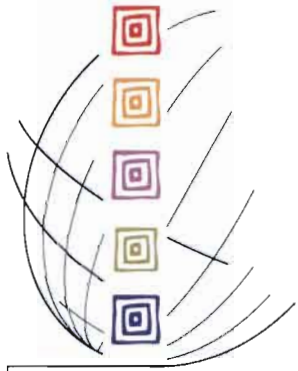
SECHAN Yves, Un piège lumineux développé à Tahiti pour lutter contre *Culicoides belkini* / An illuminated trap against *Culicoides belkini* developped in Tahiti 411

SELMAOUI Nazha *et al.*, Analyse des pics d'un enregistrement par Holter dans la base de données de l'European Myocardial Infarct Amiodarone Trial / Wavelet Analysis On Holter Recording in European Myocardial Infarct Amiodarone Trial Database 407

TOUZAIN Frédéric *et al.*, Phénotypes érythrocytaires exceptionnels et anticorps liés : état des connaissances en Nouvelle-Calédonie 401

et perspectives / Unusual erythrocytic phenotypes and associated antibodies: overview of the knowledge in New Caledonia and future prospects

TRISTAN Dericke *et al.*, Pancréatites aiguës au cours de la leptospirose : à propos de 8 cas / Acute pancreatitis during leptospirosis : about 8 cases 392



ASSISES DE LA RECHERCHE
FRANÇAISE DANS LE PACIFIQUE

CONTACT Secrétariat Symposium
Fax : +687 24 90 87
Email : arfp2004@offratel.nc
Web : www.assises-recherche-pacifique.org

Couverture, création graphique : www.agence-cyclone.nc / IRD - Crédits photos : IRD, ADCK mélanésia 2000, 1975