



50 ans de recherche

*pour le développement
en Polynésie française*

Sous la direction de Philippe Lacombe,
Fabrice Charleux, Corinne Ollier, Joël Orempuller



50 ans de recherche pour le développement en Polynésie française

50 ans de recherche pour le développement en Polynésie française

Ouvrage réalisé au centre IRD de Polynésie française (Arue)

avec le soutien du ministère de la Recherche de la Polynésie française,
et du ministère de la Recherche (France)

IRD Éditions
Institut de recherche
pour le développement

Marseille, 2013

Photo de couverture :

Sylvain Petek – Baie des vierges, Marquises

Coordination

Philippe Lacombe

Préparation éditoriale et coordination

Fabrice Charleux, Corinne Ollier, Joël Orepuller

Comité de lecture

Jean-Yves Meyer, Jean-Claude Angué

Mise en page, maquette de couverture, maquette intérieure et illustrations

Fabrice Charleux

Traductions en tahitien

M. Paia, J. Vernaudon, E. Teikitumenava

La loi du 1^{er} juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© IRD, 2013

ISBN : 978-2-7099-1753-7

Sommaire

Préfaces.....	6		
Introduction	10		
Comprendre les savoirs traditionnels polynésiens pour les préserver et les valoriser	15	Connaître les milieux marins pour en optimiser les ressources et les techniques de production	89
Le tatouage marquisien : mémoire dans la peau et histoire d'un cheminement (Marie-Noëlle et Pierre Ottino-Garanger)	17	Les récifs coralliens et leur mystérieux fonctionnement interne (Francis Rougerie)	91
Savoirs traditionnels et substances naturelles (Christian Moretti, Corinne Ollier)	25	Connaître le fonctionnement des lagons pour une exploitation optimale de leurs ressources (Loïc Charpy, Marie-José Langlade)	101
Archéologie et réappropriation patrimoniale aux Marquises (Pierre Ottino-Garanger)	35	Les algues des récifs et lagons de Polynésie (Claude Payri).....	111
Archéologies participantes à la Papeno'o et aux Tuamotu (Jean-Michel Chazine)	47	Les éponges de Polynésie française (Cécile Debitus)	123
Développer la lutte contre les espèces envahissantes, les insectes nuisibles et les épidémies pour préserver la biodiversité et la santé	57	Recenser des connaissances spécifiques pour les capitaliser et les diffuser	133
Le miconia, « cancer vert » des forêts tropicales du Pacifique (Jean-Yves Meyer)	59	Cantharella : un outil pour l'étude des substances naturelles, la pérennisation et le partage des connaissances (Sylvain Petek)	135
La médecine traditionnelle au secours des intoxications humaines (Dominique Laurent, Fanny Rossi)	69	La Polynésie, source de molécules innovantes (Bernard Costa)	139
L'offensive de la recherche face aux insectes vecteurs et nuisibles (Jérôme Marie)	79		

Ei ômuaraa



Jean-Marius Raapoto,
représentant à l'Assemblée
de la Polynésie française,
président de la commission
de l'Éducation et de
la Recherche

© Service de communication
de la commune de Faa'a

I tō ù vai-tamarīi-raa, te haamanaò ra vau i te tahi mai rāau hiòraa huru ê tei horoàhia ia mātou ia inu èi rapaauraa aore ia èi arai-ātea i te mai. Aita atoà i moèhia ia ù te tahi mau rāau hopu haapihapiha tei faanoànoàhia e te tahi mau rāau e hotu ra i nià i te mouà, na reira te tahi mau taurumīraa i te monoi tiare.

Te vai tamarīi noa ra ā vau, te haamanaò ra vau i te mau ôrapa o te āvaè tei faaite ātea mai ia mātou i te pō tautai manuia e te òaò. Ua tuatāpapa atoà mai to tatou mau tupuna māòhi, mai te tahi mau nūnaa ê atu, i te parau o te ihi rapaau i te tino o te taata, te ihi tere na te moana e te vai atu ra ā.

Ta vāhi fifi, te haere atu ra teie fāito ìte e te māmarama i te morohīraa. Rave rahi o tatou tei faaroo i teie huru manaò : « ia vai noa tēnā rāau i roto i te ùtuāfare », « ua mate ò ia ma te horoà tutuu òre i to na ìte e te māmarama, i te mea aita ta na mau tamarīi i fārii i te rave mai i te reira : aita atu ra ò ia i monohia. » « O na anaè tei ìte, ò na te Tahuà » E mau ìte tāhuna-māite-hia, aita rā te taata e tāpeà ra i te parau huna i taa maitai i te auraa e te fā o te mea tā na e tāpeà ra.

Aita atu e parau e tano maoti rā te maere rahi i mua i te faaòhiparaa haìhaì roa tei faataahia no te ihi māimīraa ia faaau-hia i te i āanoraa o Porinetia farāni e te faufaa rahi ta na e mau nei. Eere ānei teie i te tahi faahiòra ê atu no teie peu i mātau-noa-hia, oia hoì, te tāhunaraa e aore ra te haapaeraa i te mau māimīraa i te hiti no te teiaha o te tāpura òhipa e to na haamāuàraa ?

Mai te mea ra e, i tā ù hiòraa, ua riro te tuatāpaparaa ia au i te hiòraa e te faanahoraa

ra a te ihi (ei haapotōraa noa) ei hiòpoàraa i te áfarōraa o te manaò, te tupuraa mau o te òhipa a nehenehe atu ai e haapāpū i te tahi arataìraa tei niuhi i nià i te mau hipoàraa tuutuu òre e

te tahi tāmatamataraa e rave rau. E raveà maoti hoì teie e māmarama ai tatou i te mau mea e hāati nei ia tatou.

Faarue àè ra tatou i te mau tiàturīraa i te mau pūai o te pō. Roaa atoà àè ra ia tatou i te faauta i to tatou mata hiòpoà i nià i te mau mea atoà o te Natura . Teie rā, ia roaa ia tatou te māmarama i te mau mea e hāati nei ia tatou, e ìmi tatou i te mau rāveà no te haapuroro i te reira na te tātoà e no te tātoà.

I roto i teie nei puta, teie te mau pene ta ù e taiò, òia hoì « tuatāpapai te mau huru ìte atoà » « tuatāpapa i te heeuru o te moana » « te mau ìte tumu » « te àrōraa ».

I roto i te ômuaraa o ta na nei puta, te haapāpū ra o Philippe Lacombe i te faufaa rahi o te ihi māimi no te faahotu i te fenua.

Ia ù nei rā, te haapāpū nei au i te faufaa o te haamāhieraa o te taata tātai-tahi. Te hoè ìte tei òre i tutuuhia, e ìte faufaa òre ia. Eiaha roa atu te ìte ia vai noa i roto i te rima o te hoè noa pupu taata.

E òre te hoè tōtaiete e nuu mai te mea e vai iho noa ò ia i to na nūnaa i roto i te pōiri. Inaha eere tatou i te feiā tiai i te ìte, e feiā noa ra tei hinaaro ia māmarama e, na roto i te tutuu raa i taua ìte ra e nehenehe ai ia vetahi ê ia rave i ta ratou tuatāpaparaa.

I roto i te tahi faahorōraa rāau, eere te rē matamua te mea faufaa roa atu àè i te horoàraa rāau. E ìte teie puta no teie tau te tāmata ra i te pāhono i na uiraa tootoru : « No hea mai tatou ? O vai tatou ? E haere tatou i hea ? ».

Préface

Enfant, je me souviens des mixtures à l'aspect étrange que l'on nous donnait à boire pour soigner ou prévenir des maladies, ou encore des bains parfumés aux senteurs de la montagne et des massages aux huiles de tiare.

Enfant, je me souviens des différentes facettes de la lune, prédicatrice des pêches heureuses. Nos ancêtres polynésiens, comme bon nombre de peuples, ont développé des connaissances en matière de médecine, de navigation et dans bien d'autres domaines encore.

Cependant, aujourd'hui, ces connaissances et leur compréhension sont menacées de disparition. Nous sommes nombreux à avoir entendu : « Cette recette reste dans la famille », « Il est mort sans avoir légué son savoir, ses enfants ne veulent pas reprendre le flambeau », « Il n'y a que lui qui sait, c'est lui le Tahuà ». Des savoirs gardés jalousement sans forcément que le détenteur lui-même n'en saisisse tous les aspects.

On peut être étonné de constater que le secteur de la recherche occupe une si petite place au regard de l'étendue de la Polynésie française et de ses richesses. Est-ce une autre expression de cette habitude de ne rien dévoiler ou tout simplement un renoncement face à l'ampleur de la tâche et à son coût ?

Il me semble que la démarche scientifique (de manière très schématique) consiste à vérifier des idées, des faits et à établir des conclusions sur la base d'observations et de tests en série, qui tiennent compte de multiples paramètres. En somme, il s'agit pour nous de comprendre ce qui nous entoure.

Délestés des croyances en de quelconques forces occultes, nous portons aujourd'hui un regard plus rationnel sur les éléments de la nature. Mais à chaque nouvelle leçon, nous devons veiller à sa diffusion et à sa compréhension, pour et par tous.

Dans le présent ouvrage, je lis des chapitres comme « Recenser

des connaissances », « Connaître les milieux marins », « Comprendre les savoirs traditionnels », « Développer la lutte ».

Philippe Lacombe dans son introduction met l'accent sur l'intérêt de la recherche pour le développement de notre pays. Quant à moi, je souhaiterais mettre l'accent sur le développement de l'individu. Un savoir qui ne se transmet pas est un savoir qui ne progresse pas. La connaissance ne doit pas être la chasse gardée d'une poignée. Une société qui maintient l'individu dans l'ignorance ne peut s'élever. Nous ne sommes pas les gardiens d'un savoir mais seulement ceux qui, à un moment, essaient de comprendre et doivent transmettre afin que d'autres poursuivent cette quête. Dans une course de relais, arriver le premier n'est pas plus important que le passage du témoin.

Ce livre comme tout ouvrage de savoirs est le témoin d'une époque, un des témoins qui permettront à l'humanité de répondre au triptyque : « *D'où venons-nous ? Que sommes-nous ? Où allons-nous ?* »



Prélèvements dans le lagon (Atoll de Ahe).
© J. Orempuller

Préface



Michel Laurent,
Président de l'Institut de
recherche pour le
développement (IRD)
© F. Charleux

Depuis la création du premier centre de recherche à Papeete en 1964, cinq décennies de recherche en Polynésie sont l'occasion de dresser un panorama des différents domaines scientifiques investis par l'IRD dans l'archipel polynésien.

Du fait de sa situation géographique particulière dans l'océan Pacifique, de sa spécificité culturelle et environnementale, l'archipel a été le creuset de recherches scientifiques originales. La Polynésie, qui représente à elle seule la moitié de l'espace maritime français, est en effet caractérisée par un exceptionnel taux d'endémisme végétal et une micro-insularité particulièrement exposée aux changements climatiques et aux altérations de l'environnement. Les recherches ont donc tout naturellement porté sur ces thématiques sensibles au regard du développement de cet espace insulaire.

Depuis plusieurs décennies, les équipes scientifiques de l'IRD ont ainsi développé des programmes en biologie marine, sur les coraux et les substances naturelles, en halieutique, notamment sur les thons, et dans le domaine de la perliculture. Les recherches ont également été très actives en entomologie médicale sur la dengue et le chikungunya, en partenariat avec l'Institut Malardé. Les programmes en sciences humaines et sociales ont porté sur l'archéologie des îles Marquises, l'ethnologie, l'habitat, le domaine foncier et les études de géographie urbaine, sans oublier la linguistique. L'Atlas de Polynésie, publié en 1993 par l'IRD, a rassemblé l'ensemble des connaissances de l'époque sur la Polynésie.

C'est sur ce substrat scientifique que l'IRD construit actuellement un partenariat fort avec les principaux acteurs locaux, comme l'université de Polynésie française ou l'Institut Louis-Malardé, engagés avec l'IRD dans une unité mixte de recherche dédiée à l'environnement insulaire océanien.

En relation avec le contexte économique et social du pays, le campus du Centre polynésien de recherche et de valorisation de la biodiversité insulaire, inauguré en 2010, et le Grand Observatoire de recherche du Pacifique Sud, qui fédère 17 universités et organismes de recherche autour des questions environnementales, constituent les axes structurants auxquels s'ajoute, à travers le Centre de valorisation technologique, une dimension innovation.

Le cinquantenaire de l'IRD en Polynésie est ainsi l'occasion d'affirmer la volonté de l'Institut de maintenir son investissement scientifique et de renforcer le partenariat pour conforter le développement avec le souci de préservation de l'environnement exceptionnel de l'archipel.



Introduction



Les locaux de l'IRD en Polynésie. © F. Charleux

« **Cinquante ans de recherche pour le développement en Polynésie française** », ce projet est né à partir de constats et de besoins simples : l'IRD (Institut de recherche pour le développement) est régulièrement sollicité par des chercheurs et étudiants certes, mais aussi par des enseignants, ou bien encore par de simples curieux : que faites-vous ? À quoi servent les recherches ? Dans quels domaines ? Quels en sont les résultats ? Comment puis-je m'informer ? Les relations entre la science et la société sont encore ténues, ici en Polynésie, comme partout ailleurs.

Suite à la célébration en 2011 de « l'année des Outre-mer » où la science et la Polynésie française y ont tenu une modeste place, notre ambition reste ici modeste. Il s'agit de pointer à travers un certain nombre de programmes scientifiques l'intérêt et l'impact que ceux-ci ont pu entretenir en termes de développement. Par ailleurs, notre perspective est didactique : rendre lisibles et accessibles ces bilans. Loin des canons de l'évaluation scientifique, confinée dans des revues des-

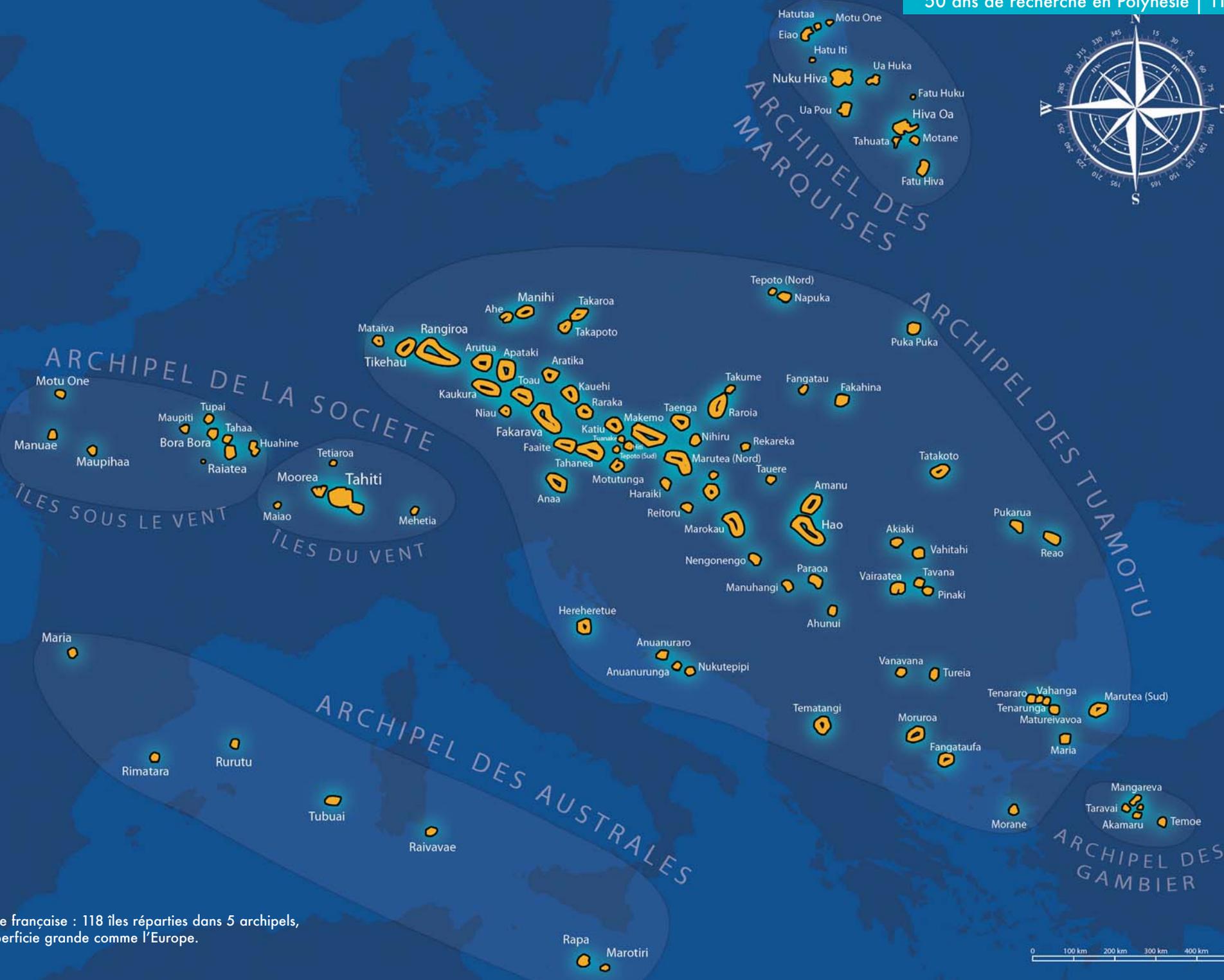
tinées aux pairs, nous avons souhaité restituer à la société polynésienne une partie de cet accompagnement durant un demi-siècle.

Les organismes de recherche ainsi que les universités produisent aujourd'hui, bien souvent en partenariat, des programmes scientifiques ambitieux. Il y a cinquante ans, le paysage n'était pas le même, l'université de Polynésie française n'existait pas, les relations entre la science et la société étaient loin de toute perspective d'intérêts réciproques. Après la Seconde Guerre mondiale, la nécessaire modernisation du pays a exigé de l'État français une forte implication ; celle-ci s'est concrétisée par des courants novateurs à partir du Front populaire. La plupart des organismes de recherche naissent au début des années quarante, dans un souci de modernisation et donc d'applications au bénéfice de la société et des citoyens. C'est le cas de l'Office de la recherche scientifique et technique Outre-mer (Orstom), dont on a oublié qu'il s'est appelé un temps Office de la recherche scienti-

fique coloniale, devenu en 1998 l'Institut de recherche pour le développement.

En Polynésie française, cette implantation date de 1963 ; l'IRD s'installa ensuite en Guyane en 1964. Lors de cette décennie, l'État programma de nombreux chantiers et programmes avec pour objectif la promotion de la science et de la technologie, au bénéfice de la société et du plus grand nombre. De ces programmes phares sont nés les moyens de transport modernes sur route, dans les airs, en mer.

Les caractéristiques singulières et aussi les atouts de la Polynésie française font que son développement ne peut ressembler à aucun autre : une superficie maritime de cinq millions de kilomètres carrés, soit l'équivalent de la surface de l'Europe ; des centaines d'îles – dont beaucoup d'entre elles restent isolées – ne couvrant que 3 500 km² ; une population de 260 000 Polynésiens (répartie dans cinq archipels) soit l'équivalent d'une grande ville en Métropole, distante de près de 20 000 km ! Cet ensemble de caractéris-



La Polynésie française : 118 îles réparties dans 5 archipels, sur une superficie grande comme l'Europe.

© F. Charleux



tiques ne peut être lu comme un simple empilement de contraintes ; c'est aussi un espace singulier au sens des représentations, des imaginaires, des cultures : la société polynésienne est le produit de peuplements exclusifs dans l'histoire de l'humanité ; les ancêtres navigateurs y sont arrivés – quelle que soit la théorie mobilisée – après de très longues navigations. Quelques découvertes, ou conquêtes, plus tard, et les grands mythes fondateurs (pour l'Occident) étaient en place : cocotiers, vahinés, douceur de la vie... Aux débuts de l'Institut, on peut noter le nom du premier directeur, Paul Ottino. Les sciences humaines et sociales, dès les années 1960, se préoccupent des hommes, de la société, de leurs histoires. Comment une société qui méconnaît son histoire pourrait-elle en effet se développer ? Comme dans les autres Outre-mer, la connaissance du passé semble alors précéder la nécessité du développement futur. Suite à ces recherches en sciences humaines et sociales, les richesses terrestres, flore et faune, ont accompagné par leurs inventaires variés les inventaires géographiques et écologiques. Puis, la maîtrise technologique aidant, l'attrait de l'océan et de ses richesses ont permis de nombreux programmes sur le « Marin ». Enfin aujourd'hui, nous avons compris que l'ensemble des écosystèmes, marins ou terrestres, impose d'y considérer l'homme, et l'ensemble de ses activités : licite ou non, de pêche, de chasse ou de loisirs, industrielles ou touristiques... chacune d'entre elles impacte les interactions hommes/milieus.

Les programmes présentés ici ne peuvent pas être considérés comme complets et exhaustifs : nous avons mis en œuvre des choix, parmi les centaines de recherches déclinées en Polynésie française en cinquante ans. Tous les programmes de recherche n'aboutissent pas ; toute la science ne sert pas le développement. Tous les développements, scientifiques, technologiques, économiques, sociaux, sanitaires, culturels ne sont pas les produits d'un seul programme, isolé, localisable. Nous avons été contraints à des simplifications car les développements sont la plupart du temps des produits de contexte, des emboîtements successifs, des apports complémentaires, des partenariats inter-organismes. Les quelques exemples retenus, qui s'appuient avant tout sur les recherches récentes ou actuelles, tentent donc de montrer comment la recherche scientifique a pu en partenariat et collectivement participer au développement de la Polynésie française entre 1963 et 2013.

Dans le contrat d'objectifs signé entre l'État et l'IRD, la première priorité est de développer une recherche partenariale avec, et non sur, les pays où l'Institut s'implique. La restitution du dialogue science-société est également au cœur de nos préoccupations. Dans un langage plus accessible je l'espère, et dans une langue familière – les résumés sont tous traduits en langue tahitienne – nous restituons ici une petite partie de cinquante années de recherche pour le développement en Polynésie française. Nous nous réjouissons

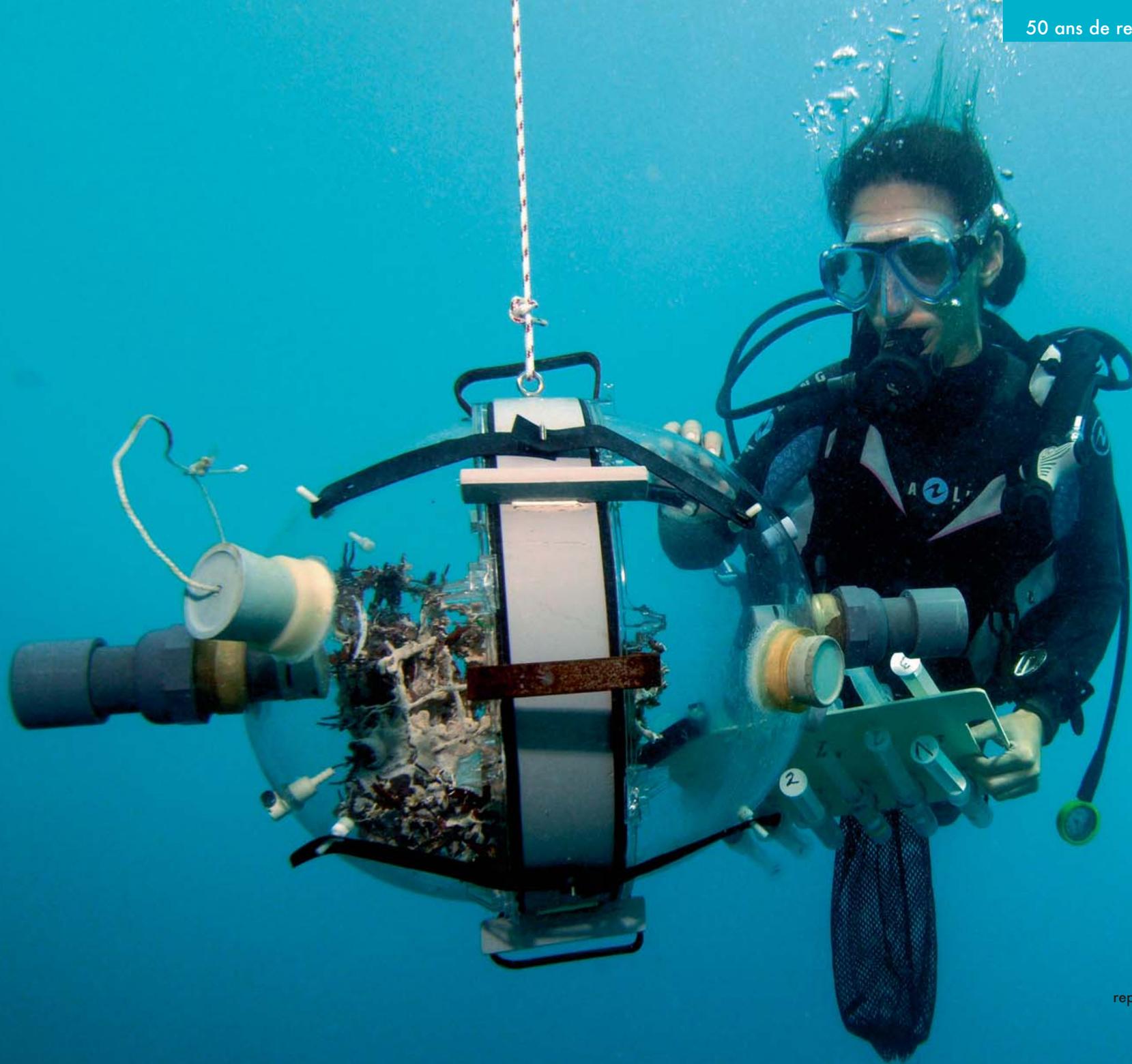
aussi du soutien de l'État et de la Polynésie française, soutien qui permettra la diffusion du présent ouvrage au plus grand nombre.

Philippe Lacombe,
professeur des universités,
directeur du centre IRD de
Polynésie française

De nombreux programmes

En cinquante ans, l'IRD a réalisé de très nombreux programmes scientifiques en Polynésie française et davantage encore d'études, enquêtes... dans différents domaines. La sélection proposée ici ne se veut pas exemplaire ni exhaustive : des aspects limitants sont intervenus tels que la continuité des programmes, l'impact sur le développement ou encore l'intérêt pédagogique. Lorsque l'on interroge les Polynésiens sur leur connaissance des travaux menés depuis des années, deux programmes sont fréquemment évoqués : « l'Atlas de la Polynésie française » (Bonvallet, 1993) ainsi que le « Lexique du Tahitien contemporain » (Lemaître, 1973-1995) qui restent aujourd'hui fort utilisés, notamment par les enseignants. Au fur et à mesure de l'arrivée des

autres organismes scientifiques (seul l'Institut Louis Malardé précède l'IRD en Polynésie), et des changements de thématiques de recherche, et des mobilités des chercheurs, les souvenirs de pans entiers de l'activité du centre se sont estompés : les travaux de géographie urbaine et sur le foncier, ceux en entomologie médicale sur la filariose, les nombreuses campagnes embarquées sur l'Alis en biologie marine, ou encore les travaux initiaux sur la perliculture... La plupart d'entre eux ont grandement contribué aussi au développement de la Polynésie et de ses habitants. Tous ne pouvaient être détaillés ici ; mais que leurs auteurs soient remerciés, tout autant que les contributeurs qui ont fait que cet ouvrage existe. C'est enfin l'occasion pour moi de saluer et remercier mes dix prédécesseurs de ces cinquante années, qui permettent cette capitalisation.



L'étude du milieu marin
représente une part importante
des missions de l'IRD en
Polynésie française.

Comprendre
les savoirs traditionnels
polynésiens
pour les préserver et les valoriser





Pétroglyphes de mata (visages) sur la crête entre Vaihi et Vaituku. © P. Ottino



Par **Marie-Noëlle Ottino-Garanger**, docteur en préhistoire, ethnologue et anthropologue, CNRS, et **Pierre Ottino-Garanger**, docteur en archéologie pré-historique, chercheur à l'IRD
pierre.ottino@ird.fr

Loin d'être un « caprice » esthétique ou un « vêtement », le tatouage polynésien était intimement associé aux étapes de la vie de l'individu et était une clef de son intégration à la société. Dans l'effort d'adaptation des sociétés polynésiennes, il est un élément d'équilibre entre tradition et modernité.

Résumé

Si le tatouage aux îles Marquises Te patu tiki était juste ressenti comme un élément de séduction dans les années 1920, date du passage des chercheurs du Bishop Museum d'Hawaï'i, en 1897-98 l'ethnologue K. Von den Steinen soulignait : « Il ne faut pas conclure que cette coutume n'a pas d'histoire pour la simple raison que celui qui la porte ne sait plus rien à son sujet ! » L'archipel demanda dans les années 1960-70 au couple Lavondès, archéologues de l'IRD, de se pencher sur sa culture matérielle, orale, etc. et participa à la constitution du Musée de Tahiti et des îles en y déposant de nombreux objets. Un peu plus tard il entendit compléter cette quête, et sauvegarde culturelle, en appelant un archéologue. Dans les années 1980, l'équipe se doubla d'une ethnologue... à titre gracieux ! En nous penchant sur ce qui apparaissait comme un usage esthétique, le tatouage se révéla une clef

de l'intégration de l'individu dans son groupe. Il était mémoire transmise et garantie de pouvoirs surnaturels. S'il était une épreuve, il était aussi une preuve publique de maturité et un repère social. Il protégeait de la maladie, de la perte de l'énergie interne, ou mana, et proclamait l'identité de l'individu. En livrer la profondeur fut non seulement scientifiquement important mais notable socialement. En tant que signe porteur et marque profonde d'une affirmation identitaire, celui qui le porte à présent marque son souci de reconnaissance et de survie culturelle. Héritage d'un sens esthétique et d'un génie créateur, il peut être revendiqué comme part du patrimoine culturel de l'humanité.

Tumu parau

Mai te peu ē, ua manaò-noa-hia te tātau no te Henua Enana, parauhia te Patu Tiki, mai te tahi tāpaò no te faaneheneheraa i te tino i te mau matahiti 1920, tau i tae mai ai te mau àivanaa māimi o te pū Bishop Museum no Vāihi, i te mau matahiti 1897-98, ua taò roa mai te hōê tahuà ihipeu ò K. von den Steinen, ē : « Eiaha e faaoiti òi òi ē, aita e tumu to teie peu i te mea hoì aita te taata i tātauhia i ìte i te auraa o taua tāpaò ra ! » I te mau matahiti 1960-1970, ua ani atu teie taamotu ia Lavondès mā ia heheu mai i te parau o te peu o taua fenua ra, te auraa o te mau materia e faaòhipahia nei e te mau parau atoà e au, etc. Ua turu atoà mai teie taamotu i te paturaa i te Fare Manaha ma te hōroà mai i te mau taoà e rave rau. Tau taime i muri iho, no te faahope i taua māimira ra e ia pāruruhia te peu tumu, ua tātauhia hōê tahuà ihipapa. I te ārea matahiti 1980, ua āpitihia mai teie pupu e te tahi tahuà ihipeu... tāmoni òre ! I to mātou hiòpoà-maite-raa i te tātau, teie huru

pāpāraa mai te tahi faaneheneheraa, e tià ia parau ē, na teie tāpaò e faaitē ē, e maraa i te taata i tātauhia ia faaò i roto i te pupu ta na e tītua nei. Ua riro te tātau ei haamanaòraa i te mau haa i ravehia e ei moihaa mana e te raa. Ia maraa i te taata ia faaoromai i te māiui i tātauhia ò ia, e tāpaò te reira no to na paari e to na tiàraa i roto i te vaamataēinaa. Na to na tātau e pāruru ia na i te mau māi, ia òre to na mana ia moè e maoti te reira e ìte-pāpū-hia ai to na iho taata. I te matararaa mai te hohonuraa o taua parau ra, eere i te pae o te ìhi noa te vāhi faufaa, i te pae atoà rā no te oraraa o te taata. Ia tātauhia te taata i teie tau, e tāpaò te reira o to na iho taata e to na hinaaro ia ìte-mau-hia òia e ia mau papa to na hiroà tumu. Teie faufaa i tuutuuhia mai e te mau tupuna ò ia te auraa purotu e te tū o te àravihia, ua riro ia i teie tau ei faufaa no te tāatoàraa o te taata o teie nei ao



Vieux guerrier, par Langsdorff. Apogée des motifs d'échiquier et des motifs destinés aux surfaces convexes. Personnage important du clan des Teei, Nuku Hiva, 1804.

Le tatouage fut longtemps un sujet subalterne voir peu abordable ! Il n'a été plus attentivement étudié qu'à partir du moment où il est devenu « phénomène de société ». Lorsqu'Anne Lavondès (créatrice notamment du Musée de Tahiti et des îles) nous offrit, en 1984, d'étudier la place du tatouage dans la société marquisienne, sur tous les archipels du Territoire, donnant à voir et connaître ce trait distinctif de la culture polynésienne, nous ne nous attendions pas à ce qu'il touche, à ce point, l'âme d'un peuple : celle d'autrefois comme celle d'aujourd'hui.

En nous penchant sur les témoignages et documents iconographiques conservés dans les bibliothèques et archives, nous avons entamé un travail passionnant, étonnamment complémentaire de celui mené sur le terrain. Il s'agissait de saisir les ressorts de l'organisation du territoire des groupes familiaux qui peuplèrent, anciennement et densément, cet archipel

très isolé.

Par toutes ses fibres, le fenua 'enata reflète l'origine polynésienne de cultures qui firent de l'océan Pacifique un espace de vie. Ses racines nous menèrent aux traditions Lapita, par le décor et, plus largement, à l'univers austronésien à travers le tatouage. Par ce biais, nous allions plonger un peu plus au cœur d'une société de tradition orale pour laquelle aucun écrit ancien n'était disponible, en dehors de témoignages extérieurs. Elle avait été heureusement explorée par de prestigieux pionniers, ethnologues souvent, tels les membres d'expéditions du Museum d'Ethnographie de Berlin (K. Von den Steinen en 1897-98), du Bernice Pauahi Bishop Museum d'Hawaï (W. Handy surtout), dans les années 1920 ou, pour l'Orstom à la fin des années 1960, Henri Lavondès, pour la tradition orale et Anne Lavondès pour la culture matérielle. Ces multiples éléments nous menèrent jusqu'à une part de son âme, à travers les symboles qu'il fut

possible de documenter et les relevés sur des objets ou sur la pierre : statuaire, pétroglyphes...

Par la publication qui en a été faite¹ – pour laquelle nous avons eu la chance qu'elle soit remarquablement produite par des personnes amoureuses de leur art et du projet –, cette richesse a été immédiatement adoptée par les gens du pays² et au-delà.

Si cette tradition qui inscrivait l'homme dans la société était restée vivante aux Samoa, elle avait disparu de ces îles sous la pression du modernisme et des églises. Le succès rencontré par les nouveaux tatoués du « Juillet » à Tahiti, et la curiosité pour la singularité et la beauté de l'iconographie marquisienne, contribuèrent à augmenter l'attrait pour une pratique, puis un art, qui explosa autour des années 2000. La sortie de l'ouvrage coïncida avec ce renouveau et accompagna la quête identitaire qui avait débuté, dans la région, des années auparavant par

¹ Ottino-Garanger M.-N. et P. 1999 : Te Patu Tiki, l'art du tatouage aux îles Marquises. Éd. Gleizal.

² Restait à la rendre plus accessible. Elle le fut par les médias, le tourisme, l'art et l'artisanat... Une exposition au Musée de Tahiti et des îles lui fut consacrée, puis à Hatiheu dans la salle patrimoniale. La haute-couture et la parfumerie lui firent une place. Le livre fut offert à des personnalités. Quelques artistes occidentaux s'en inspirèrent, puis un tatoueur et artiste marquisien eut envie pour les

motifs, qu'il redessina avec soin, de publier un « dictionnaire » de leurs sens. Passer à l'écrit n'est pas chose simple, ici ; c'est un art à conquérir et cet homme s'y attela. Il nous contacta, alla chercher auprès de Mme Lavondès ce que les anciens ne pouvaient plus lui transmettre et se lança. La mémoire des disparus n'est plus remplacée, au pays, que par un vaste silence et un océan d'incertitudes... Il reste des 'enata passionnés pour risquer la traversée.

de multiples questionnements.

Du monde polynésien, seul le tatouage maori : ta moko était connu, bien que parfois confondu avec les courbes pseudo-indonésiennes en vogue du tatouage dit tribal. Il fut porté par la vague d'un sport qui faisait rêver : le surf et, dans un tout autre domaine, parce qu'il était une des marques corporelles de révoltes urbaines et de mouvements sociaux ou artistiques. Jusque dans les vingt ou trente dernières années du siècle précédent, selon les régions du monde, le tatouage avait fini par désigner des êtres marginaux. À l'inverse, il est à présent revendiqué comme une telle preuve de l'identité maorie qu'aucun pakeha (étranger en Nouvelle-Zélande) n'est censé pouvoir en porter, du moins pour un nombre croissant de Maoris.

Cette pratique, qui existait dès le plus lointain passé du « vieux monde » eurasiatique, fut cependant une des « découvertes » des premiers voyages de Cook, qui lui donna son nom, issu du polynésien : tatoo ; elle se fit en un temps où des intellectuels européens s'interrogeaient sur les fondements de la société. Or, en l'occurrence, les douze jours que passèrent à Nuku Hiva les membres de la première expédition russe autour du monde, familiarisés avec les idées en vogue dans les cours européennes, eurent quelques conséquences dans l'évolution de ces réflexions. Le tatouage y tient sa place comme marque de l'individu au sein d'une société communautaire où chacun jouait un rôle pour le groupe sous une apparente liberté, déconcer-

tante pour l'époque.

Aux Marquises, les premiers habitants rencontrés par les navigateurs de la fin du XVIII^e siècle étaient remarquablement grands et souvent tatoués de la tête aux pieds. En ces temps encore vierges de toute influence occidentale, l'archipel était, de toutes les îles du Pacifique, celui où cet usage était le plus largement pratiqué sur le corps. Ceci était encore vrai dans la première moitié du XIX^e siècle. Cependant, dès les années 1830, la pratique semble se dévaluer. Les baies les plus favorables au mouillage des bateaux furent sans doute les plus touchées, les Marquisiens ne voulant pas passer pour des « bêtes curieuses », selon une plume de l'époque. L'« étrangeté » de leur apparence, et autres traits de leurs coutumes, firent l'objet d'articles et d'ouvrages jusqu'à ce que l'acceptation d'une autre religion finisse par faire s'éteindre le tatouage dans la première moitié du XX^e siècle. Dès 1856, Monseigneur Dordillon s'interrogeait sur la position théologique à tenir. Des décennies durant, les autorités religieuses, militaires ou civiles de l'archipel se posèrent la question de savoir s'il fallait le tolérer ou non. En fait, il était déjà trop tard pour le sens profond qui le motivait ; la société était en pleine dissolution et les raisons complexes qui le justifiaient s'éteignirent à la fin du XIX^e siècle. Il n'en demeura que des dessins éparpillés et des souvenirs, souvent superficiels.

K. Von den Steinen, qui en 1897-98 sauva de l'oubli les dernières manifestations des créations ancestrales marquises-



Maître tatoueur d'après Langsdorff, (1804)



Motifs marquisesiens ancestraux de tatouages corporels



Le tatouage entre tradition et modernité.
© P. Ottino

siennes et la mémoire de ceux qui les pratiquaient, déclara : « Il ne faut pas conclure que cette coutume n'a pas d'histoire pour la simple raison que celui qui la porte ne sait plus rien à son sujet ! » En fait, le tatouage était une clef de l'intégration de l'individu dans le groupe où il évoluait.

En 1920, les réponses habituelles que reçurent les membres de l'expédition du Bishop Museum sur les raisons du tatouage étaient qu'il mettait en valeur, rendant beau et désirable celui qui le portait, ce qui leur fit considérer cette coutume comme purement esthétique.

Tatouage, élément de séduction

Ce n'est pas faux ! Il était considéré comme essentiel pour capter et retenir l'attention de l'autre. Le maître-tatoueur ne manquait pas de le rappeler pour aider à supporter la douleur de l'opération. Chez les héros et les dieux, comme pour les humains, le tatouage était un artifice, efficace signe de beauté mais aussi gage de jeunesse.

Tatouage, fécondité et maturité

L'idée d'attraction sexuelle était liée à celle de fécondité. Dès la naissance, le hope, partie inférieure du corps dont dépendait la continuité de la lignée comme siège du pouvoir de procréation (le bas-ventre et les reins), était l'objet de soins attentifs.

Plus tard, surtout chez les femmes de haut rang, il était de règle de le couvrir entièrement d'une grande composition (ka'ake hope) formant deux arches, ornées de figures humaines et d'ancêtres, jointes aux poka'a – symbole de « poche de vie » – et motifs dérivés.

Jusqu'aux prémices de la maturité sexuelle, l'enfant évoluait dans un univers en marge des adultes. Vers 10, 12 ou 15 ans, deux grandes cérémonies lui permettaient de « naître » socialement. Débutaient alors des périodes d'apprentissage en alternance avec celles de grande liberté. Petit à petit, il recevait les savoirs nécessaires au clan et les signes qui indiquaient sa place, son appartenance familiale, une lignée de spécialistes, etc.

Tatouage, privilège et repère social

Le tatouage était à la fois une épreuve et une preuve publique de maturité, un repère social. Il ne pouvait s'acquérir qu'à la suite de rigoureux apprentissages et être confirmé par des actes sanctionnés par des motifs choisis et approuvés par un conseil d'anciens. Nombreux sont les témoignages qui soulignent la marque de distinction qu'il constitue.

Tatouage et accès à la nourriture

Selon une coutume océanienne, les individus prenaient leurs repas entre membres d'un même sexe, d'une même classe d'âge, d'une même catégorie sociale. Ceci était particulièrement vrai aux Marquises lors de banquets communautaires et l'était plus encore en période de disette. En fonction du motif qui marquait son appartenance à un groupe, on se devait aide et assistance. Les chefs, personnellement tenus pour responsables du bien-être de la tribu et de l'abondance des fruits de l'arbre à pain, devaient en assurer la redistribution en ces circonstances. Ils tenaient alors « table d'hôte » pour les tatoueurs qui à cette occasion tatouaient « gratuitement ». Le sang ainsi versé devait inciter les ancêtres à être cléments et généreux envers leurs descendants. Par la suite, les nouveaux tatoués devaient participer aux activités du chef.

Caractère sacré du tatouage

Le tatouage avait été enseigné par les dieux. Il fallait s'en montrer digne et s'y préparer physiquement et psychologiquement. Avant toute séance, il fallait observer des règles d'hygiène, mais aussi sacrées, pour s'assurer leur bienveillance et assistance.

Aux temps anciens, avant l'écriture, l'image comme les noms étaient porteurs

de pouvoir. « Dans l'ancien temps, les gens connaissaient les vraies images. Il y avait des images pour la peau et des images pour le bois. Elles étaient différentes. C'est folie de placer sur un bol pour la nourriture des motifs destinés à orner le corps... C'est très mauvais de manger dans des plats couverts avec des images destinées à orner le corps. » Cette réflexion d'un vieux tatoueur des années 1920 est éloquente. Le tatouage était à la fois droit d'entrée dans le monde des vivants et barrière protectrice contre les influences maléfiques.

Ici, comme ailleurs dans le Pacifique, ce qui était le plus sacré, le plus précieux et chargé de pouvoir, était enveloppé d'une peau végétale (tapa ou fibres tressées), pour le protéger et se protéger. Si les images tatouées, dans leur diversité et leur agencement, étaient sources de beauté, elles étaient bien plus encore des signes porteurs de savoir, garanties de pouvoirs et sources de sens. À son tour l'enata se couvrait de ces lignes, elles-mêmes issues partiellement du tressage et qui, à la longue, formaient de grands à-plats sombres telle une carapace au fil des mérites obtenus. Une autre part de ces images étaient les éléments de corps divins : Tiki, Tupa et autres ancêtres familiaux, avec leurs mains ou jambes, leurs yeux ou visages... et la puissance qui devait en émaner.

Dès le premier coup d'œil, l'individu exposait, aux yeux de tous, ce qu'il était pour le groupe dans une image indélébile et cependant changeante, évoluant au

rythme de son « histoire ». Le tatouage le protégeait de la maladie, de la perte de son énergie interne, ou mana, et proclamait son identité. Il était mémoire transmise et garantie de pouvoirs surnaturels. Il marquait l'appartenance au monde des hommes : les 'Enata, 'Enana, selon le terme qui les désigne du sud au nord de l'archipel ; chaque famille, chaque île le manifestait clairement par des particularités. En livrer la profondeur fut non seulement scientifiquement important mais notable socialement.

Le tatouage révéla sa richesse symbolique en dehors même de sa beauté esthétique. Comme un signe du temps, il réapparaît au moment où l'archipel et la Polynésie entrent dans une nouvelle ère où le pays a à réinvestir sa culture et la sauver d'une extinction dont il devient responsable. S'il est signe porteur et marque profonde d'une affirmation identitaire, d'une volonté de survie et de reconnaissance, il est aussi l'héritage d'un sens esthétique et génie créateur. Il peut être considéré comme part du patrimoine de l'humanité alors que l'archipel entreprend son inscription au titre de son patrimoine culturel et naturel.



Séance de tatouage
aux îles Marquises.
© C. Ollier

Lexique

A

Arbre à pain (Artocarpus altilis) ou tumu mei

L'arbre produit, dès 3 ou 6 ans, autour de 700 fruits (mei) - à son optimum - qui pèsent de 1 à 4 kg en moyenne, selon les variétés. Il y a 4 récoltes par an aux Marquises, l'archipel qui comptait le plus de variétés : une cinquantaine minimum ; les anciens en distinguaient autrefois plus de 200, il est vrai qu'il était la base de la nourriture. Le liber servait à la confection de tapa, le latex, qui peut être mâché, était utilisé comme colle et pour le calfatage des pirogues. Les fruits tombés avant maturité, déchets et restes, participaient à la nourriture des porcs. Le fruit est toujours consommé cuit et les graines, de la variété kakano, étaient consommées rôties. La chair blanc jaune, conservée en pâte : ma, sert à confectionner la popoi. Conservé à l'abri de l'air dans des fosses silos, 'ua ma, le ma contribuait à traverser les périodes de disette.

Austronésien

Peuples de marins et d'horticulteurs qui emportèrent, lors de leur migration à travers le Pacifique, la poule, le cochon, le chien mais aussi des plantes importantes du Sud-Est asiatique comme le taro, l'igname, etc. Lors de leurs déplacements vers la Papouasie, les Salomon... ils complétèrent leurs ressources avec

l'arbre à pain, le kava..., entrèrent en contact avec des peuples, qui étaient déjà très anciennement installés, et bâtirent leurs villages sur le littoral. Progressivement, ils partirent vers l'est où ils furent les premiers à s'implanter. En dehors de leurs langues (austronésiennes), il faut citer parmi leurs traditions la confection de tapa, le tatouage probablement et la poterie, en particulier une poterie ornée, au peigne, d'un décor organisé par bandeaux et grands à-plats. Les archéologues appellent cet ensemble culturel Lapita. Ce groupe ethno-linguistique (population et sa langue) fut le plus étendu, par l'importance géographique de sa répartition, avant les colonisations européennes des cinq derniers siècles.

E

'enana, 'enata

Personne originaire de l'archipel.

F

Fenua

Dans le parler des îles du sud de l'archipel, Hiva Oa, Tahuata, Fatuiva : terre, pays, placenta..., henua au nord-ouest pour Ua Pou, Nuku Hiva, Ua Huka ; d'où le nom donné à l'archipel Fenua 'enata, Henua 'enana.

J

Juillet, Tiurai, Heiva

noms donnés aux fêtes du 14 juillet et qui sont l'occasion de réjouissances et activités sportives et culturelles durant tout le mois.

L

Lapita

Poterie réalisée par des populations austronésiennes. « L'homogénéité étonnante des poteries décorées de pointillés, et disséminées sur une distance de près de 4 500 km en moins de 400 ans, a incité les archéologues à parler d'un ensemble culturel Lapita regroupant l'ensemble du Pacifique sud-ouest il y a 3 000 ans. » En 2010, on comptait plus de 300 sites renfermant des tessons Lapita identifiés, cf. catalogue de l'exposition Lapita du quai Branly « Lapita, ancêtres océaniens, 9/11/2010-9/1/2011 ».

L

Tapa

Étoffe d'écorce battue ou, plus exactement, du liber se trouvant sous la partie extérieure de l'écorce de certains arbres et arbustes dont le mûrier à papier, l'arbre à pain, le banian.

Bibliographie

Ouvrages et revues

Blumenbach J.F. & Langsdorff G.H. von, 1811 : Bessreibungen von Nouka Hiva. Einleitung des Herrn Hofrats Blumenbach über die Gewohnheit des Tätowierens. Suivi de Herrn Hofr. Dr. Langsdorff's Nachricht über die Tätowirung der Bewohner von Nukahiwa und der Washington Insulaner In Allgemeine geographische Ephemeriden, Weimar. Vol. 34, pp. 3-15.

Clavel Ch. L. Dr., 1884 : Le tatouage aux Iles Marquises. Revue d'Ethnographie, T. 3, pp. 134-149.

Gell Alfred, 1993 : Wrapping in Image : tattooing in Polynesia, Oxford : Clarendon Press, New York, Oxford University Press.

Govor Elena, 2005 : « Speckled Bodies » : Russian Voyagers and Nuku Hivans, 1804, in Tattoo, Bodies, Art, and Exchange in the Pacific and the West, N. Thomas et all. ed., Duke University press, Durham, pp. 53-71 et 230-231.

Govor Elena, 2010 : Twelve days at Nuku Hiva : Russian encounters and mutiny in the South Pacific, University of Hawai'i Press, Hawai'i, 301 p., 50 ill., bibliographie.

Green Roger C., 1979 : Early Lapita Art from Polynesia and Island Melanesia continuities in ceramic, barkcloth and tattoo decorations, in "Exploring Visual

Art", S. Mead ed., pp.13-31.

Hambly Wilfred Dyson, 1925 : The History of Tattooing and its Significance. With some account of other forms of corporal marking, Londres, H.F. & G. Witherby.

Handy Willowdean 1938 : L'art des îles Marquises, Les éditions d'Art et d'Histoire, Paris.

Handy Willowdean, 1922 : Tattooing in the Marquesas", B.P.B.M. Bull. n°1, Honolulu Kraus Reprint Co. New York, 1978.

Huukena Teikiteva'amanih'i, 2011 : Hamani Haá Tuhuka Te Patutiki : dictionnaire du tatouage polynésien des îles Marquises, T.1, 232p., ill., Tiki édition, Nîmes.

Lavondès Anne, 1966 : Musée de Papeete : catalogue des collections ethnographiques et archéologiques. Publication provisoire ronéotée, Centre Orstom de Papeete, 3 vol., 409p., bibliographie.

Lavondès Anne, 1973 : La culture matérielle en Polynésie d'après les collections archéologiques et ethnographiques du Musée de Papeete, Tahiti, Polynésie française, thèse de doctorat de 3e cycle, Université René Descartes, Paris, 3 vol. 132+XII, 296 p., multigr., 6 fig., 107 pl. (289 fig.), bibliographie.

Lavondès Henri 1964 : Récits et textes

marquisiens. Publication provisoire ronéotée, Centre Orstom de Papeete, 2 vols., 107 p.

Lavondès Henri, 1975 : Terre et mer ; pour une lecture de quelques mythes polynésiens. Thèse de Doctorat d'État, Paris. 2 vols. n.p.

Lavondès H. et Teikiehuupoko Sam, (1964 et) 66 : Récits marquisiens. 2e série, Sciences humaines, 2 vols. : 1 ère série dits par Kohueinui, 2 ème série dits par Vari'i, Kehueinui, Poau, Totio et Tahiahuiupoko, Publication provisoire ronéotée, Centre Orstom de Papeete, VIII+207 p.

Ottino-Garanger Marie-Noëlle et Pierre, 1999 : Te Patu Tiki, l'art du tatouage aux îles Marquises, avec la collaboration d'Anne et Henri Lavondès, Jean-Louis Candelot, Almut et Jean Pagès. Éd. Christian Gleizal, 303 p., ill., cartes, bibliographie.

Spriggs Matthew, 1989 : « How Much of the Lapita Design System Represents Transformations of the 'Human Face' ? » in Artistic Heritage, Chap. 2, Pacific Arts Association Fourth International Symposium, August.

Steinen Karl von den, 1925-28 : Die Marquesaner und ihre Kunst. Studien über die Entwicklung primitiver Südseeornamentik nach eigenen Reiseergebnissen und dem Material der Museen.

Vol 1, Tatauierung, 1925 ; vol 2, Plastik, 1925 ; vol 3, Die Sammlungen, 1928. Berlin, Reimer. (Mqses : 1897-98). Réédition : Hacker Art Books, New York, 1969.

Steinen Karl von den, 1933-35 : Marquesanische Mythen, in : Zeitschrift für Ethnologie, Berlin, 1933-34, n°65, pp. 1-44, 326-373 ; 1934-35, n°66, pp. 191-240 ; version française : Mythes marquisiens, Te hakatu ot te ati enana, vol. 1 : Maui, Fai, Tanaoa, Généalogie antique et kava, Tupa, Hikupekapeka, Tiki, le 1er couple humain, Tonofiti, Puahinanoa, 1997 ; vol. 2 : Taheta et Vaka-Uhi, L'île aux femmes, Kae, La nuit de lune bossue, Koomahu et Nea-Huu-Tovae chez Tapa, 1998 ; vol. 3, Koe-Nui, la Grande-anguille et Koe-Iti, la Petite-anguille de Fatuiva, Le combat entre les montagnes Pou-Maka de Uapou et Mata-Henua de Hivaoa de Hivaoa, Voyage à Aotona, Akau, Nata, le mythe du serpent, Pohu, Vehie-oa et Ata, 1999, Ed. Haere po no Tahiti. (Édition complète 2005 : Mythes marquisiens, Te Hakatu tumu o te ati 'enana). 2005 : Mythes Marquisiens

Thomas Nicholas, Anna Cole, Bronwen Douglas (et al.), 2005 : Tattoo : bodies, art, and exchange in the Pacific and the West, Durham (North Carolina).



Vue sur la baie de Ouia (Fatu Iva). © C. Ollier

Savoirs traditionnels et substances naturelles



Par **Christian Moretti**, directeur de recherche IRD, CPRBI
et **Corinne Ollier**, assistante de recherche IRD
IRD-UMR 7138
christian.moretti@ird.fr

La flore de la Polynésie française et les usages traditionnels associés aux plantes connaissent ces dernières années un regain d'intérêt. Plusieurs programmes de recherche ont été menés par l'IRD, en partenariat avec les équipes de chimie de l'UPF, mettant en œuvre les recommandations de l'expertise collégiale de l'IRD (2006) : un programme de bioprospection de la flore endémique, un programme sur le patrimoine biologique des Marquises et plus particulièrement sur les savoirs locaux liés aux plantes, menés avec le soutien de l'État et de la Polynésie.

Résumé

Plusieurs produits issus de la flore de Polynésie sont devenus des produits phares des cosmétiques et des produits de santé : fruit du noni, fleurs de tiare entrant dans la préparation du mono'i de Tahiti, huile de tamanu... Encouragées par ces succès commerciaux, les autorités polynésiennes ont souhaité disposer d'une expertise conduite selon le modèle des Expertises collégiales de l'IRD faisant l'état des connaissances scientifiques sur les substances naturelles polynésiennes. Remise en 2006, cette expertise a formulé plusieurs orientations concernant les recherches à mener pour préserver et valoriser la biodiversité polynésienne et les savoirs traditionnels associés. Dans cet esprit a été mené de 2008 à 2012 un programme de bioprospection de la flore endémique des Marquises et des savoirs naturalistes associés. En s'intéressant aux savoirs traditionnels, les scientifiques ont favorisé

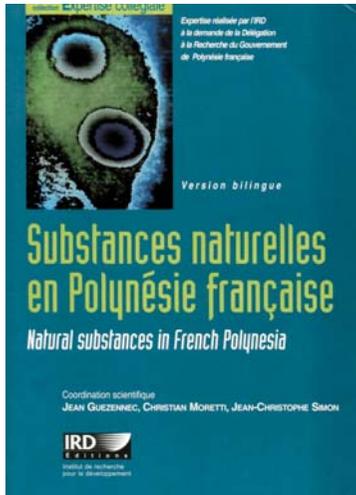
le dialogue entre les différents acteurs concernés, par les savoirs locaux sur la biodiversité et les modalités d'application de la Convention sur la diversité biologique (CDB), qui conduit à mettre en œuvre de nouvelles méthodes de travail et de nouvelles formes de partenariat entre chercheurs et acteurs locaux, sur la base de l'échange et non du pillage des savoirs traditionnels.

Tumu parau

E mea rahi te mau hotu no roto mai i te mau pua no Porinetia i roto mai ei mau hotu faufaa no te hāmani i te mau monoi faaūnauna e ei rāu rapaū : te noni, te tiare tahiti (ò tē ravehia no te hāmani i te monoi), te tāmanu, etv. No te tere o te hoo o taua mau hotu ra, ua hinaaro te mana faatere o te Fenua ia titorotorohia e ia tuatāpapahia te mau māramarama i haapāpū-aēna-hia e te mau tahuā ihi i niā i te parau o te mau hotu no Porinetia.

I te matahiti 2006, i te matararaa mai o teie tuatāpaparaa, ua faahiti atoā mai te mau taata ihi i te mau àveia e tano ia heheu no te pāruru e no te haafau-faa i te mau mea oraora e rave rau tae noa atu i te mau ite o te mau tupuna e tuāti i te reira. Mai te matahiti 2009 e tae roa atu i te matahiti 2012, ia au i taua mau àveia ra, ua ravehia te hoē tāpura òhipa no te titorotoro i te rauraa o te mau pua rāu tupu o te Henua Enana e i te mau ite māōhi e tuāti nei i te reira mau pua. Ia au i te parau faaau piīhia « Convention sur

la diversité biologique », i roto i ta rātou māimira i niā i te mau ite tupuna, ua tāmata te feiā ihi i te tauāparau e te mau tahuā àravihi na roto i te faatura, na roto ihoā i te àitauraa ite, eiaha rā na roto i te ēiāraa ite.



Les recommandations de l'expertise collégiale de l'IRD

L'expertise sur les substances naturelles locales, d'origine marine ou terrestre, commandée à l'IRD par les autorités polynésiennes, résolument orientée sur la valorisation, allait de l'évaluation du potentiel ressources aux stratégies de R&D. Elle a été conduite selon le modèle des « Expertises collégiales » de l'IRD, qui comprend dans sa forme habituelle les contributions des experts et une synthèse validée collectivement. L'expertise collégiale est complétée par des « fiches ressources végétales » compilées dans un cédérom, chaque fiche fournissant une information la plus exacte possible sur le statut taxonomique, la bio-écologie de la ressource et l'état des connaissances sur

ses potentialités chimiques et pharmacologiques. Des orientations de recherche sont indiquées par le ou les experts qui ont conduit à classer les ressources selon un rang de priorité.

Cette expertise collégiale remise à la Polynésie en 2006 constitue un document de référence pour les décideurs et les chercheurs en matière de valorisation des substances naturelles. Un premier constat s'impose : l'écart entre l'estimation du potentiel et l'état actuel de sa valorisation suscite de grands espoirs, que viennent stimuler des *success story* telles que celle du noni, ou conduisent à des déceptions, comme celle de l'exploitation du kava. L'expertise a en effet rappelé combien le marché des produits de santé est fortement encadré par les réglementations sanitaires propres à chaque pays et que ces mêmes contraintes réglementaires excluaient toute chance de valorisation du kava. Même si des études récentes remettent en question les travaux publiés sur la toxicité du kava sur lesquels s'appuyait l'avis des experts, le mal est fait : les autorités sanitaires des pays ne reviendront pas sur leur décision d'interdire le kava en tant que produit de santé, et les recommandations de l'expertise demeurent d'actualité, qui déconseillent la culture du kava pour l'exportation. En revanche, rien n'empêche la consommation rituelle du kava, qui est de plus en plus fréquente lors de cérémonies culturelles.

Le développement du marché des compléments alimentaires offrait selon les



experts de vraies opportunités pour le fruit du noni et ses dérivés. Le risque principal identifié venait de pays capables de produire à plus faible coût les extraits de noni commercialisés, dont la culture est peu exigeante. Pour que les produits locaux deviennent de vraies richesses pour la Polynésie, il faut une R&D importante si l'on ne veut pas rester au stade de simple fournisseur de produits peu transformés.

Les questions de signes de qualité et de la traçabilité des produits valorisant la bio-

Manutention de fûts de noni (*Morinda citrifolia*) aux Marquises. Le noni est largement exporté aux États-Unis et au Japon.

© C. Ollier

diversité polynésienne deviennent dès lors centrales. Les experts ont proposé pour le noni une démarche visant la traçabilité des produits pouvant mieux protéger le « tahitien noni », nom sous lequel il est le plus souvent commercialisé sans garantie de son origine géographique réelle.

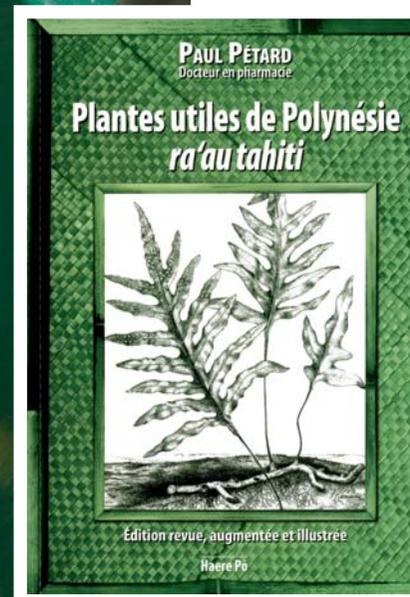
La Polynésie française n'a pas suivi cette recommandation des experts. Pourtant, la question de la traçabilité des productions reste d'actualité. Des études sur les usages locaux et les modes d'obtention anciens ou modernes et prenant aussi en compte les différentes qualités éventuelles (applicables au noni mais aussi aux autres produits locaux : mono'i, vanille, huile de tamanu...) fourniraient les bases de cahiers des charges permettant de décider du meilleur système d'identification/protection, dont l'Appellation d'origine protégée (AOP, nouveau terme de référence européen) n'est qu'une des modalités possibles. Cette démarche de patrimonialisation et de traçabilité des produits locaux peut conduire à des produits innovants et permettrait à la Polynésie française de conserver la propriété intellectuelle des produits locaux, au lieu de la laisser aux mains d'entreprises désireuses de profiter de l'opportunité de nouveaux marchés comme celui du « novel food », mais dont la durabilité est soumise aux effets de modes.

Autre constat de l'expertise, le marché de la biodiversité deviendra une réalité en Polynésie avec de véritables produits innovants si les entreprises et les laboratoires savent travailler ensemble. Cet avis largement partagé par les acteurs de ce secteur les a conduits à créer l'association Tahiti Fa'ahotu – Pôle d'innovation pour la Polynésie française, associant entreprises et institutions de recherche dans leurs démarches d'innovation.

Pour rendre les recherches encore plus performantes, les équipes de l'IRD, de l'ILM et de l'UPF menant des recherches sur les substances naturelles, quelles soient d'origine terrestre ou marine, sont maintenant réunies au sein du Centre polynésien de recherche sur la biodiversité insulaire (CPRBI), sur le site de l'IRD à Arue, qui dispose d'une plateforme d'analyses bien équipée.

Oparanthus teikiteetini, plante endémique insulaire de Nuku Hiva, Marquises.
© C. Ollier





Ouvrage de Pétard (1986), seule référence ethnobotanique sur la flore médicinale de Polynésie française.

La biodiversité de la Polynésie, un gisement de molécules nouvelles

Suivant les recommandations de l'expertise collégiale déjà citée, un programme de bioprospection ciblant en priorité les espèces endémiques a été entrepris par les équipes de l'IRD et de l'UPF. Les plantes endémiques représentent un véritable patrimoine biologique propre à la Polynésie française, c'est-à-dire qu'elle ne le partage pas ou peu avec les autres îles océaniques. Ce programme consiste à passer au crible chimique et biologique les différentes parties de plantes récoltées et identifiées. Plusieurs molécules ou extraits végétaux ont d'ores et déjà été

repérés pour leurs activités biologiques remarquables. Ce criblage a été par la suite étendu aux substances d'origine marine.

Les retombées économiques attendues de cette recherche exploratoire sur les substances naturelles ne sont généralement pas immédiates. Cependant, l'expertise ainsi acquise par les laboratoires de recherche du fenua peut bénéficier à tous ceux qui souhaitent valoriser les ressources biologiques locales. Deux thèses ont été soutenues à l'UPF et plusieurs publications décrivent des molécules originales. L'extractothèque maintenant constituée est disponible au CPRBI pour d'éventuels autres criblages sur d'autres cibles biologiques. Le criblage chimique et biologique de ressources biologiques

originales issues de la biodiversité polynésienne se justifie aussi du fait que la probabilité du « heureux hasard » conduisant à une découverte majeure a été considérablement augmentée ces dernières années grâce aux progrès technologiques, et les méthodes de criblages sont de plus en plus performantes (robotisation des tâches, miniaturisation).

Les savoirs traditionnels naturalistes revisités par la recherche scientifique

Les premiers navigateurs qui ont abordé les îles polynésiennes ont été fascinés par les connaissances traditionnelles des Polynésiens sur leur environnement. Les

Préparation du « pani » (monoï) à Fatu Iva, îles Marquises. Les fleurs à « pani » macérées dans l'huile de coco sont retenues pour leurs qualités olfactives.

© C. Ollier

premières observations viennent des botanistes qui accompagnaient Cook dans son premier voyage à la fin du XVIII^e siècle. Si les savoirs naturalistes traditionnels ont depuis été quelque peu délaissés, ils suscitent à nouveau l'intérêt des scientifiques car, depuis la Convention sur la diversité biologique (CDB) en 1992, ils sont devenus un enjeu important dans la quête des savoirs liés à la connaissance de la nature.

Les ressources biologiques et les savoirs traditionnels associés sont aujourd'hui considérés comme un gisement de nouvelles substances et une source d'innovation dans lesquels les nouvelles technologies peuvent puiser pour développer des produits à haute valeur ajoutée. Pour faciliter ce processus, il convient dès lors de mettre en place des mécanismes de partage des avantages ou bénéfiques avec les communautés locales détentrices des savoirs (Article 8J de la Convention sur la diversité biologique, et plus récemment Protocole de Nagoya en 2011).

En Polynésie française, l'ouvrage de Pétard (1986, réédition en 1992) demeure la seule référence sur la flore médicinale, avec 120 à 130 taxons décrits avec leurs usages traditionnels et l'analyse de leurs propriétés au vu des connaissances chimique et pharmacologique de l'époque. Force est de constater l'absence de travaux récents, menés selon les méthodes de l'ethnobotanique moderne, sur les usages actuels des plantes. Cette dernière discipline est hélas peu dévelop-



pée en Polynésie, alors qu'elle est au cœur du sujet puisqu'elle s'intéresse aux relations entre l'homme et les plantes. Dans cet esprit, durant les années 2010 et 2011, un programme de recherche sur les savoirs traditionnels des Iles Marquises, soutenu par l'État et le Territoire a été mené par une équipe de l'IRD, en parte-

Ecorçage de branches, tronc ou racines pour le programme de bioprospection de la flore endémique des Marquises. Les écorces sont ensuite séchées pour analyses.

© C. Ollier





Ci-contre : la connaissance des savoirs traditionnels marquisiens passe par de nombreux entretiens sur le terrain (Christian Moretti en présence de Jocelyne).

© C. Ollier

Ci-dessous : préparation d'un remède pour soigner dépression, délire, hallucinations, ou encore chasser le mauvais sort (mate tapii).

© C. Ollier



nariat avec les équipes de recherches de l'UPF, du CNRS et l'Académie des Marquises.

Le programme dénommé « Marquesas » a répertorié, sur l'ensemble de l'archipel des Marquises, les pratiques thérapeutiques traditionnelles actuelles, en recueillant de façon précise le nom des plantes, leurs usages, les modes de préparations des remèdes et la terminologie médicale marquisienne associée aux préparations. Dans cet archipel, les savoirs traditionnels sont en grande partie préservés par l'extrême éloignement des îles et l'isolement des vallées, et leur vivacité en fait un des attributs mis en avant dans

la démarche d'inscription de cet archipel au patrimoine de l'Unesco.

Les enquêtes de terrain ont montré que les pratiques traditionnelles y sont toujours très vivantes, comme en témoignent le nombre élevé de guérisseurs interrogés et l'importance des pratiques thérapeutiques au niveau familial. Au total, 96 espèces nous ont été signalées comme médicinales (nombre d'informateurs citant l'espèce $N > 2$). Elles entrent dans de nombreuses préparations (plus d'une centaine relevées) à la composition complexe associant fréquemment de 3 à 5 plantes différentes. Les mêmes préparations complexes étant souvent utilisées

pour traiter plusieurs affections, il en résulte pour chaque espèce un nombre élevé d'usages différents souvent difficiles à corréler à des propriétés thérapeutiques précises. Des méthodes d'analyse quantitative originales ont été appliquées pour recenser les 68 espèces médicinales les plus importantes (ou les plus citées par les informateurs) et déterminer leurs usages thérapeutiques les plus significatifs. Elles feront l'objet de monographies réunies dans une « Pharmacopée végétale des Marquises ». Le contenu de chaque monographie portera sur l'identité taxonomique de l'espèce, l'énumération des synonymies existantes, le recensement

des noms vernaculaires, la description botanique, la répartition géographique, les utilisations traditionnelles en thérapeutique populaire. Il présentera les informations scientifiques disponibles concernant sa composition chimique, son activité biologique ou sa toxicité afin d'en dégager les éléments d'appréciation sur son efficacité, et les précautions d'emploi qu'il s'avérerait nécessaire de promouvoir au vu des données scientifiques réunies.

Avec l'édition de cette pharmacopée végétale des Marquises, la Polynésie française disposera alors des éléments qui permettront une reconnaissance « offi-

cielle » du caractère médicinal de ces plantes. Elle pourrait alors rejoindre les initiatives prises actuellement dans les régions de l’Outre-mer tropical français visant l’inscription de plusieurs plantes médicinales de ces régions dans la Pharmacopée française et européenne, étape clé pour l’élaboration d’un cadre légal pour le développement de filières de productions durables de plantes aromatiques et médicinales.

L’étude menée aux Marquises a attiré l’attention sur le cas d’une espèce endémique de l’île de Nuku Hiva, le tueiao (*Rauvolfia nukuhivensis*). Cette espèce très menacée, dont nous n’avons recensé qu’une quarantaine d’individus, sert toujours à la préparation d’un remède réputé. Les guérisseurs de l’île sont maintenant conscients des conséquences du prélèvement d’écorce, et des essais de mises en culture sont en cours. D’autres exemples pourraient être cités qui démontrent que, contrairement à ce qui est souvent affirmé, les pratiques traditionnelles ne sont pas nécessairement durables, car elles s’exercent de nos jours dans un environnement socio-économique différent.

Cette relance des recherches sur les savoirs locaux a été accompagnée d’une formation aux enjeux et méthodes de l’ethnobotanique organisée en octobre 2010 par l’IRD, l’UPF et le Criobe ouverte aux acteurs concernés (chercheurs, entrepreneurs, gestionnaires de l’environnement...). Au cours de cette formation s’est instauré, peut-être pour

la première fois en Polynésie, un dialogue entre les différents acteurs concernés par les savoirs locaux sur la biodiversité et les modalités d’application de la CDB, qui conduit à mettre en œuvre de nouvelles méthodes de travail et de nouvelles formes de partenariat entre chercheurs et acteurs locaux. En s’intéressant aux savoirs traditionnels, les scientifiques marchent à nouveau dans les pas des premiers navigateurs, mais avec de nouveaux outils scientifiques et dans un rapport différent entre chercheurs et détenteurs du savoir local : celui de l’échange, et non du pillage.

Photo de droite : *Rauvolfia nukuhivensis*, tueiao, endémique archipélaire, Nuku Hiva.
© JF. Butaud

Ci-contre : tronc écorcé du tueiao pour la préparation d’un remède.
© JF. Butaud



Lexique

A

Appellation d'Origine Protégée (AOP)

Créé en 1992, ce label européen protège « la dénomination d'un produit dont la production, la transformation et l'élaboration doivent avoir lieu dans une aire géographique déterminée avec un savoir-faire reconnu et constaté ».

B

Bioprospection

La bioprospection consiste en l'exploration de la diversité biologique et des savoirs traditionnels pour découvrir des ressources génétiques ou biochimiques ayant une valeur commerciale ou scientifique. Elle comprend généralement un criblage chimique et biologique des échantillons récoltés.

C

Compléments alimentaires

Un complément alimentaire est une denrée alimentaire dont le but est de fournir un complément de nutriments ou de substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique (vitamines, minéraux, acides gras ou acides aminés) manquants ou en quantité insuffisante dans le régime alimentaire normal d'un individu. Les compléments alimentaires ne sont pas des médicaments. Ils possèdent, du fait de leur composition et dosage, une propriété physiologique et n'ont pas, à la

différence du médicament, une action pharmacologique. Les compléments alimentaires sont encadrés au niveau européen par une directive de 2002, mais leur réglementation est en pleine évolution.

E

Endémique

L'endémisme caractérise la présence naturelle d'un groupe biologique exclusivement dans une région géographique délimitée. Les espèces endémiques d'une aire géographique forment un sous-ensemble des espèces présentes naturellement sans que l'homme en soit la cause, appelées espèces indigènes.

Extractothèque

Une extractothèque est une collection d'extraits préparés à partir de plantes ou de diverses ressources biologiques, associée à une base de données qui permet de gérer les échantillons et les résultats des essais chimiques et biologiques obtenus sur ces échantillons.

N

Novel food

Par novel food ou « aliments nouveaux », il faut entendre des aliments ou ingrédients alimentaires qui n'étaient pas consommés dans la Communauté européenne avant 1997. Ils peuvent être d'origine végétale, animale, issus de la recherche scientifique et technologique,

mais aussi de traditions ou de cultures alimentaires de pays tiers.

P

Patrimonialisation

La patrimonialisation est le processus socioculturel, juridique ou politique par lequel un espace, un bien ou une pratique se transforment en objet du patrimoine naturel ou culturel digne de conservation et de restauration. Il existe une tendance de fond à la patrimonialisation dans les sociétés occidentales.

Protocole de Nagoya

Le Protocole de Nagoya est l'un des principaux textes d'engagements adopté par la Conférence des Nations unies sur la diversité biologique réunie en sommet mondial à Nagoya, en octobre 2010. Il porte sur l'utilisation des ressources génétiques de la planète, les connaissances traditionnelles associées à ces ressources génétiques et aux bénéfices ou avantages découlant de leur utilisation, et il est présenté comme « historique » par l'ONU. Il accorde aux communautés autochtones et locales une reconnaissance des connaissances, innovations et pratiques qu'elles ont développées et « un droit reconnu d'accorder l'accès à certaines ressources génétiques ». Le protocole prévoit des « incitations à promouvoir et protéger les connaissances traditionnelles » et il insiste sur le « consentement

préalable en connaissance de cause de ces communautés [...] en gardant à l'esprit le droit coutumier et les procédures communautaires, ainsi que l'utilisation et l'échange coutumiers des ressources génétiques ».

R

R&D

Abréviation couramment employée pour désigner le secteur de la recherche et développement. La « recherche et développement » est un élément majeur de la croissance et du développement par l'innovation, aussi bien pour une entreprise que pour un pays.

S

Success story

Exemple de réussite ou de succès commercial.

Bibliographie

Sites en ligne

Herbier de la Polynésie française, base de données Nadeaud.

www.herbier-tahiti.pf

Ouvrages et revues

Girardi C. (2010) Enquêtes ethnobotaniques dans les îles du sud des Marquises : approche quantitative dans l'établissement d'une pharmacopée marquisienne, Mémoire de stage, Faculté de Pharmacie Bordeaux 2, 72 p.

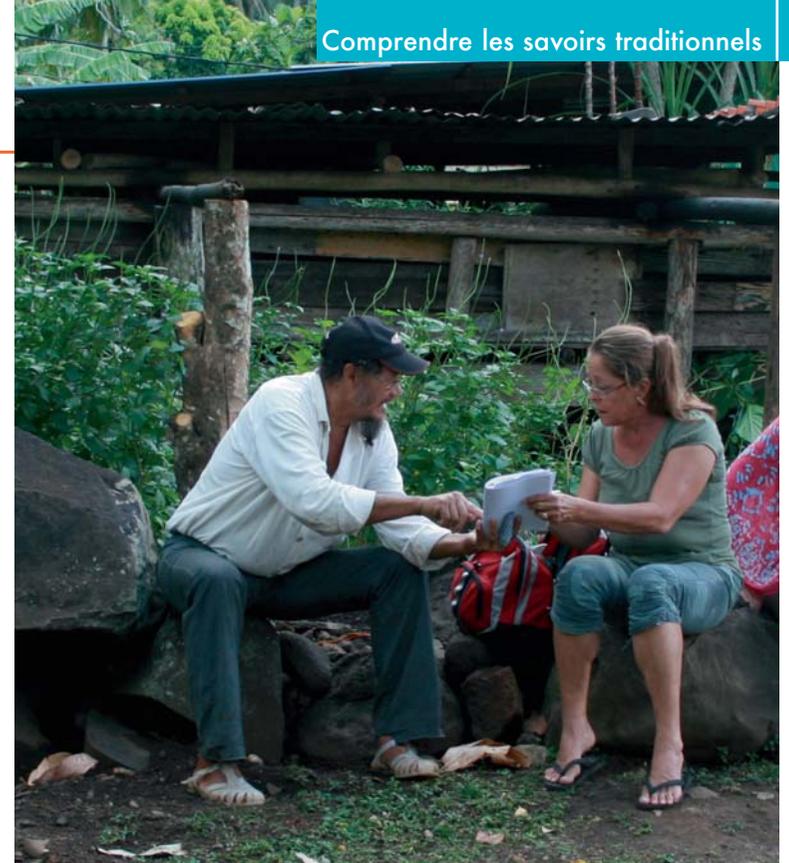
Guezennec C., Moretti C., Simon J.-C. (2006) Substances naturelles en Polynésie française. Paris IRD - Collection Expertise collégiale.

Moretti C., Ollier C. (2010) Les ra'au ou remèdes polynésiens : état des recherches et perspectives. Bull. Soc. Fr. d'Ethnopharmacologie n° 40, pp. 40-44.

Pétard P. (1986) Quelques plantes utiles de Polynésie et Raau Tahiti, éd. revue et augmentée, Papeete, Haere po no Tahiti. - 354 p. : ill. ; 29 cm.

Enquête individuelle auprès d'un guérisseur sur l'usage des plantes dans la médecine traditionnelle marquisienne.

© C. Moretti



Remerciements

Nos remerciements vont aux membres de l'Académie des Marquises, aux maires des six communes de l'archipel des Marquises, aux agents du Service du développement rural (SDR), à l'ensemble de nos très nombreux informateurs marquisiens, spécialistes de la culture marquisienne (tuhuna et tuhuka) et à toute la population pour leur accueil chaleureux et leur contribution au bon déroulement et à l'organisation des enquêtes de terrain.

Kouta'u



Reconstruction achevée de la maison ha'e après la restauration du paepae. © Pierre Ottino

Archéologie et réappropriation patrimoniale aux Marquises



Pierre Ottino-Garanger,

docteur en archéologie préhistorique, chercheur à l'IRD
 pierre.ottino@ird.fr

Aux Marquises, à la suite de R. Linton (1920-21), R. C. Suggs (1957) et Y. H. Sinoto (années 1960-70), les archéologues se sont intéressés à la préhistoire, à la position de l'archipel au sein du « triangle polynésien ». Il s'agissait de dater les premiers peuplements et les phases culturelles des Polynésiens. L'accent était mis sur la culture matérielle, son évolution et les sites de surface qui sont caractéristiques du paysage marquisien. Omniprésents, ils incitent à une archéologie proche des gens, qui partage la mémoire et l'accès à ces vestiges. Les travaux de l'IRD ont ainsi porté sur l'usage et l'aménagement du territoire, l'habitat et l'organisation de la société.

Résumé

Une recherche archéologique menée avec les communautés insulaires est gage d'échange et d'intérêt mutuels. Orientée, entre autres, sur l'étude, la mise en valeur et la restauration de sites anciens, elle permet d'allier naturellement recherche et restitution des connaissances scientifiques, recherche et attente des populations. Aux Marquises, elle participe ainsi à la réappropriation d'un patrimoine culturel et d'une identité, éléments essentiels au bien-être et à l'avenir des habitants.

Tumu parau

Maoti te âpitiraa mai te huiraa-tira no te mau motu i te feiâ ihipapa no te rave i te maimiraa ihipapa e tupu ai te tauà-parau e te ànaanatae i rotopū ia rāua. Na roto i teie faanahoraa e tūati ai te mau maimiraa, te haafaufaraa e te tātāi-faahou-raa i te mau haapūraa tahito, ia au i te hiaāi o te huiraa-tira. I te Henua Enana, e rāvēa te reira no te te faaiho e te aupuru-faahou-raa i te faufaa tupuna e te hīroā tumu māōhi, ei maitāi no te huiraa-tira e no to rāto ananahi.

Patrimoine culturel et réhabilitation du passé

L'élargissement des études archéologiques à des ensembles étendus permet de mieux saisir l'organisation de la société. Il révéla la richesse d'un patrimoine occulté par une végétation exubérante qui en interdisait une vision globale. Ce patrimoine, dont les Marquisiens avaient oublié l'agencement et l'ampleur, étonna d'autant plus qu'il traduisait une occupation de l'espace et une démographie¹ sans commune mesure avec celles d'aujourd'hui. Outre une maîtrise technique d'implantation et d'édification des constructions, avec des pierres aux dimensions parfois cyclopéennes forçant l'admiration, ce patrimoine révélé traduit une belle réussite de société. Il implique une réelle maîtrise de l'espace, une gestion raisonnée des ressources (par le tapu et kahui) et des risques naturels, tout comme des rela-

¹ Avec alors 80 000 habitants environ, à la veille du Contact, et 10 000 actuellement.

² Si actuellement la faible densité démographique permet à chacun d'agir quasiment à sa guise, sans prendre en compte voisinage et environnement, autrefois, agir de la sorte aurait entraîné des conflits sans nombre et un gâchis écologique considérable, qui se serait rapidement traduit par une destruction du cadre de vie et l'impossibilité à vivre sur ces îles isolées.

tions sociales cadrées². La vie d'avant, celle des Anciens, longtemps dévalorisée, devenait digne d'intérêt et source de fierté. Elle démontre que l'archipel a une longue histoire, qui n'est pas négligeable, et que le passé peut avantageusement inspirer le présent.

L'étude de l'habitat et la mise en valeur du patrimoine archéologique ont permis une réhabilitation du passé qui a étayé la prise de conscience identitaire. Celle-ci s'exprime notamment, depuis 1987, par l'organisation de festivals culturels, qui reprennent une tradition ancestrale de grandes fêtes communautaires et mobilisent la population, avec une grande part des ressources, tout en valorisant le pays. Moments de trêve, d'échanges et de compétitions, ces rencontres rythmaient autrefois la vie et contribuaient à la cohésion sociale. Le renouveau culturel, soutenu et encouragé par l'évêque des Marquises, fut, à la fin des années 1970, à l'origine de l'association culturelle Motu Haka o te Henua 'Enana (ou Fenua 'Enata), dont le rôle était de défendre la langue, de préserver les connaissances et les pratiques traditionnelles.

L'intérêt pour les sites archéologiques apparut, au milieu des années 1980, avec

Tiki brisé de l'évêché de Taiohae

© Pierre Otino



l'affectation sur place d'un archéologue par l'IRD, ce qui répondait au manque d'archéologues sur un archipel désireux d'en accueillir.

Sur Tahiti et les îles de la Société, plusieurs chercheurs opéraient déjà et un département d'archéologie venait d'être créé. Cette affectation fut rendue possible grâce à l'ethnologue Henri Lavondès (IRD), qui étudia la littérature orale marquisienne, et à l'archéologue José Garanger (CNRS) qui, de longue date, travaillait en partenariat avec l'IRD au Vanuatu, aux Tuamotu, à Tahiti...

Le 1^{er} festival des Arts des îles Marquises, marqué par le succès des groupes de danses et des artisans, le souci de soutenir la langue, l'existence de Motu Haka, contribua au renouveau culturel.

À la même période, des jeunes de Tahuata relancèrent le tatouage traditionnel, interdit au siècle précédent. Ils se présentèrent au 2^e festival de 1989 en affichant, gravés dans leur peau, les signes que por-

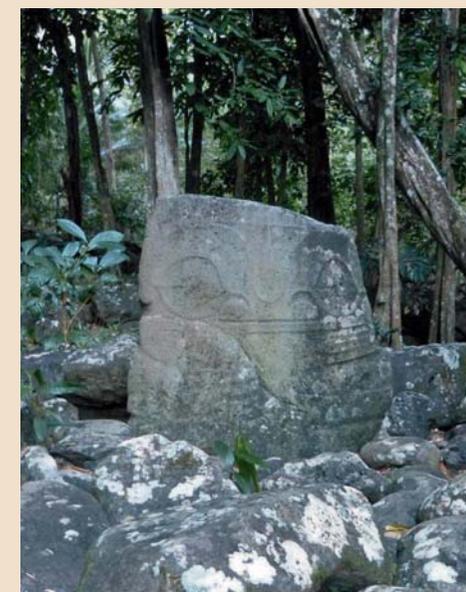
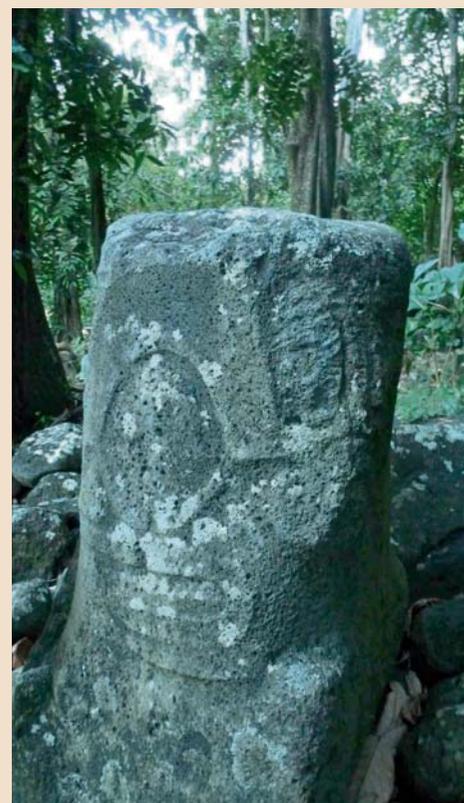
taient fièrement leurs ancêtres³. L'intérêt pour les sites anciens allait de soi, et l'archéologie fut intégrée de plus en plus étroitement aux grandes manifestations collectives. Les anciens sites, surtout ceux destinés aux réunions communautaires, étaient en parfait accord avec les attentes, l'esprit des participants et les représentations données lors du festival ; ils avaient une âme, en dehors de leur grandeur naturelle qui magnifiait les chants et les danses.

Archéologie, festivals et renaissance culturelle

L'organisation de ces festivals influença l'orientation des recherches archéologiques réalisée par l'IRD. Il fallut faire l'étude préalable des lieux retenus, avant d'envisager une mise en valeur respectueuse. Les restaurations devaient en honorer l'authenticité, comme pour Ipona, dans la vallée de Puamau à Hiva Oa, Koueva à Taiohae et Kamuihei-Teiipoka à Hatiheu, sur Nuku Hiva, Eia à Hapatoni sur Tahuata, Mauia à Hoho'i, sur Ua Pou... Ces opérations, initiées localement avec la garantie de la présence d'un archéologue, furent soutenues par l'État et le Pays. Leur ampleur mobilisa nombre d'acteurs parmi la population, les associations et municipalités, par la suite les ministères de la Culture, de l'Outre-mer, et l'armée (SMA, etc.). Leur durée permit à beaucoup d'y participer, toutes générations confondues, et de

³ L'ouvrage réalisé à cette époque à l'initiative d'A. Lavondès (ethnologue Orstom) et Chr. Gleizal (éditeur) qui traitait de cet art ancestral et de ses relations avec d'autres aspects de la culture, servit de référence – les autres ouvrages n'étant pas accessibles à l'époque – et inspira différents types de créations. Il est épuisé depuis quelques années et doit être réédité.

Le tiki en péril



Le tiki du me'ae Pata, à Ta'aoa, Hiva Oa, dont l'oreille a été coupée par un déséquilibre, fin 2010. Son moulage est exposé dans la salle patrimoniale de Hatiheu.

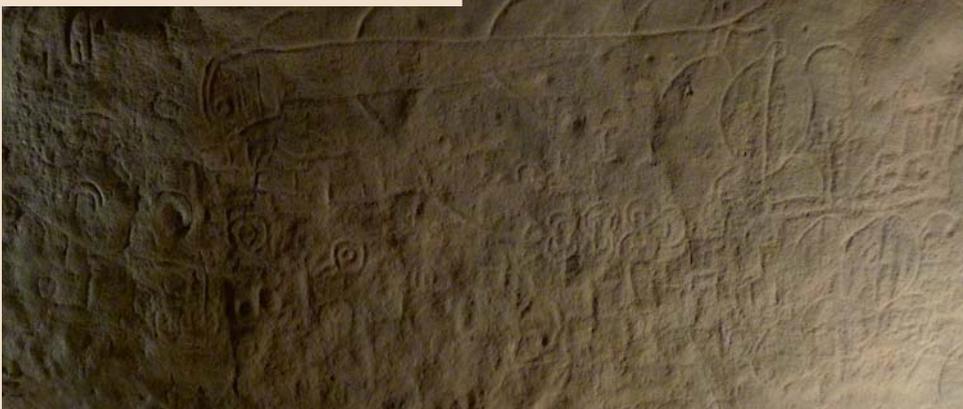
Valoriser l'art lithique

Le grand rocher situé dans la partie haute de Teiipoka a été moulé par le responsable de l'atelier de moulage de l'université Pierre et Marie Curie. Travaillant dans une optique patrimoniale, ce dernier a appliqué sur l'original 4 couches micrométriques de protection et de démoulage, avant d'appliquer un silicone par 6 passes successives. Le tirage est exposé dans la salle patrimoniale de Hatiheu.

Comme le moulage du tiki de Taaoa à

Hiva Oa (voir infra), ces opérations ont été effectuées afin de valoriser cet art lithique et aussi parce que les originaux sont hélas dégradés par des grattages intempestifs qui, à terme, détruiront ces signes tracés par les anciens Polynésiens, il y a plusieurs siècles.

Cette opération de sauvegarde et de valorisation pourrait amorcer un programme pour l'ensemble de l'art lithique polynésien, plus fragile qu'il n'y paraît.



s'impliquer en se familiarisant avec des gestes, des lieux, une recherche. Les médias s'y intéressèrent, des documentaires furent réalisés et diffusés localement, puis au niveau national et international, donnant à l'archipel une renommée qui lui permit d'émerger sur la scène culturelle et politique. Aujourd'hui, la visite de médias et d'officiels est de plus en plus courante. Les Marquises, autrefois méconnues, pour ne pas dire inconnues même localement, sont aujourd'hui réputées.

La dimension au départ strictement scientifique des recherches portant sur l'archéologie et le patrimoine culturel et naturel des îles Marquises se trouva ainsi orientée vers des enjeux localement de plus en plus notables. La valorisation de sites, conciliant intérêt archéologique et naturel, offre un attrait supplémentaire au pays. Aux travaux archéologiques s'ajoutent des études sur la flore, la faune, la géologie, l'usage des plantes et des lieux, la tradition, la langue... Le tout constitue un riche panorama incitant la participation progressive des habitants aux recherches en cours. Ils y prennent part et les orientent aussi, les intégrant à leur quotidien, y puisant une reconnaissance de la valeur et de l'intérêt de leur patrimoine. Le développement touristique, dû entre autres aux recherches et applications archéologiques, est pour ainsi dire choisi, car il se fait en fonction des lieux et des habitants, et non l'inverse. Ici, pas de « pro-

fessionnels » de la culture et de l'accueil, mais des personnes vivant chez elles, disposées à faire partager une part de leur vie, à leur façon. L'échange est réel, souvent réciproque ; chacun apporte sa personnalité, sa curiosité et nourrit l'autre de ses propres valeurs. Au fur et à mesure de l'avancée des travaux et des échanges, l'archéologie est passée d'un statut extérieur à une implication, un partage, des formations, attendus et nécessaires, rejoignant des enjeux sociaux, culturels et économiques d'autant plus forts que l'éloignement et l'isolement valurent aux Marquises d'être restées longtemps en marge du développement du Pays. Cet éloignement avait permis une meilleure conservation des traditions. Fortement liée aux modes de vie, la culture était portée par des personnalités et partagée, à des degrés divers, par l'ensemble des individus. C'est cet ancrage dans leur culture et leurs îles qui permit aux Marquisiens de demeurer sur place.

Les festivals touchent l'ensemble des classes d'âge et répondent à un besoin existentiel de reconnaissance. Le 1^{er} Festival des arts des Marquises en 1987 sur l'île de Ua Pou et surtout le 2^e en 1989 à Nuku Hiva marquèrent cette fierté retrouvée, avec la mise en valeur de structures archéologiques, dont le paepae d'habitation de la « reine » Vaekehu à Taiohae, puis le tohua Hikokua à Hatiheu. Ces travaux, précurseurs ici, se firent sans l'aide d'archéologues : les multiples demandes qui en avaient été



Sauver le plus grand tiki de Polynésie française

Takaii, le plus grand tiki de Polynésie française, avec 2,73 m. Érigé sur le me'ae Iipona, à Puamau, Hiva Oa, il menaçait de tomber et a été redressé, ainsi que les autres tiki, lors des travaux d'étude et de restauration du site menés en 1990-91 par l'IRD en collaboration avec le Centre polynésien des sciences humaines (CPSH). Ces travaux effectués dans l'optique du Festi-

val des arts des îles Marquises de 1991 faisaient suite à ceux de l'équipe de T. Heyerdahl et E. Ferdon, en 1957. Ce tiki participe à la promotion de la destination Polynésie et Marquises, cependant il s'érode dramatiquement. Une campagne d'étude, de protection et de consolidation, après analyse de la roche, permettrait de le sauver d'une altération grandissante.

faites étaient alors demeurées sans réponses. En 1991, le 3^e festival à Hiva Oa marqua définitivement cette volonté de valorisation du patrimoine archéologique, en l'associant à l'élan suscité par les festivités. Pour la première fois sous la direction d'archéologues, dont celui de l'IRD en poste en Polynésie, deux ensembles prestigieux, à Puamau et à Ta'aoa, furent dégagés, étudiés et restaurés. En 1995, à Ua Pou, le festival se déroula en partie sur un site ancien ; en 1999-2000, à Nuku Hiva, il manifesta avec une force particulière le dynamisme culturel de l'archipel et l'affirmation de son identité. Outre celles de ses six îles, des délégations de Tahiti, de l'île de Pâques et de Kiribati se produisirent sur

les sites restaurés. Ce qui distingue ce 5^e festival, c'est le temps, la volonté et l'énergie consacrés à l'étude, la mise en valeur et la restauration de vastes ensembles, avec la reconstitution de cases sur les soubassements de pierres, offrant ainsi une vision plus complète et vivante de ces sites, jusque-là connus essentiellement par leurs vestiges lithiques. La présence sur place d'un archéologue de l'IRD permit ces réalisations et cette communion avec les projets locaux.

Depuis, à Nuku Hiva, Ua Pou, Ua Huka, Hiva Oa, Fatuiva et Tahuata, des municipalités, associations ou personnalités tentent de protéger ces vestiges et sollicitent des études et interventions

archéologiques auxquelles les services du Pays peuvent difficilement répondre seuls, par manque d'effectifs et de moyens. Ces demandes sont régulières car les îles sont engagées dans des processus de longue durée, touchant à la fois l'archéologie, le développement des communes, la conservation et mise en valeur du patrimoine, le tourisme. L'absence d'archéologue se remarqua lors des festivals de Hiva Oa en 2003, de Tahuata en 2006 et de Fatu Hiva en 2009. Celui de Ua Pou en 2007 fut partiellement accompagné par l'archéologue IRD ainsi que celui de Nuku Hiva en 2011. Les travaux, de longue haleine, s'accompagnèrent toujours d'une formation pratique et théorique des personnes

impliquées, prolongée parfois par des formations en partenariat avec la Chambre de commerce pour le tourisme, des agents municipaux, des stagiaires, etc. Malgré l'intérêt d'avoir sur place des personnes formées à la sauvegarde de la culture et l'environnement, faute d'investissement du Pays et des Marquises, aucun ne put poursuivre durablement. À l'heure de l'inscription de l'archipel au patrimoine mondial de l'Unesco, aboutissement et belle reconnaissance de sa valeur, soutenue par des études menées depuis en géologie, botanique, ornithologie ou sur la mer, la nécessité d'une forte implication locale quant à l'information, la formation et la gestion des sites est cruciale.

Recherche, restaurations de sites et développement

La volonté de restaurer des sites archéologiques traduit le refus d'un développement qui détruirait le passé. L'archéologue, en enrichissant la connaissance de ces périodes, tente d'accompagner cette demande. Un site restauré est immédiatement « lisible » ; il permet à chacun de voir un résultat concret des recherches et incite les populations à mieux connaître et sauvegarder leur histoire, à se réapproprier leur culture mise à mal depuis deux siècles. La restauration, qui ne peut qu'être respectueuse, implique des études archéologiques. C'est un aspect très important de l'ar-

chéologie polynésienne. C'est par elle que passe la redécouverte du passé, l'ancrage patrimonial ; c'est un moyen d'enseignement des jeunes générations, un partage et une dynamique culturelle. Les premiers archéologues en Polynésie, Y. Sinoto à Moorea et aux Îles-Sous-le-Vent, J. Garanger à Tahiti et aux Tuamotu, consacrèrent spontanément du temps à ces restaurations. Les restaurations récentes s'inscrivent dans cette histoire de l'ethnoarchéologie en Polynésie dans laquelle l'IRD joua un rôle non négligeable.

Dans ces îles éloignées, comme sans doute en bien d'autres endroits isolés où les cultures ont été maltraitées par l'histoire, l'archéologie est une respiration. Ce souffle est une nécessité, autant culturelle qu'économique, assurant le lien entre passé, présent et avenir, tout en participant à la cohésion sociale et intergénérationnelle. Loin d'être un frein au développement, elle en serait plutôt la garante.

La population s'investit dans la reconstruction du ha'e toa (maison des guerriers).

© Pierre Ottino

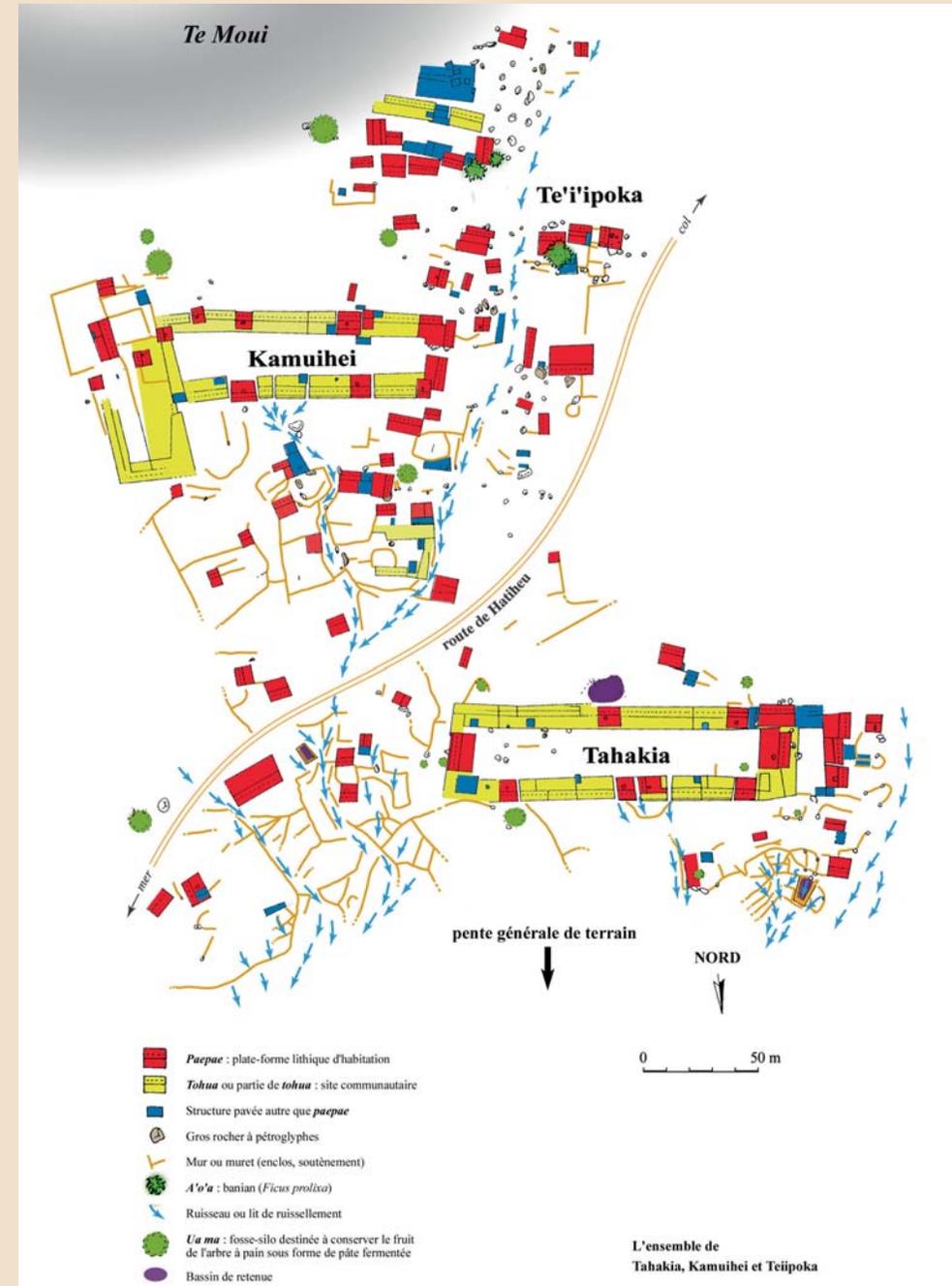


Hatiheu comprend 7 grands tohua, sa population peut être estimée à au moins 2 000 personnes. L'ensemble de Kamuihei, Tahakia et Te l'ipoka est remarquable par la densité des structures dont la répartition révèle l'intense occupation de cette partie de la vallée : elle recouvre le territoire des Puhioho, une des principales tribus de Hatiheu, réputée pour le nombre et la valeur de ses guerriers. Ils assuraient la protection de la vallée et des tribus Taipi alliées, face à leurs ennemis traditionnels Teii, occupant la partie ouest de l'île.

Deux grandes zones furent mises à profit pour des terrasses irriguées (taro...), de part et d'autre du grand tohua de Tahakia (155 m sur 42 m). Entre ce dernier et celui de Kamuihei (142 m sur 38 m), les jardins, attenants aux paepae, étaient destinés à des cultures plus sèches (bananes, patates douces...). Les jardins étaient associés à une arboriculture privilégiant le châtaignier de Polynésie (ihi) et surtout l'arbre à pain (mei), dont les fruits constituaient la nourriture de base aux Marquises. Juste en face et à l'ouest de Kamuihei, une grande plate-forme (20 m sur 12) était le lieu de réunion des chefs et des guerriers. Elle s'oriente vers le haut, en direction du me'ae qui la domine, abrité par un très grand banian, pluriséculaire. Tout en hauteur, l'aménagement rectangulaire et les structures annexes étaient réservés aux activités religieuses et funéraires.

Nous sommes ici dans la partie la plus élevée du site, la plus « tapu » (sacrée), juste au pied de l'avancée rocheuse de Te Moui qui domine la vallée. De nombreux pétroglyphes ont été piquetés sur de gros rochers en place, surtout dans les zones réservées aux chefs et aux prêtres. De grandes fosses ('ua ma) étaient destinées à ensiler le ma ou pâte du fruit de l'arbre à pain. Il y était conservé durant plusieurs années et réservé à la collectivité, lors des périodes de festivités ou de disettes, récurrentes sur l'archipel.

Les Marquises ont été inscrites le 22 juin 2010 sur la liste indicative de la France au Patrimoine mondial de l'Unesco, en tant que « bien mixte en série » (prise en compte des critères naturels et culturels de sites choisis distinctement). Cet ensemble de Hatiheu a été retenu par le comité de gestion de Nuku Hiva en raison de son importance et du soin apporté à son entretien et sa valorisation par les relevés, fouilles, restaurations, plantations auxquels s'ajoutent un balisage et des panneaux d'information. La salle patrimoniale de la vallée, ouverte en 2011, ajoute à son intérêt, ainsi que les moulages de grandes dimensions qui y sont exposés. Tout tend à valoriser ce patrimoine, vis-à-vis de visiteurs, internes ou externes à l'archipel.



Annexe

Les étapes clés de la restauration de sites

Techniques de restauration : des portiques métalliques démontables pour être manipulés par une équipe restreinte, s'adapter aux structures et à des terrains inaccessibles aux engins mécanisés, permettent, sans perturber le site, de remettre en place les gros blocs éboulés, avec l'aide de palans et de sangles.

Les structures étant éboulées, la restauration se fait avec moins de monde et « à l'envers » par rapport aux premiers

constructeurs qui, généralement, choisissaient les plus gros blocs dans la pente au-dessus.

Ils les faisaient rouler, glisser, pivoter, utilisaient des leviers, des cordes végétales, souvent de simples et larges écorces de ha'u (*Hibiscus tiliaceus*), très résistantes. Ils les suspendaient à une ossature de perches (ou bien les portaient sur celles-ci) et multipliaient les porteurs selon les besoins...



Après la restauration des plates-formes de pierres, paepae, la construction de la maison, ha'e, est guidée par les indices archéologiques, les informations ethnohistoriques et iconographiques recueillies du XVIII^e au XX^e siècles, ainsi que par les techniques et savoirs locaux encore connus aujourd'hui.

Le tohua, site communautaire, abandonné durant près de deux siècles, a retrouvé la fonction qu'il avait autrefois. Aujourd'hui, il accueille de nombreux visiteurs et touristes, des scolaires des Marquises, de Polynésie, des délégations océaniques, des personnalités extérieures...

Les plus gros travaux d'étude, de restauration et de mise en valeur ont été effectués à l'occasion des festivals des arts des îles Marquises. L'entretien est assuré par la commune et des associations.

Ces sites mis en valeur favorisent une redécouverte, par les Marquisiens eux-mêmes, de pans entiers de leur culture léguée par leurs ancêtres, d'où le besoin de préserver et valoriser cette richesse patrimoniale.

L'archéologie, en partenariat avec les communautés locales, œuvre à la sauvegarde de leur patrimoine et au développement de projets, tant scientifiques et culturels que sociaux et économiques. Panneaux explicatifs, signalétique, bali-



sage, fresque murale... sont là pour marquer les lieux et guider le visiteur sur le site et la salle patrimoniale.

Information du public, de tout âge et de tout genre, par la salle patrimoniale qui présente des objets archéologiques, des moulages de pièces prestigieuses non déplaçables, des panneaux explicatifs sur le tatouage et la culture marquisienne.



Lexique

H

Ha'e (ou fa'e)

Construction de matériaux végétaux, habitée de façon temporaire ou permanente.

M

Me'ae

Site religieux tapu.

P

Paepae

Plate-forme surélevée de pierres, qui supportait souvent un ha'e.

T

Tiki

Représentation anthropomorphe (forme humaine) d'un ancêtre.

Tobua (ou taba koika)

Place publique, entourée de plates-formes, réservée aux cérémonies et festivités communautaires.



© P. Ottino

Partenariats

En France : Institut de recherche pour le développement (IRD) ; Centre national de la recherche scientifique (CNRS) ; ministères de la Culture, de l'Outre-mer ; université Pierre et Marie Curie (UPMC) ; entreprise Prodemia ; Tara expéditions.

En Polynésie française : municipalités de l'archipel marquisien, soit 6 communes correspondant aux 6 îles habitées ; fédération culturelle du Motu Haka o te Henua Enana ; associations culturelles et artisanales des Marquises ;

Association des historiens et géographes de Polynésie française ; Service de la culture et du patrimoine (SCP) ; ministères de la Culture, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, du Développement des archipels ; Haut-Commissariat ; université de Polynésie française (UPF) ; Centre international de recherche archéologique sur la Polynésie (Cirap) ; Musée de Tahiti et des îles (MTI) ; Chambre de commerce, d'industrie, des services et des métiers (CCISM) ; Centre d'enseignement adapté au développement (Cetad) ; comités du tourisme locaux ; bénévoles.



Ke'etu remarquable à Fatu Iva
© P. Ottino



Fouille d'une petite structure d'habitation. Vallée de la Papenoo adjacente à TPP05 (1978). © Fonds Service de la culture et du patrimoine

Archéologies participantes à la Papeno'o et aux Tuamotu



Par **Jean-Michel Chazine**, ingénieur de recherche, CNRS

jmchazine@gmail.com

Une convention entre l'Orstom et le CNRS au début des années 1960 concernant l'archéologie avait permis à José Garanger, chercheur du CNRS, d'entreprendre ses travaux archéologiques dans la presqu'île de Tahiti puis à Rangiroa. Les travaux de fouilles et de restauration se poursuivirent dès 1973 dans le cadre d'une nouvelle coopération Orstom-CNRS, notamment lors du projet de construction d'un barrage dans la Papeno'o qui devait envoyer une grande partie de son bassin médian inférieur et faire disparaître un très grand nombre de vestiges archéologiques qu'il importait auparavant d'inventorier et d'étudier le mieux possible.

Résumé

Dès les années 1960, une convention entre l'Orstom et le CNRS a permis de coordonner et réaliser plusieurs programmes d'investigations et de travaux archéologiques majeurs. L'un, entre 1975 et 1981, dû au projet de grand barrage dans la basse vallée de la Papeno'o, a permis d'augmenter nettement le nombre de sites répertoriés, tout en initiant un grand nombre de jeunes aux techniques d'étude et de conservation du patrimoine archéologique, aboutissant à la création du département Archéologie du CPSH. Le second aux Tuamotu, de 1988 à 1991, outre l'inventaire de nombreux monuments religieux

tels que les marae, a localisé et cartographié les milliers de fosses de culture creusées autrefois par les insulaires qui utilisaient des techniques horticoles particulièrement élaborées et bien adaptées à l'environnement réduit des atolls. Ensuite, combinant « traditions et développement », des expériences d'ethnoarchéologie participante, au-delà des quelques aléas inhérents à ce type d'innovation, ont produit des résultats fructueux et déterminants et ont donné lieu à de nombreuses publications et actions médiatiques.

Tumu parau

Na te parau faaau i haamauhia i te ārea matahiti 1960 i rotopū i te pū Orstom i tahito ra e te CNRS i nehenehe ai e faatupu i te ōhipa titorotororaa rahi e rave rau i te pae o te ihipapa. I te ārea matahiti 1975 e tae roa i te matahiti 1981, i te paturaahia te haapuna pape itouira i roto i te faa no Papenoo, te ohipa mātamua i ravehia, ō te tāpaōpaōraa ia i te mau tiāraa tahito, ma te haapiipii atu e raverahi mau taureāra e i te titorotororaa e i te faaherehereraa i te faufaa ihipapa. I te hopeā, ua haamauhia te Pū ihipapa CPSH. Ua tupu te piti o te ōhipa i te pae Tuamotu mā, mai te matahiti 1988 e tae roa atu i te matahiti 1991. Tāa aē noa atu ai te tāpaōraa o te mau vāhi haamorīraa atua e rave rau mai te mau marae,

ua haapāpūhia e ua tāpaōhia i niā i te hōhoā fenua te mau vāhi i heruhia e te mau tupuna ei āpoo faaapu i te tau tahito. Ua faaōhipa rātou i te mau raveā faaapu āravihi maitai ō tē tano i te huru o teie mau motu. I muri iho, na roto i te faatūātiraa i te peu tupuna e te faaravāraa faufaa, e noa atu te mau hapehape i tupu mai, ua hoona te tāpura ōhipa i ravehia : e rave rahi mau puta i pāpaihia i niā i teie tumu parau e ua pūhara-atoā-hia teie mau haamāramaramaraa na roto i te mau veā rau. molutpa dolut aut la perum que rere namusam quos sunt latustrum doluptatium iminumquo eos aditata doluptas nobis inim.

L'implication de l'Orstom, qui bénéficiait aussi de la présence permanente sur place d'un archéologue (Bertrand Gérard, puis François Semah), était dès lors totale et n'a cessé de se concrétiser sous une forme matérielle et logistique jusqu'en 1979, date à laquelle le Département archéologie a été créé par le Territoire, conçu, mis en place et dirigé par Jean-Michel Chazine, du CNRS, pendant que l'Orstom plaçait Anne Lavondès, à la suite de Henri Lavondès, au poste de directrice du Musée de Tahiti et des îles.

Jusqu'à la fin des années 1970, l'Orstom était l'organisme qui, avec le Service de l'urbanisme de l'époque, était chargé de coordonner toutes les actions relatives au patrimoine archéologique, et plus généralement culturel (et même naturel) du Territoire et d'assurer les coopérations entre organismes de recherche de Métropole et le Territoire. La plupart des grands programmes d'inventaire ou d'investigation plus ponctuels ont été initiés dès cette époque : Papeno'o et Marquises d'abord avec Pierre Ottino, Mo'orea et îles des archipels plus éloignés ensuite

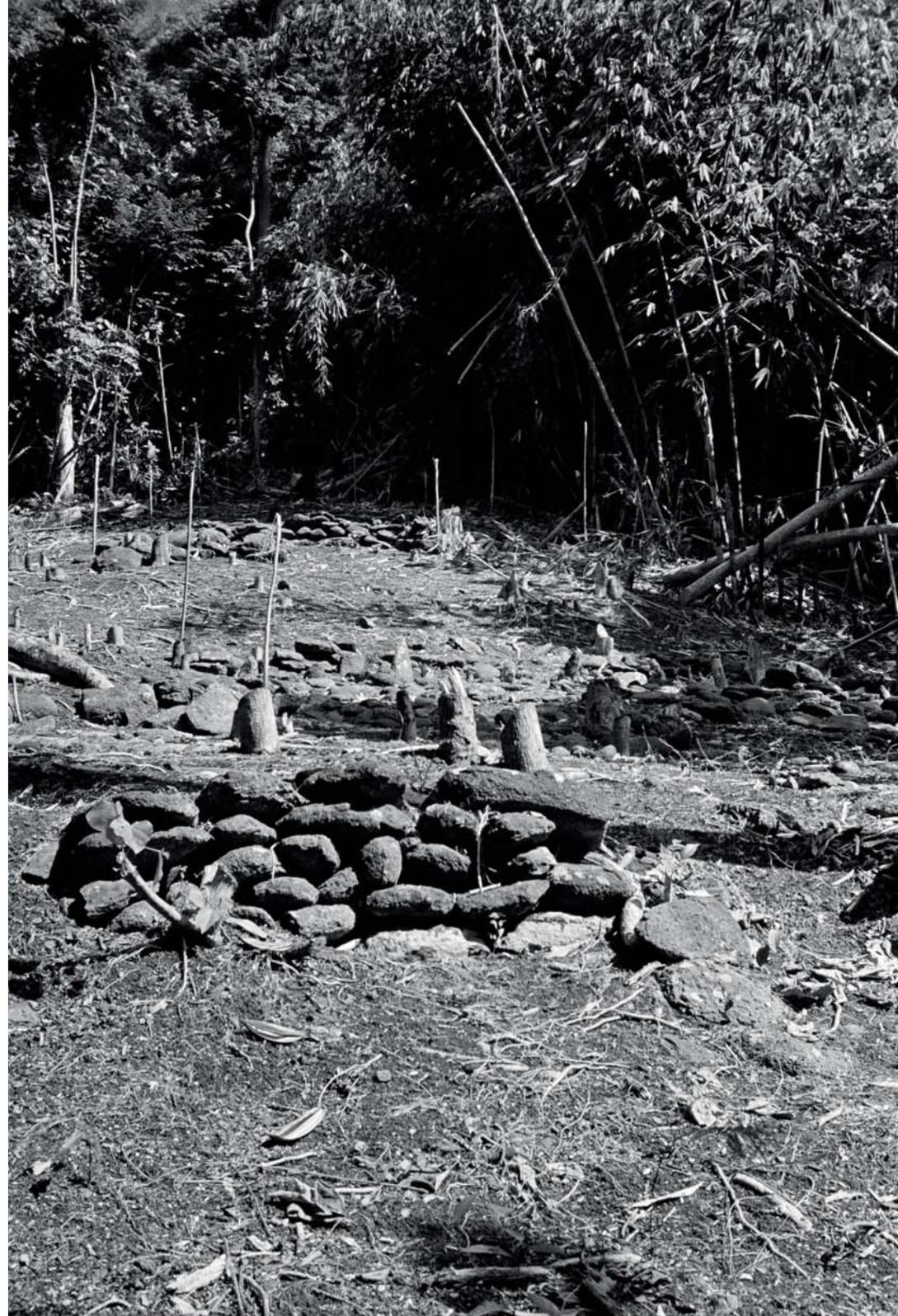
comme Rurutu, Tubuai ou Raiatea. Compte tenu de la situation, des moyens matériels et financiers, malgré tout limités, et surtout de l'état d'esprit à cette époque aussi bien des élus que de la population, les objectifs étaient à la fois très larges et devaient aussi pouvoir être modulés presque à la demande.

1^{re} phase : 1975-1980

Papeno'o : repérage et inventaire complémentaire de celui établi par K/P. Emory en 1925/26

Au moins 13 marae inconnus repérés, avec à proximité des structures d'habitat, des dépôts d'atelier de fabrication d'outillage lithique ou des terrasses de culture et des aménagements de cours de rivières. Ces mises au jour ont confirmé que l'intérieur des vallées de Tahiti avait été effectivement occupé, de manière régulière et parfois aussi intense et élevée que les estimations démographiques anciennes l'indiquaient.

Pendant cette période, une relativement grande diffusion de l'information a été



Cour arrière d'un marae de TPP06 à Papeno'o après un 1^{er} débroussaie sommaire (1976).

conduite auprès des médias de la place. C'est ainsi que journaux, radio et télévision ont été conviés à rendre compte aussi bien des découvertes ponctuelles que de l'importance que cela pouvait représenter comme témoignage d'un patrimoine architectural ancien très déterminant.

C'est pendant cette période également qu'une plate-forme de coopération sous forme d'association loi de 1901 (Association pour l'archéologie polynésienne) avec les organismes de formation et d'encadrement de la jeunesse a été mise en place et permis à un grand nombre de jeunes du Territoire (plusieurs centaines) d'acquérir les premiers éléments d'initiation à l'archéologie et plus généralement de sensibilisation aux problèmes de conservation du patrimoine du Terri-

toire. Il va de soi que les organes de formation des cadres, enseignants et École normale notamment, y ont également contribué à une grande échelle.

Plusieurs dizaines d'années plus tard, ces expériences ont porté leurs fruits et dans nombre de services, de ministères ou de communes, nombreux sont ceux qui ont pu mettre plus ou moins facilement durablement à profit cette initiation de base.

La plate-forme élaborée à cette occasion constituera par la suite le noyau dur qui permettra d'assurer la confiance du Gouvernement territorial autant que métropolitain et ouvrira l'accès à des subventions régulières, au contraire de ce qui se produisait auparavant. Les pre-

miers personnels locaux seront aussi sélectionnés dans cette perspective et leur formation sera peu à peu améliorée par divers stages et voyages d'études en Métropole.

En même temps, la structuration des règles et lois du pays concernant le patrimoine archéologique et plus généralement culturel a continué de s'élaborer peu à peu. Il reste que l'extrême émiettement géographique du territoire le rend tributaire des difficultés – au moins à cette époque – de communication et de suivi de l'information. Pratiquement, c'était souvent une fois sur place que l'information tant sur les objectifs de nos missions que sur les résultats obtenus pouvait enfin atteindre ses destinataires.



Haut : Premier carroyage décapé sur TPP03 à Papenoo (1976).

© Fonds Service de la culture et du patrimoine

Bas : Gros éclats aménagés : racloir, pointe, préforme (TPP03- 1976).

© Fonds Service de la culture et du patrimoine



Pilon (penu) collecté lors des fouilles de TPP02 (1976).

© Fonds Service de la culture et du patrimoine



Le fait est que, pendant ces années, la multiplicité des sollicitations et des interventions pour les premières « fouilles de sauvetage », multipliées par un développement socio-technico-économique en constante expansion, n'a pas permis de mener à leur terme désiré un, voire plusieurs projets/programmes purement scientifiques, surtout quant à leur publication.

Le manque de personnel et de compétences suffisamment stabilisées face à des demandes qui, du fait de la vulgarisation que nous avons provoquée, étaient en croissance exponentielle, a rapidement entravé nos capacités de réponse. Cela au détriment d'une recherche scientifique qui se voulait au départ autonome. En termes de bilan, non seulement de

l'époque mais dans une large mesure encore actuel, il s'avère que ces deux axes d'actions restent difficiles à mener de front. Les personnels, les durées, les moyens, surtout financiers, et les compétences à mettre en œuvre ne sont pas les mêmes. Et pourtant, à l'instar des résultats obtenus par l'Inrap en Métropole, on aimerait qu'il en soit de même sur le Territoire, mais le rapport d'échelle entre ces deux ensembles n'est pas (encore) réductible.

Ce qui ne veut pas dire qu'il n'y ait pas possibilité de complémentarité, voire de synergie, entre les deux démarches ; mais les destinataires médians (institutions, sphère scientifique et population) ne sont pas les mêmes, et n'ont pas les mêmes demandes. Et, surtout, les moyens



Dégagement d'une structure de cuisson encastrée dans la berge en TPP03b Papeno'o (1978).

© Fonds Service de la culture et du patrimoine

Cour arrière du marae de TPP06 à Papeno'o lors de sa découverte (1976).

© Fonds Service de la culture et du patrimoine



humains et financiers restent insuffisants pour cette complémentarité.

Seconde phase : 1985-1991

Programme de recherche « Traditions et développement aux Tuamotu »

Faisant suite à plusieurs missions de repérage archéologique d'abord menées dans le cadre du programme Unesco-MAB par le Pr B. Salvat en 1974 sur l'atoll de Taiaro puis surtout en 1975 sur l'atoll de Takapoto, ensuite dans le cadre du programme Cordet (1982-1984), sur les atolls de Rangiroa, Manihi, Ahe, puis Reao, l'observation des nombreux vestiges de fosses de culture autrefois creu-

sées par les insulaires est à l'origine d'un grand programme d'étude et de réhabilitation qui s'est poursuivi sur plusieurs années. Fruits d'une coopération locale entre l'Orstom, le Service de l'économie rurale de l'époque, puis le Service du développement des archipels, plusieurs programmes successifs ont été développés sur les atolls de Takapoto, Ana'a et Tikehau.

En 1988, à l'initiative de Daniel Frimiggacci, archéologue au CNRS en détachement à Nouméa, un Laboratoire d'ethnoarchéologie océanienne (LEAO) a été créé à Nouméa et à Papeete, sous la responsabilité de J.-M. Chazine. Les objectifs de ce programme correspondaient à la poursuite et l'extension des relevés topographiques et enquêtes de terrain, tant aux Tuamotu que peu à peu



Réaménagement d'une fosse sur le Motu Fakarevareva à Ana'a (1986).

© Fonds Service de la culture et du patrimoine



Zone de fosses à Takapoto (1984).

© Fonds Service de la culture et du patrimoine

dans les archipels d'atolls de moins en moins proches (Cook, Majuro, Tuvalu et Kiribati). Cela afin de reconstituer avec le plus de précision possible les chaînes opératoires, les connaissances et les moyens mis en œuvre, ainsi que le potentiel de productivité que ces techniques permettaient.

Dans les Tuamotu, les vestiges des fosses de culture, véritables jardins artificiels, sont littéralement des objets archéologiques, dans la mesure où ils n'étaient plus actifs depuis près d'un siècle pour certaines et quelques décennies pour

celles que la pénurie engendrée par la Seconde Guerre mondiale a fait perdurer.

C'est à Ana'a, un atoll encore assez isolé bien que proche de Papeete, et en grande partie détruit par les cyclones de 1983, que le Service de l'économie rurale avait implanté un centre actif. Un programme de réhabilitation et de remise en service de plusieurs fosses y a été entrepris. Le programme était à la fois expérimental, pour mesurer la productivité que ce système agraire avait pu avoir, et pédagogique, pour montrer non seulement aux



Remise en service d'une fosse de culture par Te Amo à Ana'a (1986).

© Fonds Service de la culture et du patrimoine



Paumotu mais à l'ensemble du Territoire les connaissances, l'ingéniosité et l'organisation sociale nécessaires à ces réalisations. En effet, ce système de production vivrière en fosse utilise d'abord la présence discrète de la lentille d'eau douce souterraine, dite de Ghyben-Hertzberg, génératrice d'un horizon humide, pour y adjoindre un compost enrichi par un choix particulier d'espèces végétales sélectionnées pour leur décomposition rapide ainsi que leurs apports en nutriments tels que potassium et azote. Les sols ainsi enrichis permettaient la culture régulière

de divers tubercules et, en périphérie, d'arbustes et arbres fruitiers.

Mais le travail qui précède n'est pas moins impressionnant, puisque ces fosses creusées jusqu'à 2-3 m de profondeur mesurent entre 30 et parfois 300-400 m², impliquant le creusement jusqu'à la nappe phréatique de milliers de m³ avec des pelles en nacre ou en sections de carapaces de tortues. Tout aussi impressionnants sont les réseaux d'entraide et de coopération qui ont forcément préexisté et permis d'organiser ces travaux gigan-



P. Auzépy (camera), J.M. Chazine (micro), interviewant le vieux chef Rauri Teaku à Ana'a (1985).

© Fonds Service de la culture et du patrimoine

tesques à l'échelle d'un atoll. Des milliers de m³ déplacés pour permettre la création de dizaines d'hectares de jardins artificiels sur de minces bandes de lithosols à peine émergés ne peuvent s'envisager que si la communauté est parfaitement organisée, et si ses connaissances sur la géomorphologie et l'environnement particuliers aux atolls et son unité sont parfaitement coordonnés par un processus élaboré lors de déplacements ou de migrations antérieures.

Ainsi s'est peu à peu imposée au cours des enquêtes menées sur le terrain une révision assez complète de la vision « classique » et largement véhiculée jusqu'à présent des atolls sur lesquels « il n'y a pas d'eau et rien ne pousse ». Sauf le cocotier, mais qui lui-même est une monoculture introduite par l'économie occidentale et qui s'est développée tout au long du XIX^e siècle, supplantant les forêts primaires qui abondaient partout.

Par ailleurs, une fois stimulés par la restitution d'un savoir ancestral oublié,

savoir-faire, imagination et adaptativité ont été réveillés sur l'atoll de Ana'a pour développer des dynamiques horticoles qui ont rapidement dépassé le cadre du programme de réhabilitation. Cela a entraîné quelques problèmes spécifiques tels que la perte des plants de taro, dévorés par les crabes tupa qui, n'étant plus consommés, prolifèrent maintenant. Malgré ces dérangements, démonstration a été faite de l'organisation socio-technique des atolls, expliquant leur résistances aux aléas climatiques.

Lexique

C

CNRS

Le Centre national de la recherche scientifique est un organisme public de recherche (Établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche).

F

Fosse de culture

Le principe schématique consiste à creuser dans le substrat corallien jusqu'à récupérer par capillarité l'humidité latente de la lentille d'eau de pluie infiltrée. On y introduit ensuite des branches soigneusement sélectionnées puis broyées de végétaux empiriquement connus pour leur décomposition rapide et totale en compost. On pouvait ainsi y faire pousser diverses tubercules telles que taro (*Colocasia esculenta*), 'ape (*Alocasia macrorrhizos*), maota (*Cyrtosperma chamissonis*).

I

Inrap

L'Institut national de recherches archéologiques préventives est un établissement public de recherche placé sous la tutelle des ministères de la Culture et de la Communication et de la Recherche.

L

Lithosols

Sol minéral brut (initial) non évolué ou transformé par l'érosion.

M

Marae

Monument sacré, plate-forme construite en pierres où se déroulait le culte ancien, associé souvent à des cérémonies à caractère social ou politique.

N

Nutrients

Éléments nutritifs, ici le potassium et l'azote.

P

Paumotu

Habitants natifs de l'archipel des Tuamotu.

U

Unesco-MAB

Le programme de l'Unesco sur l'Homme et la biosphère (MAB) est un programme scientifique intergouvernemental visant à établir une base scientifique pour améliorer les relations homme-nature au niveau mondial.

Bibliographie

Ouvrages et revues

2011a : Wet taro cultivation on Atolls : A techno-cultural paradox ? In Irrigated Taro (*Colocasia esculenta*) in the Indo-Pacific : Biological, Social and Historical Perspectives, M. Spriggs, D. Addison & P.J. Matthews (eds). Osaka, Senri Ethnological Studies 78, National Museum of Ethnology, p.83-94.

2008 : "Jardins d'Atolls en fosses" in Agricultures singulières. A. Walter & E. Mollard (eds.). Montpellier/Paris, IRD, p. 211-216.

2006e : "From Tuamotu to Borneo, or "The long trek of Oceanians" revisited", in Asia Pacific Forum 31(Asia-Pacific Areas Studies), Academia Sinica, Taipei, p.130-139.

2006d : "Des Tuamotu à Bornéo, ou "Le long périple des Océaniens" revisité", in Dynamiques identitaires en Asie et dans le Pacifique (T2 : Pratiques symboliques en transition), Publications de l'Université de Provence, p.17-24.

2006c : "L'archéologie, fer de lance du progrès ? Un rôle paradoxal en Polynésie Française", in Les Nouvelles de l'Archéologie, 102, p.41-45.

2002e : "Techniques Horticoles ancestrales aux Tuamotu" Poster, Exposition "Préhistoire et changement environnemental des îles de Polynésie", Maison R. Ginouvès, Univ. Paris X, Nanterre, mai 2002.

2002d : "Diffusion de techniques horticoles dans l'occupation des Atolls du Pacifique", in Préhistoire et changement environnemental des îles de Polynésie, C. Orliac (Ed.), Editions Errance, p. 69-88.

2002c : "De la théorie aux pratiques culturelles sur les Atolls", in JSO n°114-115, p. 63-70.

2001d : "Les Tuamotu à la recherche d'un passé encore très présent", in Recherches Géographiques n°7, CTRDP, Papeete, oct. 2001, p. 3-26.

2001c : "De quelques objets et cas originaux des Tuamotu et de Reao en particulier", in Bull. de la Soc. des Études Océaniques, n°289-291, Papeete, p. 145-157.

1999e : "Pêcheurs ou agriculteurs ? Le compromis communautaire de Mitiaro aux îles Cook" in Les petites activités de pêche dans le Pacifique Sud, G. Blanchet (Ed.), IRD, Paris, p. 175-184.

- 1997a : "Des Atolls et des jardins : essai d'ethnoarchéologie participante" in *Le Pacifique aujourd'hui*, Editions du CNRS, Paris, p. 245-260.
- 1996b : "De surface et d'intérieur, notes sur un parcours Polynésien", in *Mémoire de pierre, mémoire d'homme*, Ed. de la Sorbonne, Paris, p. 336-343.
- 1993e : "La maîtrise des milieux naturels : les Atolls" in *Atlas de Polynésie*. Publ. Orstom, Paris, pl. 63 + texte.
- 1993d : "Les Atolls des Tuamotu, contraintes et ressources de l'environnement" in *Pour une Histoire de l'Environnement*, CNRS Editions, Paris, p. 259-268.
- 1993a : "La nébuleuse du Pacifique", in *Musées-Hommes* n°1, Paris, p. 58-60.
- 1992e : "Les recherches en archéologie dans les îles du Pacifique sud-est" in *Le Pacifique, l'océan, ses rivages et ses îles : 30 ans de recherche scientifique française dans le Pacifique, Iles et Archipels* n°14, CRET, Bordeaux p. 376-390.
- 1992c : "De l'adoption à la filiation en Polynésie : une logique paradoxale" in *actes du colloque sur l'enfant fa'aamu*, Aprif (Ed.), Papeete, p. 40-45.
- 1992b : "Les problèmes langagiers des enfants paumotu" in *L'Enfant polynésien*, L'Harmattan, Paris, p. 14-35.
- 1992a : "Le long périple des Océaniens" in *La Néolithisation*, Dos. Hors Série Science et Vie n°143, mars 1992, p. 114-123, Paris.
- 1991 : "Passé d'ici, présent d'ailleurs : une gageure pour les Sciences humaines ?" repris des actes des Journées de la Rech. en P. F., in *Bull. SDEO*, n° 248, Papeete, p. 49-58.
- 1990a : "Évolution des établissements humains en milieu insulaire des Tuamotu", *Notes et Documents de Sciences Humaines* n°13, Publ. Orstom, Papeete, 60 p.
- 1989d : "Passé d'ici, présent d'ailleurs : une gageure pour les Sciences Humaines ?" in *Actes des Journées de la Recherche en Polynésie Française*, Publ. du Min. de la Rech. terr., Papeete, p. 9-16.
- 1988f : "La réinsertion des éléments traditionnels dans la vie moderne", in *Actes des Assises de la Rech. Terr.*, Publ. du Min de la Rech. terr., Papeete, p. 153-156 ; 161-62.
- 1988a : "Tradition et Développement ; un espace privilégié : les Tuamotu", *BSEO*, n°243, Papeete, p. 48-54.
- 1986b : "Papeno'o" et "Tuamotu-Gambiers", in *Encyclopédie de la Polynésie*, Chr. Gleizal (Ed.), Vol.4, Papeete, p. 82, 121-125, 130-133.
- 1985c : "Les fosses de culture dans les Tuamotu ; travaux et perspectives", *JSO*, n°80, Paris, p. 25-32.
- 1985a : "Du présent au passé ; questions d'ethno-archéologie", *Bull. de l'ER191, "Techniques et Culture"* n°6, CNRS, Paris, p. 85-98.
- 1984 : "Archéologie de l'archéologie", in *Nouvelles de l'Archéologie*, *Mém. de DEA*, Univ. Paris1, 1982), Paris, p. 54-58.
- 1983c : "Note sur l'archéologie et sa fonction en Polynésie", *JSO*, n°74-75, Paris, p. 99-108.
- 1983b : "Archéologie de l'archéologie", *BSEO*, n°224, Papeete, p. 1357-1363.
- 1982a : "Tentative reconstruction of traditional agricultural activities on the Atolls on the basis of archaeological explorations on Takapoto", *South Pac. Com., Technical papers* n°180, Nouméa, p. 149-162.
- 1979b : "Archéologie et migrations polynésiennes", K7 et Brochure, publication du CTRDP, (en coll.), Papeete, 45mn et 15 p.
- 1979a : "Initiation à la recherche archéologique", publication du Centre territorial de recherche documentaire et pédagogique (CTRDP), Papeete, 35 p.
- 1978b : "Contribution à l'étude des anciennes structures d'habitat dans la vallée de la Papeno'o", *Mém. Maîtrise*, Publ. multigr., Univ. Paris V-CNRS, Paris, 122 p.
- 1977d : "Prospections archéologiques à Takapoto", *Journal de la Société des Océanistes (JSO)*, n°56-57, Paris, p. 191-215.
- 1977c : "Recherches archéologiques entreprises dans la vallée de la Papeno'o", *Bulletin de la société des études océaniques (BSEO)* n°198, Papeete, p. 706-711.
- 1977b : "Archéologie et patrimoine archéologique", *Bulletin de "Ia ora te Natura"* n°5 Papeete, p. 3-8.

Développer la lutte
contre les espèces
envahissantes,
les insectes nuisibles
et les épidémies
pour préserver la biodiversité
et la santé





Le miconia, « cancer vert » des forêts tropicales du Pacifique



Par Jean-Yves Meyer, Délégation à la recherche de la Polynésie française, Tahiti, Polynésie française

jean-yves.meyer@recherche.gov.pf

Le miconia (*Miconia calvenscens*) est un petit arbre introduit en Polynésie française comme plante ornementale. Il a envahi les forêts naturelles humides, menaçant de faire disparaître de nombreuses plantes endémiques. Les études menées sur cette espèce ont permis d'élaborer des méthodes de lutte efficaces et de freiner son invasion.

Résumé

Un programme de recherche a été initié en 1988 par le Territoire/gouvernement de la Polynésie française et l'Orstom/IRD afin de lutter contre le miconia, un petit arbre extrêmement envahissant dans les forêts tropicales de la Polynésie française où il a été introduit comme plante ornementale. Les études menées sur son origine, ses modes d'introduction, sa répartition, sa biologie et son écologie ont permis de mieux comprendre le processus d'invasion et de mettre au point des stratégies et des méthodes de lutte aujourd'hui utilisées par les gestionnaires de Polynésie française et dans d'autres îles et régions tropicales du Pacifique (Australie, Hawaïi, Nouvelle-Calédonie) envahies par cette espèce.

Tumu parau

Mai te matahiti 1988, ua ômuahia te hoê tãpura mãmiraã e te hau fenua no Porinetia farãni e te pũ ORSTOM/IRD no te ãrai i te miconia, ò te hoê tumu rãau haehaa teie e ãere noa atu ra na roto i te mau uru rãau no Porinetia farãni i reira hoì ò ia i faaõ-mãtãmua-hia ai ei rãau faaneheheraa. Ua hiõpoã-maite-hia to na tumu, na hea ò na i ò mai ai i Porinetia farãni, na hea ò na i parare atu ai i te mau motu, te huru o to na tupuraa e te mau vãhi e au ia na. Na te reira mau haamãramaramaraa i òhie ai i te faataa i te mau rãvã e tano no te tinai i taua tumu rãau ra i Porinetia farãni e tae noa atu i te tahi atu mau motu ãhuãrai mahana-hana ò tã ãere-atoã-hia nei e teie tumu rãau (Auteraria, Vãihi, Niu Taratoni).



Les invasions biologiques, menace sur la biodiversité des îles

Les espèces introduites envahissantes (dites « invasives ») sont considérées comme l'une des principales causes de l'érosion de la biodiversité dans le monde, particulièrement dans les écosystèmes insulaires considérés comme plus vulnérables

aux perturbations anthropiques, notamment l'introduction intentionnelle ou accidentelle d'espèces. Parmi les exemples célèbres d'espèces invasives figurent : le rat noir *Rattus rattus*, la mangouste *Herpetes auro-punctatus*, le serpent *Boiga irregularis* et les chats ensauvagés ayant causé l'extinction ou la raréfaction de nombreux oiseaux endémiques dans les îles du Pacifique ; l'escargot carnivore *Euglandina rosea* ayant décimé les petits

escargots arboricoles endémiques (notamment les *Partula* en Polynésie française) ; les fourmis prédatrices comme *Linepithema humile* ou la petite fourmi de feu *Wasmannia auropunctata* à l'origine de la régression des communautés d'insectes indigènes et endémiques ; les ongulés herbivores (chèvres, moutons, cochons, cerfs...) causant la destruction de la végétation et l'érosion du sol ; les micro-organismes pathogènes

Invasions du miconia près d'un sentier à Taravao (Tahiti)
© JY. Meyer

Ci-contre :
forêt dense de miconia à Tahiti.
© JY. Meyer

Photo de droite :
jeune plant de miconia à Tahiti.
© E. Killgore



comme la rouille *Puccinia psidii* infectant les plantes de la famille des Myrtacées. Même s'il n'existe aucun cas documenté d'extinction d'espèce causée par des plantes envahissantes, celles-ci sont capables de déplacer des plantes indigènes, d'éliminer des populations locales d'espèces endémiques (on parle alors d'« extirpation ») et surtout de modifier le fonctionnement des écosystèmes et leurs services associés : baisse de la lumière en sous-bois, augmentation du régime des feux, assèchement des rivières, altération du cycle des éléments minéraux dans le sol, glissements de terrain, etc. Aux impacts écologiques directs s'ajoutent aussi des effets négatifs indirects sur l'économie (agriculture, foresterie, tourisme), la santé humaine (transmission de maladies, piqûres) et la

culture (perte d'espèces « patrimoniales », comme les plantes médicinales traditionnellement utilisées).

Le miconia, envahisseur idéal

Le miconia, *Miconia calvescens* De Candolle (famille botanique des Mélastomatacées), est un petit arbre de 6-12 m de hauteur, originaire d'Amérique tropicale, et introduit à Tahiti en 1937 comme plante ornementale en raison de ses grandes feuilles, pouvant atteindre 80 cm de longueur, à revers pourpre. Après une phase de « latence » de quelques décennies, la plante s'est propagée dans les années 1970 dans toutes les forêts naturelles humides de l'île, du niveau de la mer jusqu'en forêt de nuages à 1 400 m



d'altitude, menaçant de faire disparaître une cinquantaine de plantes endémiques insulaires. Devenue la principale plante invasive des îles de la Société (avec plus de 80 000 ha envahis à Tahiti, 3 500 ha à Moorea et 470 ha à Raiatea), l'espèce est également envahissante aux îles Hawaïi (plus de 10 000 ha), où elle a été introduite dans les années 1960 en provenance de Tahiti, et a commencé à s'établir dans les forêts tropicales de la Province Sud en Nouvelle-Calédonie, du Queensland en Australie et du Sri Lanka. Le miconia est actuellement devenu l'un des exemples les plus célèbres d'invasion biologique dans les îles tropicales.

Ses caractéristiques bio-écologiques en font un redoutable compétiteur pour la flore indigène et endémique : vitesse de croissance rapide (0,5 à 1,5 m par an), âge de reproduction précoce (après 4 à 5 ans), système de reproduction efficace (auto-fécondation des fleurs hermaphrodites), production prolifique de graines (3 saisons de reproduction par an et plusieurs millions de graines produites pour un seul arbre reproducteur), mode de dissémination des fruits performant (petites baies consommées et disséminées par les oiseaux endémiques et introduits) et sur de longues distances, capacités de germination fortes (jusqu'à 90 %), taille et longévité de la banque de graines dans le sol exceptionnelle (10 000 à 50 000 graines par m² de sol et dormance dépassant 16 ans). La tolérance de ses plantules à l'obscurité du sous-bois

lui a permis de pénétrer dans des forêts naturelles intactes, sans forcément nécessiter une perturbation comme un chablis ou une trouée. La structure et la composition en espèces simplifiées dans les forêts insulaires de Polynésie française et de Hawaïi par rapport aux forêts tropicales continentales, associées à une plus faible hauteur de la canopée (entre 8 et 15 m au maximum), ont également été des facteurs importants ayant facilité le processus d'invasion. Enfin, les cyclones ont probablement facilité l'expansion du miconia en ouvrant la canopée, notamment dans les forêts tropicales d'Australie.



Inflorescence de miconia.

© JY. Meyer

Infrutescence de miconia.

© JY. Meyer



Culture du champignon pathogène en laboratoire à l'Institut Malardé à Tahiti.

© JY. Meyer

Stratégie et méthodes de lutte

La stratégie de lutte contre le miconia est l'éradication dans les îles les moins envahies (cas de Nuku Hiva et Fatu Hiva aux Marquises, de Oahu et Kauai aux îles Hawaii, de la Province Sud en Nouvelle-Calédonie, et dans le Queensland en Australie), et le contrôle ou confinement dans les îles plus envahies (cas de Raiatea dans l'archipel de la Société, Maui aux îles Hawaii), avec comme priorité l'élimination des arbres reproducteurs capable de produire des millions de graines par an. Les méthodes classiquement utilisées sont la lutte manuelle et chimique par arrachage des plantules et jeunes plants, coupe des arbres et traitement des souches avec un herbicide (à

base de glyphosate ou de triclopyr) dans les zones les moins infestées, et la lutte biologique par l'introduction d'un champignon pathogène (*Colletotrichum gloeosporioides forma specialis miconiae* ou Cgm), hautement spécifique du miconia, dans les zones les plus envahies. Le Cgm, découvert au Brésil, a été introduit aux îles Hawaii en 1997 et à Tahiti en 2000 suite à des tests d'efficacité et de spécificité à l'hôte conduits en laboratoire en collaboration avec le Hawaii Department of Agriculture et l'Institut Louis-Malardé. Ce champignon imparfait cause une maladie foliaire (appelée anthracnose) qui se manifeste par des lésions (« tâches ») sur les feuilles et parfois un pourrissement des tiges conduisant à la mort des plantules (plus de 70 % de mortalité au laboratoire).

Dégâts foliaires causés par le champignon pathogène Cgm sur une feuille de miconia.

© Ravahere Taputuarai





Le revers pourpre du miconia en faisait une jolie plante ornementale... avant de devenir un envahisseur redoutable.

© F. Charleux

Quel futur pour les forêts polynésiennes ?

Des campagnes de lutte manuelle organisées à Raiatea entre 1992 et 2008 par le Service du développement rural, la Direction de l'environnement et la Délégation à la recherche, et avec l'aide des Forces armées, des scolaires de l'île et d'associations locales, ont permis de freiner l'extension du miconia sur l'île de Raiatea, mais l'arrêt des opérations pour des raisons financières, associées à une baisse de la motivation des participants, est devenu problématique pour le futur. Le suivi scientifique de l'effet de la lutte

biologique effectué par la Délégation à la recherche dans des placettes permanentes en forêts d'altitude envahies par le miconia à Tahiti a montré une régénération des plantes indigènes et endémiques en sous-bois, notamment de certaines espèces auparavant considérées comme menacées de disparition (comme les arbrisseaux *Ophiorrhiza* spp., les arbustes *Psychotria* spp. ou le petit arbre *Myrsine longifolia*). Cependant l'agent pathogène de lutte biologique est peu efficace à basse altitude où la ré-invasion par d'autres plantes envahissantes est parfois observée. Il existe en effet de nombreuses autres espèces végétales invasives dans les forêts tropicales de la Polynésie fran-

çaise : des arbres comme le tulipier du Gabon (*Spathodea campanulata*, Bignoniaceae), le goyavier-fraise (*Psidium cattleianum*, Myrtacées), le falcata (*Albizia moluccana*, Légumineuses), des arbustes comme le lantana (*Lantana camara*, Verbénacées) ou le framboisier (*Rubus rosifolius*, Rosacées), des herbacées comme le mélinis (*Melinis minutiflora*, Poacées) ou des lianes comme *Mikania scandens* (Astéracées) ou *Passiflora maliformis* (Passifloracées) qui doivent faire l'objet de programmes de gestion active, en particulier lors de projets de restauration d'habitats naturels dégradés ou perturbés.



Myrsine longifolia, petit arbre endémique de Tahiti, présente une meilleure régénération après la lutte biologique contre le miconia.

© JY. Meyer



Association locale de l'île de Raiatea ayant participé aux campagnes d'arrachage du miconia.

© JY. Meyer

Conclusions

Si l'invasion du miconia a été catastrophique pour la biodiversité terrestre de la Polynésie française, elle a également permis une prise de conscience des autorités et des populations locales sur les dangers que peuvent représenter les espèces introduites (dites « exotiques ») pour l'environnement. Dès les années 1990, des campagnes de sensibilisation et des programmes d'éducation ont été menés et une réglementation spécifique sur les espèces envahissantes a été élaborée (Délibération sur la protection de la nature votée en 1996, Comité interministériel de lutte contre les espèces enva-

hissantes créé en 1998, liste de 35 plantes menaçant la biodiversité établie en 2006), une première pour l'ensemble des collectivités françaises d'Outre-mer. Outre le renforcement du système de biosécurité aux frontières, les études menées sur le miconia en Polynésie française ont également permis d'inspirer le développement de stratégies et plans d'action dans d'autres îles du Pacifique, tout en renforçant une collaboration régionale et internationale entre chercheurs et gestionnaires.



Équipe de lutte contre le miconia sur l'île de Nuku Hiva aux Marquises.

© JY. Meyer

Lexique

B

Biosécurité

Système ou mesures de protection des frontières contre l'introduction d'espèces potentiellement envahissantes dans les écosystèmes naturels ou nuisibles pour les cultures.

C

Canopée

Partie supérieure de la couronne des arbres, et plus généralement la limite supérieure de la couverture forestière.

E

Écosystème

Système biologique complexe formé par un environnement physico-chimique (« biotope ») associé à l'ensemble des organismes vivants (« biocénose ») et de toutes leurs interactions.

Endémique

Espèce propre à une région géographique donnée, d'aire souvent restreinte (cas des endémiques insulaires propres à une seule île, voire des espèces endémiques à un pic montagneux ou à un plateau).

I

Indigène

Espèce occupant naturellement une région, non introduite par l'homme (appelée également « autochtone »).

Invasion biologique

Phénomène d'expansion d'une espèce (animale, végétale ou microbienne) introduite volontairement ou accidentellement par l'homme dans une région où elle n'existait pas, et ayant des conséquences écologiques, socio-économiques ou sur la santé humaine.

L

Lutte biologique

Méthode de lutte utilisée contre les espèces envahissantes ou les ravageurs des cultures consistant à introduire des prédateurs, parasites ou pathogènes spécifiques (appelés « ennemis naturels ») afin de réduire durablement leurs effectifs.

P

Pathogène

Organisme (en général un champignon, un parasite ou un virus) qui provoque une maladie chez les végétaux se traduisant par des symptômes de dépérissement, pourrissement ou nécrose pouvant causer la mort de la plante.

Perturbation

Modification ou dégradation de l'environnement pouvant être d'origine naturelle (cyclones, glissements de terrain) ou anthropique, c'est-à-dire causée par les activités humaines directes (déforestation, feux, pollutions...) ou indirectes (introduction d'espèces, réchauffement climatique...).

Remerciements

Pour leur collaboration ou participation active aux programmes de recherche et de lutte contre le miconia durant les 20 dernières années, je remercie le Gouvernement (ex-Territoire) de la Polynésie française, l'université de Montpellier-II, l'IRD (ex-Orstom) et son centre de Tahiti, le Cefe-CNRS de Montpellier, l'University of Hawaii et le Hawaii Department of Agriculture, l'Institut Louis-Malardé, le Service du développement rural, la Direction de l'environnement (ex-Délégation à l'environnement) et la Délégation à la recherche de la Polynésie française, notamment ses déléguées successives, Simone Grand, Isabelle « Bella » Perez, et Priscille « Tea » Frogier pour leur soutien moral et financier, sans oublier tous les étudiants et chercheurs ayant contribué à l'acquisition des connaissances sur le miconia en Polynésie française. Cet article est dédié au Dr. Lloyd L. Loope (retraité de l'USGS, Haleakala National Park, Maui, Hawaii) pour son implication dans la lutte contre les espèces envahissantes dans les îles du Pacifique, plus particulièrement du miconia aux îles Hawaii.

Mauruuru roa, mahalo nui loa

Bibliographie

Ouvrages et revues

- Killgore, E. and J.-Y. Meyer. 2005. Biological control of miconia in Hawaii and French Polynesia with a fungal pathogen. Proceedings of the 2005 Meeting of the Weed Science Society of America, Honolulu : 90.
- Le Roux, J. L., Wicczorek, A. M. and Meyer, J.-Y. 2008. Genetic structure of the invasive tree *Miconia calvenscens* in Pacific Islands. *Diversity and Distributions* 14(6) : 935-948.
- Loope, L. L., Meyer, J.-Y., Hardesty, B. D. and Smith, C. W. (eds.) Proceedings of the International Miconia Conference, Keanae, Maui, Hawaii, May 4-7, 2009. Maui Invasive Species Committee and Pacific Cooperative Studies Unit, University of Hawaii at Manoa.
- Meyer, J.-Y. 1994. Mécanismes d'invasion de *Miconia calvenscens* DC. En Polynésie française. Thèse de doctorat, Université Montpellier II Sciences et technique du Languedoc, Montpellier.
- Meyer, J.-Y. 1996. Status of *Miconia calvenscens* (Melastomataceae), a dominant invasive tree in the Society Islands (French Polynesia). *Pacific Science* 50(1) : 66-76.
- Meyer, J.-Y. 1998. Observations on the reproductive biology of *Miconia calvenscens* DC (Melastomataceae), an alien invasive tree in the island of Tahiti (South Pacific Ocean). *Biotropica* 30(4) : 609-624.
- Meyer, J.-Y. and Florence, J. 1996. Tahiti's native flora endangered by the invasion of *Miconia calvenscens* DC. (Melastomataceae). *Journal of Biogeography* 23 : 775-781.
- Meyer, J.-Y. and Malet, J.-P. 1997. Study and management of the alien invasive tree *Miconia calvenscens* DC. (Melastomataceae) in the islands of Raiatea and Tahaa (Society Islands, French Polynesia) : 1992-1996. University of Hawaii Coop. Nat. Park Res. Studies Unit Technical Report 111, Honolulu.
- Meyer, J.-Y. and Smith, C. W. (eds.) 1998. Proceedings of the First Regional Conference on Miconia Control, August, 26-29, 1997, Papeete, Tahiti. Gouvernement de Polynésie française, University of Hawaii at Manoa, Centre Orstom de Tahiti.
- Meyer, J.-Y. and Fourdrigniez, M. 2011. Conservation benefits of biological control : the recovery of a threatened endemic plant subsequent to the introduction of a pathogen agent to control a dominant invasive tree on the island of Tahiti (South Pacific). *Biological Conservation* 144(1) : 106-113.
- Meyer, J.-Y., Fourdrigniez, M. and Taputuarai, R. 2012. Restoring habitat for native and endemic plants through the introduction of a fungal pathogen to control the alien invasive tree *Miconia calvenscens* in the island of Tahiti. *Bio-Control* 57(2) : 191-198.
- Meyer, J.-Y., Florence, J. and Tchung, V. 2003. Les *Psychotria* spp. (Rubiaceae) endémiques de Tahiti (Polynésie française) menacés par l'invasion de *Miconia calvenscens* (Melastomataceae) : statut, répartition, écologie, phénologie et protection. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)* 58 : 161-185.
- Meyer, J.-Y., Duploux A. and Taputuarai, R. 2007. Dynamique des populations de l'arbre endémique *Myrsine longifolia* (Myrsinacées) dans les forêts de Tahiti (Polynésie française) envahies par *Miconia calvenscens* (Melastomataceae) après introduction d'un champignon pathogène de lutte biologique : premières investigations. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 62 : 17-33.
- Murphy, H. T., Hardesty, B. D., Fletcher, C. S., Metcalfe, D. J., Westcott, D. A. and Brooks, S. J. 2008. Predicting dispersal and recruitment of *Miconia calvenscens* (Melastomataceae) in Australian tropical rainforests. *Biological Invasions* 10 : 925-936.
- Pouteau, R., Meyer, J.-Y. and Stoll, B. 2011. A SVM-based model for predicting distribution of the invasive tree *Miconia calvenscens* in tropical rainforests. *Ecological Modelling* 222 : 2631-2641.
- Spotswood, E., Meyer, J.-Y. and Bartolome, J. 2012. An invasive tree alters the structure of seed dispersal networks between birds and plants on islands. *Journal of Biogeography* 39(11) : 2007-2020.



La médecine traditionnelle au secours des intoxications humaines



Pêche du jour dans un parc à poissons de Tikehau. Une trentaine de poissons a été prélevée en vue de vérifier l'absence de ciguatoxines. © M. Roué

Par **Dominique Laurent**, chargé de recherche, UMR 152 (PHARMA-DEV) ;
 et **Fanny Rossi**, doctorante – IRD/UPF Tahiti
 dominique.laurent@ird.fr

La recherche sur les biotoxines marines et l'étude de l'efficacité des remèdes traditionnels pour traiter la ciguatera à l'Orstom/IRD a débuté il y a une vingtaine d'années en Nouvelle-Calédonie et a été transférée début 2010 en Polynésie française. L'équipe de l'IRD s'est étroitement associée au Laboratoire des microalgues toxiques de l'Institut Louis-Malardé (ILM) pour former le pôle des biotoxines marines au sein du Centre polynésien de recherche et de la valorisation de la biodiversité insulaire (CPRBI) à Arue.

Résumé

La recherche sur les biotoxines marines et l'étude de l'efficacité des remèdes traditionnels pour traiter la ciguatera à l'Orstom/IRD a débuté il y a une vingtaine d'années en Nouvelle-Calédonie et a été transférée début 2010 en Polynésie française. L'équipe de l'IRD s'est étroitement associée au Laboratoire des microalgues toxiques de l'Institut Louis-Malardé (ILM) pour former le pôle des biotoxines marines au sein du Centre polynésien de recherche et de la valorisation de la biodiversité insulaire (CPRBI) à Arue.

Deux aspects sont développés au sein de ce pôle :

- un aspect environnemental avec l'identification des micro-organismes producteurs de toxines et l'évaluation des risques sanitaires qu'entraînent leurs efflorescences pour les populations du Pacifique

- un aspect sanitaire avec la valorisation d'un remède traditionnel à base de feuilles de « tahinu » ou « faux tabac » pour lutter contre les symptômes de la ciguatera.

Tumu parau

I te pū ORSTOM/IRD no te fenua Taratoni, a 20 matahiti i teie nei i haamatahia ai te māimīraa i niā i te mau taēro no roto māi i te mau mea oraora o te moana e i niā i te mau rāau māōhi e ravehia i te tau tahito no te rapaau i te māi ciguatēra. I te ōmuaraa o te matahiti 2010, ua haamauhia teie mau māimīraa i Porinetia farāni. Ua āpiti te pupu o te IRD i te pupu Laboratoire des Microalgues Toxiques o te Institut Louis Malardé no te haamaui i te hoē pū māimīraa ò tē tītorotoro nei i te mau tāēro no roto māi i te mau mea oraora o te moana, ò ia hoī te Centre Polynésie de Recherche et de valorisation de la Biodiversité insulaire (CPRBI) i Arue. E piti huru tumu parau tē faahōhonuhia nei e teie pū māimīraa :

- I te pae o te arutaimareva, ò ia te faāteraa i te mau mea oraora naināi roa tē faatupu nei i te mau taēro e te tītorotororaa i te mau māi tā rāou e faatupu i te mau nūnaa no Patifita.

- i te pae o te ea, te haafaufaaraa ia i te tahi rāau māōhi hāmanihia e te rau tāhinu no te āro i te mau īno ta te māi ciguatēra e faatupu i roto i te tino



En haut : photo sous-marine d'un tapis de cyanobactéries marines observé à Raivavae. © D. Laurent

Photos suivantes : la même cyanobactérie, *Oscillatoria bonnemaisonnii*, observée au microscope optique (la barre d'échelle représente 50 µm).

Les intoxications humaines par produits de la mer dans le Pacifique

De nombreuses populations à travers le monde dépendent de l'environnement marin, tant d'un point de vue économique que nutritionnel. Les produits de la mer constituent souvent la ressource nutritionnelle de base des populations de la région Pacifique. Or, depuis plusieurs années, on assiste à une augmentation des cas d'intoxications liés à la consommation de produits marins, poissons ou mollusques. Ce phénomène est provoqué par des biotoxines marines produites par des microalgues ou des cyanobactéries qui ont contaminé des poissons ou mollusques. Outre leurs effets délétères sur la santé humaine, ces efflorescences de microalgues ou de cyanobactéries peuvent également avoir des conséquences néfastes sur la faune marine environnante et, plus largement, sur la biodiversité lagunaire.

La Polynésie française, qui est particulièrement sensible aux conséquences de ces efflorescences toxiques, a encore connu récemment de graves épisodes d'intoxications, de type ciguatériques, comme à Rapa (îles Australes). En outre, un autre type d'intoxication lié à la consommation de bénitiers a été observé à Raivavae

(îles Australes), à l'image de ce qui s'est produit dans d'autres régions du Pacifique Sud (Nouvelle-Calédonie et Vanuatu).

Enfin, récemment, d'autres cas d'intoxication atypiques, et non expliqués, nous ont été signalés lors de la consommation de poissons des Tuamotu. Les symptômes étaient plutôt d'ordre psychique : mal-être, angoisse, panique, accompagnées de troubles de l'accommodation visuelle et d'intolérance à tout repas protéiné. Toutes ces intoxications présentent une origine commune : l'efflorescence de microalgues ou de cyanobactéries qui sont potentiellement toxiques et transmettent à des produits de la mer, poissons ou mollusques, des toxines qui vont ensuite contaminer l'homme.

Ces phénomènes d'intoxication entraînent de la part des populations concernées des modifications dans leurs comportements alimentaires. La Polynésie française est déjà engagée dans une transition alimentaire profonde, qui consiste à délaisser les produits locaux pour les produits importés de faible valeur nutritive. Celle-ci s'observe entre les générations (les jeunes étant plus touchés que leurs parents), mais aussi dans une moindre mesure entre les archipels (les plus isolés étant les moins touchés). Cette transition alimentaire a déjà eu des

répercussions sanitaires (obésité, tension artérielle, diabète) visibles. Les efflorescences toxiques viennent amplifier ce phénomène. Par peur du risque d'intoxication, la population restreint sa consommation de poisson lagunaire, pourtant très riche en nutriments, en modifiant complètement ses sources de protéines et de graisse (poulet, porc, etc.), voire en déplaçant sa consommation vers celle de grands poissons pélagiques comme le thon, moins nutritifs et surtout, pour certains, contaminés par le mercure. Malgré leur recrudescence et l'impact qu'elles ont sur les populations humaines, ces efflorescences toxiques ont rarement été étudiées dans le détail.

Les études environnementales

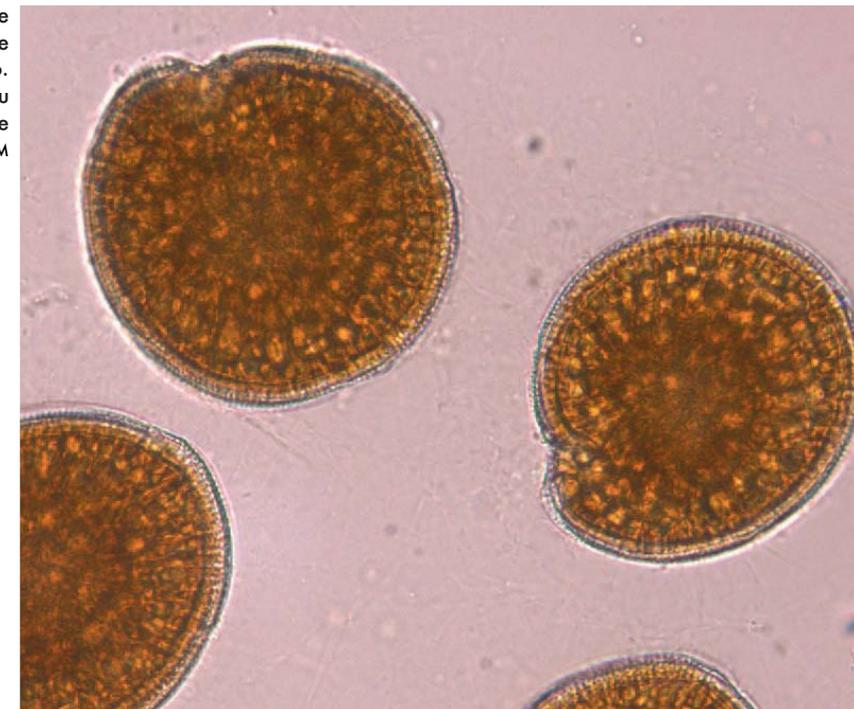
Les objectifs de l'équipe de l'IRD, en association avec celles de l'ILM et de l'université de Polynésie française (UPF) sont donc de parvenir à :

- identifier les micro-organismes marins toxiques ;
- déterminer la cause de leurs efflorescences ;
- connaître le mode de transmission des toxines dans la chaîne alimentaire ;
- évaluer les risques sanitaires qu'elles entraînent pour les populations du Pacifique.



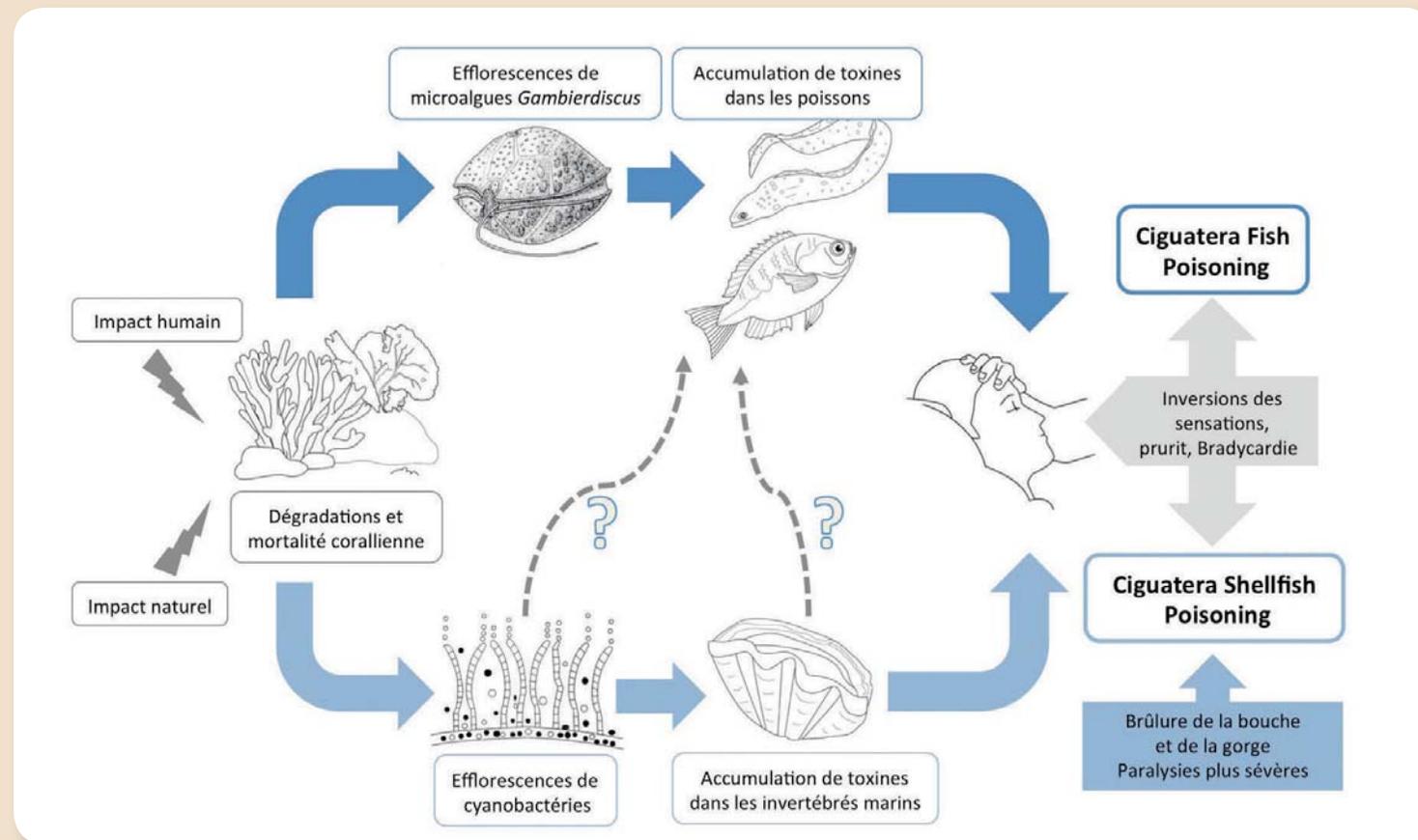
L'implication des microalgues de type dinoflagellés, en particulier du genre *Gambierdiscus*, est connue dans le phénomène de la ciguatera (voir encadré). Lors d'études écotoxicologiques en Nouvelle-Calédonie, au Vanuatu et en Polynésie française, un lien entre des intoxications humaines de type ciguatera et la présence de cyanobactéries a été mis en évidence par le pôle des biotoxines marines.

La microalgue ciguatérigène *Gambierdiscus* sp. observée au microscope optique
© ILM



Qu'est-ce que la ciguatera ?

Dans les régions intertropicales, la ciguatera (Ciguatera Fish Poisoning) est l'intoxication humaine la plus représentée mondialement (50 à 100 000 cas par an). Consécutives à l'ingestion de poissons coralliens tropicaux contaminés par des neurotoxines, elle est à elle seule responsable de plus de cas d'intoxications humaines que toutes les autres toxines marines combinées. Outre son importance en santé humaine (symptômes digestifs, neurologiques et cardiovasculaires), la ciguatera a un impact économique considérable (quoique insuffisamment évalué) par le manque à gagner qu'elle occasionne en contrariant la mise sur le marché de poissons à risque de ciguatera et par les arrêts maladie qu'elle entraîne. L'agent causal est une algue unicellulaire, dinoflagellé benthique du genre *Gambierdiscus*, ingérée par les poissons herbivores lorsqu'ils broutent les algues macrophytes qui lui servent de support. Par bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire, les neurotoxines (ciguatoxines) initialement produites par la microalgue vont se concentrer dans les poissons pour atteindre des taux susceptibles d'intoxiquer les consommateurs. L'environnement a une importance considérable dans les flambées ciguatériques. Les dinoflagellés du genre *Gambierdiscus* sont des espèces peu mobiles



qui se développent dans la plupart des écosystèmes récifaux. En général, dans un environnement riche en coraux vivants, leur densité est réduite et la faible masse de microalgues ingérée par les poissons brouteurs et herbivores ne porte pas à conséquence et n'influe pas sur la toxicité des poissons carnivores. En revanche, en cas de formation de grandes surfaces de coraux morts, des gazons mixtes (algues filamenteuses et calcaires,

algues unicellulaires, macroalgues) s'installeront et deviendront des supports privilégiés pour les microalgues. Toute perturbation entraînant la formation de substrats vierges risque de provoquer une prolifération en masse des *Gambierdiscus* spp. et donc une flambée ciguatérique. Ces perturbations peuvent être naturelles (tsunamis, cyclones, séismes, volcanisme sous-marin, blanchiment des coraux, ...), ou artificielles (agressions par

l'homme, ancrage, aménagement du territoire, construction de digues ou de wharfs, creusement de chenal...).



Pour confirmer cette hypothèse, nous avons mis en place un projet de recherche, Aristocya (Analyse de risques toxiques liés au développement de cyanobactéries marines benthiques en zone tropicale), financé par l'Agence nationale de la recherche (CES2008) et regroupant 7 institutions de recherche françaises.

L'objectif principal d'Aristocya est d'estimer l'importance du risque potentiel pour la santé humaine représenté par les cyanobactéries marines benthiques en répondant aux questions suivantes :

- Où et pourquoi se développent-elles ?
- Quelles sont les espèces potentiellement toxiques ?
- Quelles sont les toxines produites ?
- Comment l'homme peut-il s'intoxiquer ?

Les réponses à ces questions devraient permettre de mieux informer les décideurs pour qu'ils développent des stratégies de protection destinées à réduire les risques à la fois pour l'homme et son environnement.

Prélèvements de poissons pour la recherche des ciguatoxines
© M. Roué



Ainsi, la confirmation de la production de toxines par les cyanobactéries marines et de l'incidence de l'impact anthropique dans leur prolifération et du transfert de leurs toxines à travers une nouvelle chaîne alimentaire via les bénéitiers nous permettra d'informer :

- les décideurs du risque qui est engendré par certaines constructions,
- les services de santé au sujet des intoxications ciguatériques par les bénéitiers,
- les services des pêches et de l'aquaculture de la nécessité de surveiller les efflorescences de cyanobactéries,
- la population des îles des risques engendrés par la destruction de leur environnement marin qui peut conduire à la perte de leurs ressources nutritionnelles marines.

En tout état de cause, la gestion du risque ciguatérique, basée depuis plus de trente ans sur la seule présence des dinoflagellés *Gambierdiscus*, devra alors tenir compte des cyanobactéries marines.

La recherche d'un traitement

Mais est-il possible de soigner efficacement la ciguatera ?

La médecine occidentale ne propose que des traitements symptomatiques pour traiter les atteintes digestives, calmer les démangeaisons ou, en cas de sévères intoxications, éliminer les manifestations cardiovasculaires.

En revanche, la médecine traditionnelle est très riche avec plus d'une centaine de plantes utilisées dans la préparation des remèdes dans le Pacifique Sud. Depuis une vingtaine d'années, nous cherchons à évaluer l'efficacité réelle de ces remèdes en utilisant différents tests biologiques (tests sur souris, sur organes isolés, sur cellules en culture). L'objectif est de fournir à la population du Pacifique un remède anti-ciguatérique sous une forme simple, produit à grande échelle (sachet de thé ou gélule dosée en principe actif par exemple). Ce traitement pourrait être pris très rapidement à la suite de la consom-

mation d'un poisson douteux ou dès l'apparition des premiers symptômes de la ciguatera (brûlures de la bouche ou de la gorge dans certains cas, nausées et vomissements pour d'autres). Les travaux actuellement menés en collaboration avec l'ILM, l'UPF et une entreprise locale, Pacific Biotech, se focalisent sur un remède traditionnel réalisé à partir des feuilles jaunies d'*Heliotropium foertherianum* (faux tabac ou tahinu) et sur son principe actif, l'acide rosmarinique. Le *tahinu* se trouve en bord de mer et est très répandu dans l'archipel des Tuamotu. La composition chimique du remède traditionnel est en cours d'étude. L'étape suivante sera le développement de ce remède à l'échelle industrielle.



D'après les remèdes traditionnels, les feuilles de tahinu (*Heliotropium foertherianum*) sont préparées en décoction pour traiter la ciguatera

© D. Laurent



Prélèvements de bécotiers à Raivavae
© A. Ung

Lexique

B

Biotoxines marines

Substances toxiques dérivées d'organismes marins.

C

Chaîne alimentaire

Suite d'êtres vivants dans laquelle chacun mange celui qui le précède.

Cyanobactéries

Bactéries aquatiques capables de faire la photosynthèse, c'est-à-dire de produire de l'oxygène.

D

Dinoflagellés

Microalgues aquatiques vivant dans le milieu marin.

E

Efflorescences

Augmentation rapide de la quantité de microalgues dans un milieu.

I

Impact anthropique

Impact sur l'environnement résultant de l'activité humaine.

M

Microalgues

Algues microscopiques, invisibles à l'œil nu.

R

Remède traditionnel

Utilisé pour prévenir ou combattre une maladie d'après les savoirs traditionnels.

Bibliographie

Ouvrages et revues

Laurent D, Yeeting B, Labrosse P, Gaudichoux JP. (2005) Ciguatera : un guide pratique. Secrétariat de la Communauté du Pacifique et Institut de Recherche pour le Développement, Nouvelle-Calédonie, Nouméa, 88p.

Laurent D, Kerbrat AS, Darius HT, Girard E, Golubic S, Benoit E, Sauviat MP, Chinain M, Molgo J, Pauillac S. (2008) Are cyanobacteria involved in ciguatera fish poisoning outbreaks in New-Caledonia? *Harmful algae*, 7, 827-838.

Chinain M, Darius HT, Ung A, Tchou Fouc M, Revel T, Cruchet P, Pauillac S, Laurent D. (2010) Ciguatera Risk Management in French Polynesia : the case study of Raivavae Island (Australes Archipelago). *Toxicon*, 56, 674-690.

Laurent D, Kerbrat AS, Darius HT, Rossi F, Yeeting B, Haddad M, Golubic S, Pauillac S, Chinain M. (2012) Ciguatera Shellfish Poisoning, a new ecotoxicological phenomenon from cyanobacteria to human via giant clams. In : *Food Chain : New Research*, Jensen M.A. & Muller D.W (Eds.), Nova Publishers, Chapter I, 1-44.

Laurent D, Bourdy G, Amade P, Cabailion P, Bourret D, Cabailion P. (1993) La gratte ou ciguatera. Ses remèdes traditionnels dans le Pacifique Sud, Orstom/IRD, 150 p.

Kumar-Roiné S, Darius HT, Matsui M, Fabre N, Haddad M, Chinain M, Pauillac S, Laurent D. (2011) A review of traditional remedies of Ciguatera Fish Poisoning in the Pacific. *Phytotherapy Research*, 25(7), 947-958.

Rossi F, Jullian V, Pawlowicz R, Kumar-Roiné S, Haddad M, Darius HT, Gaertner-Mazouni N, Chinain M, Laurent D. (2012) Protective effect of *Heliotropium foertherianum* (Boraginaceae) folk remedy and its active compound, rosmarinic acid, against a Pacific ciguatoxin. *Journal of Ethnopharmacology*, 143, 33-40.

Echantillonnage de bénitiers
© M. Roué



Remerciements

Nous tenons à remercier l'Arvam, l'Ifremer, l'Institut Pasteur, le CNRS et l'université Paul Sabatier pour leur collaboration dans le cadre du projet Aristocya.

Nos remerciements vont aussi à toutes les populations des îles du Pacifique (Nouvelle-Calédonie, Vanuatu, Polynésie française) qui nous ont toujours accueillis à bras ouvert et qui nous ont transmis une part de leurs savoirs. Cette coopération a largement contribué à la réussite de nos recherches.



L'offensive de la recherche face aux insectes vecteurs et nuisibles

Par Jérôme Marie, ingénieur de recherche en entomologie médicale
Laboratoire d'entomologie médicale, Institut Louis-Malardé
jmarie@ilm.pf

En 1969, l'Institut Louis-Malardé et l'IRD ont créé par le biais de conventions un laboratoire d'entomologie médicale à Paea. L'insectarium de Paea est devenu le laboratoire le plus spécialisé dans le développement de stratégies de lutte contre les insectes vecteurs et nuisibles de la région Pacifique Sud. Deux espèces de moustiques représentent un risque sanitaire important pour l'homme, en étant vectrices de la dengue ou de la filariose, et sont au cœur de toutes les attentions. L'impact de 3 espèces de nonos sur la population, le tourisme et l'économie locale suscite également l'intérêt des chercheurs.

Résumé

Le Laboratoire d'entomologie médicale (LEM) voit le jour en 1969 grâce à une collaboration étroite entre l'IRD et l'ILM. Ses 40 années de recherche ont permis de comprendre les modes de transmission de la dengue et de la filariose et d'élaborer des stratégies de lutte contre les moustiques et les nonos. Des essais thérapeutiques ont été réalisés mais pour l'instant aucun traitement n'est totalement efficace contre ces deux maladies. La lutte anti-vectorielle doit donc être développée. Des méthodes chimiques, biologiques, physiques ont déjà été testées et certains résultats sont encourageants, mais il reste encore bien des voies à explorer. Depuis quelques années, l'évolution en génie biologique et génétique à travers le monde laisse entrevoir de nouvelles perspectives, d'ores et déjà à l'étude au LEM et sur des sites pilotes.

Tumu parau

Na roto i te rave-âmui-raa ôhipa i rotopū i te mau tahuà ihī no te IRD e te ILM, i haamauhia ai te pū Laboratoire d'Entomologie Médicale (LEM) i te matahiti 1969. Na te mau māimīraa i ravehia a 40 matahiti i teie nei i māramarama ai tātou na hea te taata e māihia ai i te māimōa (dengue) e i te māi fēfē, e ua ferurīhia te mau rāvēa e tano no te tinai i te naonao e i te nono. Ua tāmatahia te tahi mau rapaūraa, aita ā rā i manuia pāpū roa no te ārai i nā māi e piti. No reira, e tiā ia haapūai faahou ā i te tinairaa i te mau manumanu e uta ra i teie nā māi. Ua tāmatahia te mau rāvēa e rave rau, e e mea faahiahia te tahi mau nūmera i noaa mai. Ia faaitoitō ā i te tītorotorōraa i te tahi mau rāvēa tinai āpī. Tau matahiti i teie nei, auāe maoti te nuuraa o te māimīraa ihiora na te ara, e matara mai ai te mau āvēi āpī ò tē hiōpōa-aēna-hia e te pū LEM e i te tahi mau vāhi i faataahia no teie māimīraa.

Le moustique *Aedes polynesiensis*, vecteur primaire de la filariose et secondaire de la dengue.

© J. Marie

La recherche en entomologie médicale a vu le jour dans les années 1940 lorsque Français et Américains étudiaient la transmission de la filariose lymphatique (31,9 % de prévalence d'infection au sein de la population polynésienne). C'est en 1969 que fut créé le Laboratoire d'entomologie médicale par convention liant les chercheurs de l'IRD (ex-Orstom) à l'ILM (ex-ITRMLM). L'insectarium de Paea devient le laboratoire de la région Pacifique spécialisé sur les insectes vecteurs de maladies (*Aedes polynesiensis* filariose ; *Aedes aegypti* / dengue) et sur les insectes de nuisances agricoles, touristiques et donc socio-économiques (nonos).

Les problèmes liés aux insectes vecteurs et nuisibles en Polynésie française

Les insectes hématophages constituent au niveau mondial, et en particulier en milieu tropical, une gêne et un risque sanitaire important pour l'homme. En Polynésie, deux espèces de moustiques à activité diurne (*Aedes aegypti* et *Aedes polynesiensis*) sont responsables respectivement de la dengue et de la filariose, et trois espèces de nonos (*Culicoides belkini*, nono des marécages ; *Leptoconops albiventris*, nono des plages ; *Simulium buissoni*, nono des rivières) constituent une source de nuisance importante dans certains archipels.

- *Aedes Aegypti*, vecteur primaire de la dengue, est une espèce de moustique que l'on retrouve principalement en milieu urbain, les gîtes sont artificiels (récipient plastique, pot de fleurs, etc.).
- *Aedes Polynesiensis*, vecteur primaire de la filariose humaine et vecteur secondaire de la dengue, est présent en zone rurale. Les gîtes sont naturels (creux d'arbres, trous de crabes, noix de coco rongées, etc.). Ces 2 espèces d'*Aedes* peuvent également transmettre d'autres maladies, pour l'instant absentes du territoire, comme le chikungunya.

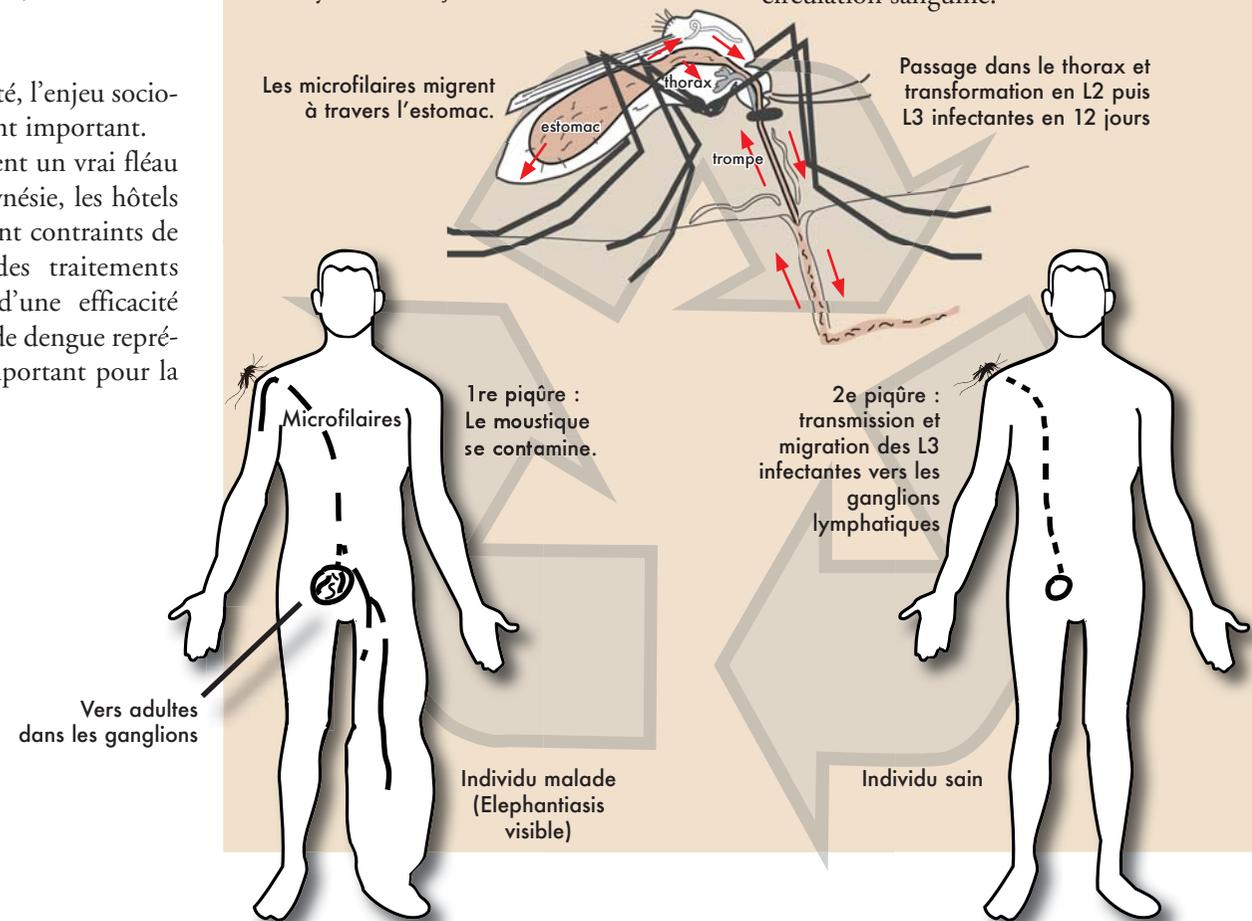
Outre l'impact sur la santé, l'enjeu socio-économique est également important. Les moustiques constituent un vrai fléau pour le tourisme en Polynésie, les hôtels et pensions de famille sont contraints de réaliser régulièrement des traitements chimiques coûteux et d'une efficacité moindre. Les épidémies de dengue représentent aussi un coût important pour la CPS et les employeurs.

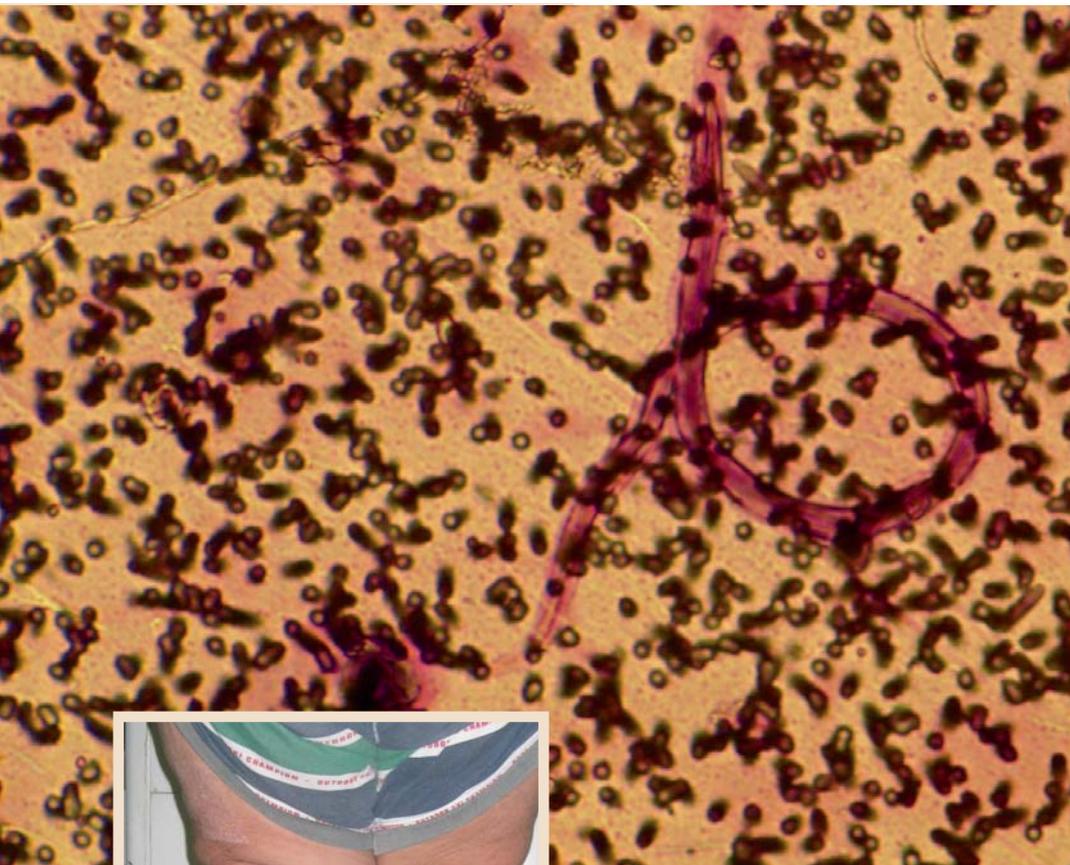
Qu'est ce que la filariose ?

Le parasite de la filariose (*Wuchereria bancrofti*) est un ver filaire qui existe sous 2 formes : la forme commune périodique ou nocturne (Afrique, Amérique du Sud...) et la forme subpériodique ou diurne qui est l'unique forme présente en Polynésie. Ainsi, la transmission de *W. bancrofti* var. *pacifica* est étroitement liée à l'activité du vecteur *A. polynesiensis*. En 1953, la prévalence de porteurs de microfaires était de 31,9 %, tandis qu'aujourd'hui, elle est de l'ordre de 1 % en Polynésie française.

Le cycle de la filariose est composé de 2 hôtes, l'homme et le moustique (cf. schéma).

- Le moustique femelle ingère des microfaires qui vont se développer en larves infectantes L3 au bout de 12 jours.
- Lors d'une piqûre, la larve L3 pénètre dans le corps humain et se transforme en larve L4 puis en adulte reproducteur (logé dans les ganglions) produisant après accouplement des microfaires qui vont migrer dans la circulation sanguine.





Microfilaires dans le sang.



Elephantiasis ou mariri.

© M. Lam Nguyen

La lutte antivectorielle (LAV) pose quelques problèmes de réalisation contre les *Aedes* présents en Polynésie :

- accès difficiles aux gîtes larvaires (trous de tupas, creux d'arbres, derrière les habitations dans des gîtes artificiels, (boîtes plastiques, conserves...)) ;
- développement de résistances vis-à-vis de certains produits insecticides ;
- pollution écologique et environnementale due aux rémanences des pesticides.

Les moustiques ne sont malheureusement pas les seuls insectes qui posent des problèmes en Polynésie française. Les nonos, petits moucheron hémato-phages, représentent un frein important au développement économique et touristique des îles où ils sont présents. Ils ne transmettent pas de maladies, mais constituent de vraies nuisances pour les résidents et touristes : leurs morsures, jusqu'à 10 000/jour/homme, provoquent de fortes démangeaisons.

Les études menées en Polynésie de 1969 à aujourd'hui

Le 26 septembre 1949 est créé le Fare Mariri, l'Institut territorial de recherches médicales Louis-Malardé (ITRMLM) dont la mission principale réside dans l'étude et la prévention de la filariose de Bancroft en Polynésie.

En 1969, une équipe de 4 chercheurs de

l'IRD crée le premier laboratoire d'entomologie médicale (actuel insectarium de l'ILM à Paea) de la région Pacifique Sud dont les axes de recherches principaux sont les suivants :

- inventorier les espèces présentes dans les archipels ;
- identifier et comprendre le mécanisme de transmission des maladies à vecteurs ;
- améliorer la prévention et contribuer à la recherche de nouveaux traitements ;
- étudier l'impact environnemental et socio-économique des insectes nuisibles en Polynésie française ;
- mettre au point de nouvelles stratégies de lutte contre les insectes vecteurs et nuisibles en minimisant l'impact sur l'environnement non cible.

Les premiers objectifs du laboratoire sont de dresser l'inventaire des moustiques présents en Polynésie française sur chacun des archipels, de connaître leur répartition entre les zones rurales et urbaines puis de modéliser les mécanismes de transmission de la filariose.

Dans les années 1970, de fortes épidémies de dengue de type I et II sévissant en Polynésie et dans toute la région Pacifique, les chercheurs de l'IRD mettent en place avec les acteurs locaux de la santé des stratégies de prévention et d'éducation sanitaire au sein de la population.

En 1985, des essais thérapeutiques sur

2 molécules médicamenteuses, l'ivermectine et la notézine, sont réalisés dans le cadre de la prévention et de la lutte contre la filariose.

Également dans les années 1980-85, les chercheurs de l'IRD développent la lutte biologique grâce à des fonds de l'OMS. L'objectif est de réduire le nombre de moustiques vecteurs à l'aide de prédateurs tels que des crustacés, des poissons larvivores et des moustiques papillon.

Une approche toute particulière est menée dans les Tuamotu. Les chercheurs se servent d'un auxiliaire biologique, le crabe tupa (*Cardisoma carnifex*) qui va transporter une toxine de BT (*Bacillus thuringiensis*) dans son terrier afin de réguler la prolifération des larves d'*A. polynesiensis*.

Dans les années 2000, le LEM étudie aussi la lutte chimique avec des tests d'écrans imprégnés contre les moustiques vecteurs de la dengue (contrat d'objectif n°377-99). La technique repose sur la mise en place dans les habitations de tissus colorés imprégnés d'insecticides servant de site de repos pour *Aedes* spp.

En dehors des études menées sur les moustiques, la nuisance des nonos attire également l'attention des chercheurs à partir des années 1980 (financement IRD/ILM/Cordet).

Différentes approches de lutte contre les nonos sont alors mises en œuvre avec le concours des experts de l'IRD :

- un insecticide sans danger pour l'environnement aquatique est utilisé à des doses spécifiques contre le nono des rivières aux Marquises (1989, financement FED) ;
- un muret de 643 m de long sur la plage d'Atuona à Hiva Oa est construit dans le but d'éliminer le gîte des nonos des plages en séparant physiquement l'eau de la rivière et l'eau de la mer (1986 et 1987, financement : Fides État et MRT État) ;
- une approche mécanique est testée contre le nono des marécages reposant sur le développement de pièges à UV (financement : Sofitel Ia ora, Moorea).



Nono de plage.
© J. Marie

Bilan des recherches et perspectives

De 1969 à aujourd'hui, 14 espèces de moustiques et 5 espèces de nonos ont été recensées en PF et le laboratoire maintient une surveillance étroite des espèces de moustiques grâce aux piégeages réguliers sur l'île de Tahiti.

Parmi les stratégies de lutte étudiées contre les moustiques, l'éducation sanitaire a prouvé son efficacité dans la lutte contre la dengue. La destruction des gîtes a permis un contrôle de l'espèce *A. aegypti* dans les 100 maisons qui ont participé à l'étude sur une période de 6 mois.

En revanche, la plupart des techniques de lutte biologique ciblant *A. polynesiensis* n'ont pas apporté les résultats escomptés. A elles seules, elles ne suffisent pas à

contrôler le vecteur. Les causes sont principalement l'inaccessibilité et la diversité des gîtes ainsi que la distance de vol importante des moustiques.

Seules les études menées avec l'utilisation des crabes ont montré des résultats encourageants, mais il reste aujourd'hui à déterminer le candidat insecticide idéal sans danger pour les crabes et l'environnement.

Concernant la lutte par l'utilisation d'écrans imprégnés, elle a permis d'obtenir une diminution significative 1 mois après traitement. Cependant, l'insecticide se dégrade rapidement aux UV et le traitement à grande échelle paraît difficile à mettre en œuvre (surface à traiter, compétition de site de repos avec la végétation avoisinante).

Dans la lutte médicamenteuse contre la filariose, les essais thérapeutiques ont permis de définir les molécules et dosages

Spathe ou bractée, enveloppe d'une vieille inflorescence de cocotier, devenue un gîte idéal pour *Aedes polynesiensis*. © J. Marie



Crabe ou tupa utilisé pour la dispersion du produit dans son trou difficile d'accès. © J. Marie



Stratégie de lutte par écran imprégné d'insecticide devant l'ouverture d'un fare. © J. Marie



Larve de moustique.

© J. Marie



Muret construit aux Marquises pour la lutte contre les nonos des plages.

© J. Marie

à utiliser pour réduire la charge en microfilaires et limiter la transmission de la filariose. Cependant, cette stratégie est insuffisante et il est indispensable de lutter directement contre le vecteur principal de la filariose, *A. polynesiensis*. En effet, contrairement à d'autres vecteurs de filariose dans le monde, des études ont montré que plus la charge parasitaire de l'homme porteur est faible, plus le rendement parasitaire du moustique *A. polynesiensis* est important (phénomène de limitation).

En ce qui concerne les stratégies de lutte contre les nonos, l'approche chimique



Elevages de moustiques mâles.

© J. Marie

contre les nonos des rivières n'a pas donné de résultats probants. Cet échec est principalement lié aux conditions météorologiques (dilution de l'insecticide lors des épisodes cycloniques). La construction physique du muret à Atuona pour lutter contre les nonos des plages a quant à elle été un franc succès avec une éradication totale de l'espèce sur cette plage. Cependant, cette technique (onéreuse) ne peut pas être employée sur tous les sites infestés afin de ne pas détruire la beauté naturelle du paysage polynésien.

L'approche mécanique contre le nono

des marécages a donné également des résultats encourageants. Les études ont montré qu'il y avait 6 fois moins de nuisance après 5 jours de piégeage aux UV. Une lutte intégrée contre les nonos mêlant piégeages et aménagement des sites devrait donc permettre de limiter la nuisance à un niveau acceptable pour les touristes et la population avoisinante. Jusqu'à présent, la prévention (destruction des gîtes, communication auprès de la population...) et le traitement médicamenteux ont montré leurs bienfaits mais aussi leurs limites dans le cadre de la lutte contre la dengue et la filariose



Toxorhynchites amboinensis, appelé moustique papillon à gauche comparé à *Aedes aegypti*. Introduit volontairement en 1976 dans le cadre d'un programme de lutte biologique, les larves du *Toxorhynchites* sont d'excellents prédateurs des larves d'*Aedes* et de *Culex*.

© J. Marie

lymphatique en Polynésie. Il est donc indispensable de poursuivre les recherches dans le domaine de la LAV en explorant de nouvelles stratégies.

Actuellement, des études réalisées dans différents pays semblent prometteuses dans la lutte contre *A. aegypti*. L'utilisation de moustiques mâles OGM dans le but d'obtenir des femelles incapables de voler laisse entrevoir la suppression de cette espèce sur les premiers sites pilotes. Concernant *A. polynesiensis*, une stratégie innovante est actuellement en cours d'étude par le laboratoire d'entomologie médicale. La technique repose sur la sté-

rilisation des femelles par des moustiques mâles biologiquement transformés en laboratoire (porteurs d'une bactérie : *Wolbachia*). Actuellement, cette dernière est testée sur un motu, les premiers résultats semblent encourageants et laissent penser que cette technique pourrait être envisagée à plus grande échelle dans les années à venir.

Stratégie de lâchers de moustiques mâles.

© J. Marie



Lexique

A

Auxiliaire biologique

Organisme utilisé lors de la lutte biologique selon des stratégies de prédation, de transport, de dispersion de produit. (avantage : atteinte d'endroits inaccessibles).

E

Entomologie médicale

Étude des insectes responsables de maladies ou d'impact sanitaire chez l'homme intégrant les axes de recherche suivants : l'identification, la biologie, l'écologie et la lutte antivectorielle.

F

Filariose lymphatique

Maladie tropicale causée par des vers parasites et transmise par les moustiques. L'un des symptômes bien connus de cette pathologie est l'éléphantiasis, épaississement d'un membre, lorsque les parasites envahissent les ganglions lymphatiques.

G

Gîte

Milieu aquatique servant de lieu de ponte pour les moustiques, on parle de gîte larvaire ou d'habitat pour les stades larvaires de moustique.

H

Hôte

Organisme qui héberge un parasite pendant une partie de son développement en lui fournissant les besoins nécessaires à sa survie. L'homme est un hôte primaire de la filariose et le moustique est vecteur et hôte secondaire.

I

Insecte hématophage

Insecte qui a besoin de sang pour se nourrir et survivre (hémato = sang, phage = manger).

Insecte vecteur

Insecte impliqué dans la transmission d'une maladie ; son cycle de vie est adapté à celui du parasite et à celui de l'homme.

Ivermectine

C'est un médicament dérivé des avermectines, expérimenté pour son rôle antihelminthique.

L

Lutte antivectorielle

Moyens de lutte dirigés contre la forme immature ou adulte d'un insecte vecteur afin de limiter la transmission des maladies par l'espèce visée.

M

Microfilaires

1^{er} stade de ver filaire issu du ver adulte femelle dans le corps humain.

N

Notézine

Il s'agit d'un médicament utile à la destruction des microfilaires dans le sang chez l'homme.

P

Parasite

Organisme vivant qui se nourrit, s'abrite, se reproduit en tirant profit d'un autre organisme.

Prévalence

Mesure de l'état de santé d'une population à un moment donné (ex : en 2008, les individus porteurs de microfilaires représentent 1 % de la population de Tahiti).

S

Subpériodique (forme)

Dans le cas de *Wuchereria bancrofti* var. *pacifica*, les microfilaires migrent chaque jour dans les capillaires sanguins de manière à être prélevés par la piqûre de moustiques diurnes. Le parasite n'est donc plus calqué sur un rythme périodique nocturne (chaque nuit), il est subpériodique, incluant 2 petites périodes (aube et crépuscule).

Remerciements

L'Institut Louis-Malardé (ILM) tient à remercier l'Institut de recherche pour le développement (IRD) ainsi que l'ensemble de son personnel pour la création du Laboratoire d'entomologie médicale en 1969 et sa collaboration dans les travaux de recherche durant toutes ces années.

L'ILM tient également à remercier les bailleurs de fonds, institutions publiques ou privées qui ont contribué financièrement aux avancées de la recherche en entomologie médicale.

L'ILM remercie les autorités locales et le personnel de santé pour sa contribution à la mise en place et à la réalisation des programmes de recherches en entomologie médicale durant ces 40 années en Polynésie française.

Enfin, l'ILM adresse ses remerciements à la population pour sa participation et son accueil lors des études réalisées dans l'ensemble des archipels.

Bibliographie

Sites en ligne

Site internet du laboratoire d'entomologie médicale de l'ILM.

www.ilm.pf/LEM

Ouvrages et revues

1970 à 1990

Duval, J., Rivière, F. ; Pichon, G. (1978) Quelques aspects bioécologiques de *Culicoides belkini* (Wirth et Arnaud, 1969) (Diptera : Ceratopogonidae). , Cah Orstom, Ser. Ent. Med. Parasitol., XVI, 4, 273-277

Klein, J.-M., F. Rivière et Y. Séchan. 1983 (1984). Une nouvelle espèce de moustique (Diptera : Culicidae) des îles Marquises (Polynésie Française) : *Culex (Culex) toviensis* n.sp. Description de la larve et de la nymphe. Cah. O.R.S.T.O.M. Ser. Entomol. Med. Parasitol. 21 :71-76.

Laigret J., B. Carme, J.F. Chamouard, P. Delebecque, M.C. Duprat, H. Kaeuffer, M. Merlin, Gaston Pichon, François Rivière, L. Rosen (1975) Lutte contre la dengue à Tahiti en 1975. In : Conférence des services de santé. Nouméa : CPS, 1976, p. 63-94. Conférence des Services de Santé, 7, Port-Vila (VU), 1976/02/09-13

Pichon G. (1974) Étude mathématiques de la réduction parasitaire chez différents vecteurs naturels ou expérimentaux de filarioses. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris 278 (Série D)

Rivière F. de 1974 à 1988 : Ecologie de *Aedes (stegomyia) polynesiensis*, Marks, 1951 et transmission de la filariose de Bancroft en Polynésie. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:26683>

Séchan, Y. , Rivière, F., Klein, J.M. et Roux J. (1986) : Les mouches hématophages causes de nuisances en Polynésie française. Perspectives de lutte. Doc. Ent. Med. Orstom-ITRMLM 20/86 : 18p + annexes.

1990 à 2000

Cartel, J.-L. ; Sechan, Y. ; Spiegel, A. ; Nguyen, N. L. ; Barbazan, P. ; Martin, P. M. V. ; Genelle, B. ; Roux, J. (1991) Cumulative mortality rates in *Aedes polynesiensis* after feeding on polynesian *Wuchereria bancrofti* carriers treated with single doses of ivermectin, diethylcarbamazine and placebo.

Lardeux, F., Rivière, F., Séchan, Y. and Kay, B. H. (1992) Release of *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda) for control of larval *Aedes polynesiensis* (Diptera : Culicidae) in land crab burrows on an Atoll of French Polynesia. , J Med Entomol, 29, 4, 571-576

Séchan Y., Fossati O., Guillet P., Roux J., Martin P. (1993) Projet d'éradication de *Simulium buissoni* aux Marquises : rapport final. Papeete : Orstom ; ITRMLM, 61p.

<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:40496>

2000 à 2013

Sechan Y. (2003) Test d'application de rideaux imprégnés d'insecticides comme moyen focalisé et complémentaire de lutte contre les moustiques vecteurs de dengue. Tahiti (PYF) ; Tahiti : Institut Louis Malardé ; IRD, 2003, 27 p. multigr. + 48 p. (<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010043898>)

Mou, Y. ; Plichart, C ; Legrand, A. M ; Mallet, H. P. ; Cerf, N. ; Nguyen, N. L. (2009) Evaluation de la prévalence de la filariose lymphatique en 2008 en Polynésie française., BEH, 48-19-50, 504-507

Chambers, E. W. ; Hapairai, L. ; Peel, B. A. ; Bossin, H. ; Dobson, S. L. (2011) Male Mating Competitiveness of a *Wolbachia*-Introgressed *Aedes polynesiensis* Strain under Semi-Field Conditions , Plos Negl Trop Dis, 5, 8, e1271

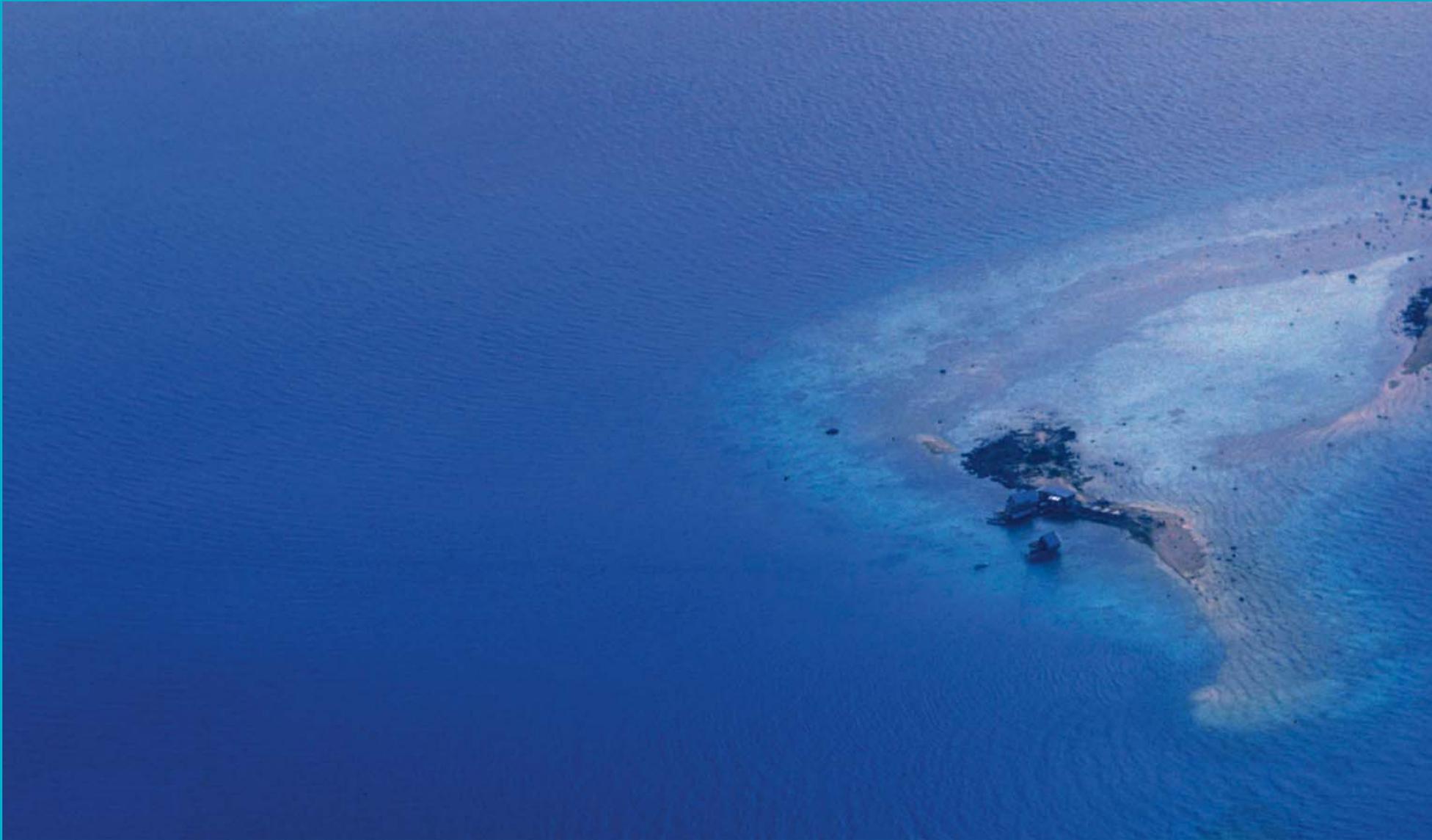
O'connor, L. ; Plichart, C. ; Cheong Sang, A. ; Breslfoard, C. L. ; Bossin, H. C. ; Dobson, S. L. (2012) Open release

of male mosquitoes infected with a *Wolbachia* biopesticide : Field performance and infection containment. , Plos Neg Trop Dis, 6, 11, e1797

Marie J. and H.C. Bossin (2013) First Record of *Wyeomyia (Wyeomyia) mitchellii* (Diptera : Culicidae) in French Polynesia. , J Med Entomol, 50, 1, 37-42

Connaître les milieux marins pour en optimiser les ressources et les techniques de production





Motu dans le lagon de Tikehau. © J. Orempuller

Par Francis Rougerie, directeur de recherche IRD, programme Endo-Upwelling
francis.rougerie0263@orange.fr

Les récifs coralliens qui cernent la plupart des îles hautes polynésiennes et les atolls constituent des oasis de vie au sein d'un océan tropical réputé pour la transparence de ses eaux. Cette transparence étant synonyme de grande pauvreté sur le plan des sels nutritifs et des planctons, la présence de récifs coralliens très productifs au sein d'un désert océanique constituait un évident paradoxe que nous avons tenté de résoudre en analysant les eaux présentes à l'intérieur de ces structures récifales.

Résumé

Les récifs coralliens et les atolls sont des systèmes à forte productivité qui baignent dans un océan tropical très pauvre : ce sont des oasis de vie dans le grand désert bleuté (moana). Des forages sur les récifs-barrières de l'atoll de Tikehau et de Tahiti ont montré que les eaux qui se trouvent à l'intérieur de ces structures calcaires poreuses sont aussi riches en sels nutritifs que les eaux profondes (à partir de 400 mètres de profondeur) autour de ces îles.

On a ainsi déduit, puis démontré que ces eaux océaniques pénètrent à l'intérieur des récifs, remontent vers le haut, et ressortent au niveau des constructions coralliennes.

Celles-ci reçoivent de cette façon un fluide nourricier qui permet le développement des coraux et

des innombrables micro-organismes, bactérioplanctons, algues et invertébrés qui caractérisent la grande biodiversité et la richesse des récifs de corail.

D'autres mystères du monde des atolls peuvent également être résolus en utilisant ce nouveau modèle de fonctionnement : il permet de comprendre pourquoi des atolls peuvent être progressivement noyés et se retrouver en profondeur. On montre également comment le kopara des lagons d'atolls fermés (Niau) peut se transformer en phosphate insoluble (atoll soulevé de Makatea).

Tumu parau

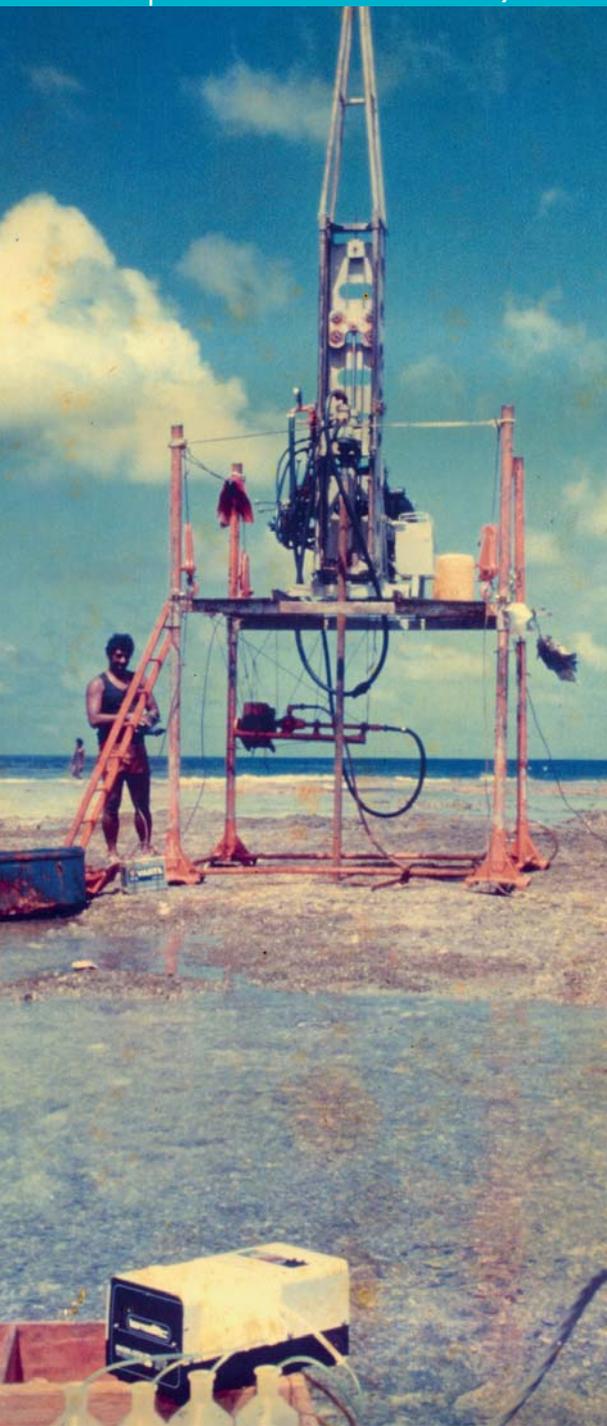
Te mau aau e te mau motu, e mau vāhi i reira e hotu ai te mau i oraora e rave rau, noa atu ē, tē ora nei rātou i roto i te moana ano : e puna ora rātou i roto i teie mete-para nui nīnamu. Ua hou-hohonu-hia te aau no Tikehau e no Tahiti e te feiā māimi, e ua itehia ē, te pape miti no roto mai i te hohonuraa o taua mau aau ra, hoē ā ia fāito faufaa to na i to te pape miti i te hohonuraa e hau atu i te 400 metera e faaāti ra i teie mau fenua.

Ua haamāramaramahia e ua haapāpūhia ē, e tomo mai te pape moana hohonu i roto i te aau, e maraa aē i niā, e e matara mai na niā i te papa. Na taua pape miti faufaa ra e faaāmu i te aau e te mau i e rave rau (mea oraora nāina, remu nāina, etv) e ora nei i niā i teie mau aau.

E haamāramarama atoā teie huru faanahoraa i te tahi atu mau dhīpa huru ē o taua mau aau ra, òia hoī te mure-marū-noa-raa o te aau. E faaite-atoā te reira

hōhoā ē, e mea na hea te kopara no te mau motu ava òre (mai ia Niau) e riro ai ei phosphate tahe òre i te pape (mai to Makatea).





Bilan des recherches et perspectives

De nombreux forages effectués dans les années 1990 sur l'atoll de Tikehau et sur le récif-barrière de Tahiti ont permis de prélever et d'analyser les eaux interstitielles se trouvant à l'intérieur de ces récifs coralliens.

Ces eaux se sont révélées riches en sels nutritifs et en matières organiques dissoutes ; de plus ces teneurs augmentent avec la profondeur, ce qui fait qu'à partir d'une vingtaine de mètres de profondeur, ces eaux sont aussi riches que les eaux océaniques situées à plus de 400 mètres de profondeur autour de ces îles récifales. Il était donc évident qu'un mécanisme interne permettrait aux eaux océaniques profondes de :

1. pénétrer à l'intérieur du socle calcaire poreux et perméable des atolls et récifs barrières ;
2. s'élever à l'intérieur de ceux-ci ;
3. atteindre les parties hautes et productives des couronnes récifales coralliennes ;
4. ressortir dans les zones coralliennes poreuses, cavitaires et fracturées, balayées par les vagues océaniques.

Sève récifale et endo-upwelling

Ce mécanisme a été nommé « endo-upwelling » et permet de résoudre de nombreux paradoxes concernant les récifs coralliens. (cf. schéma 1).

Le moteur qui permet l'ascension des eaux interstitielles est double :

- par convection, grâce au flux géothermique émis par le soubassement basalitique, anciennement volcanique ;
- par surpression-dépression engendrée par le battement des houles océaniques sur les couronnes récifales et la zone des éperons-sillons.

Rappelons qu'un « upwelling » est un processus qui permet la remontée vers la couche de surface éclairée d'eaux océaniques intermédiaires ou profondes. Ces eaux sont plus froides, plus riches en sels nutritifs et matières organiques, avec un pH plus faible que les eaux des couches superficielles. Les upwellings, côtiers comme le long des côtes du Pérou et du Chili, ou hauturiers, comme le long de la ligne équatoriale du Pacifique, sont donc assez faciles à repérer. Ils sont déclenchés par l'action des vents alizés, induisent une forte productivité des eaux de surface (production primaire) jusqu'aux niveaux trophiques supérieurs (production zoo-

planctonique et poissons pélagiques). Ce sont les meilleures zones de pêche au plan planétaire.

Le terme « endo-upwelling » que nous avons forgé par analogie rend bien compte de ce que ce type de mécanisme d'enrichissement à partir des couches profondes vers la surface existe aussi à l'intérieur des récifs coralliens. Et si le mécanisme déclencheur n'est pas le même, les conséquences sont analogues : apport d'un flux nutritif, ou sève récifale, jusqu'aux consommateurs primaires qui dans ce cas sont les micro-algues symbiotiques des coraux (les zooxanthelles) et la myriade d'organismes autotrophes (qui fonctionnent par photosynthèse) inféodés aux coraux : bactérioplanktons, crypto- et épifaunes, algues encroutantes, invertébrés, etc. (cf. schéma 2).

Le fluide endo-upwellé qui suinte lentement à travers les porosités du récif entretient ainsi la croissance des coraux et un bloom permanent des organismes autotrophes et hétérotrophes, base de la chaîne trophique récifale. Une partie de cette énorme production est recyclée sur place dans la masse poreuse, l'autre partie est exportée perdue vers l'océan sous forme de matières organiques dissoutes ou particulaires, œufs, larves et poissons inclus.

Prélèvements d'eaux interstitielles par forage sur l'atoll de Tikehau. © J. Orempuller

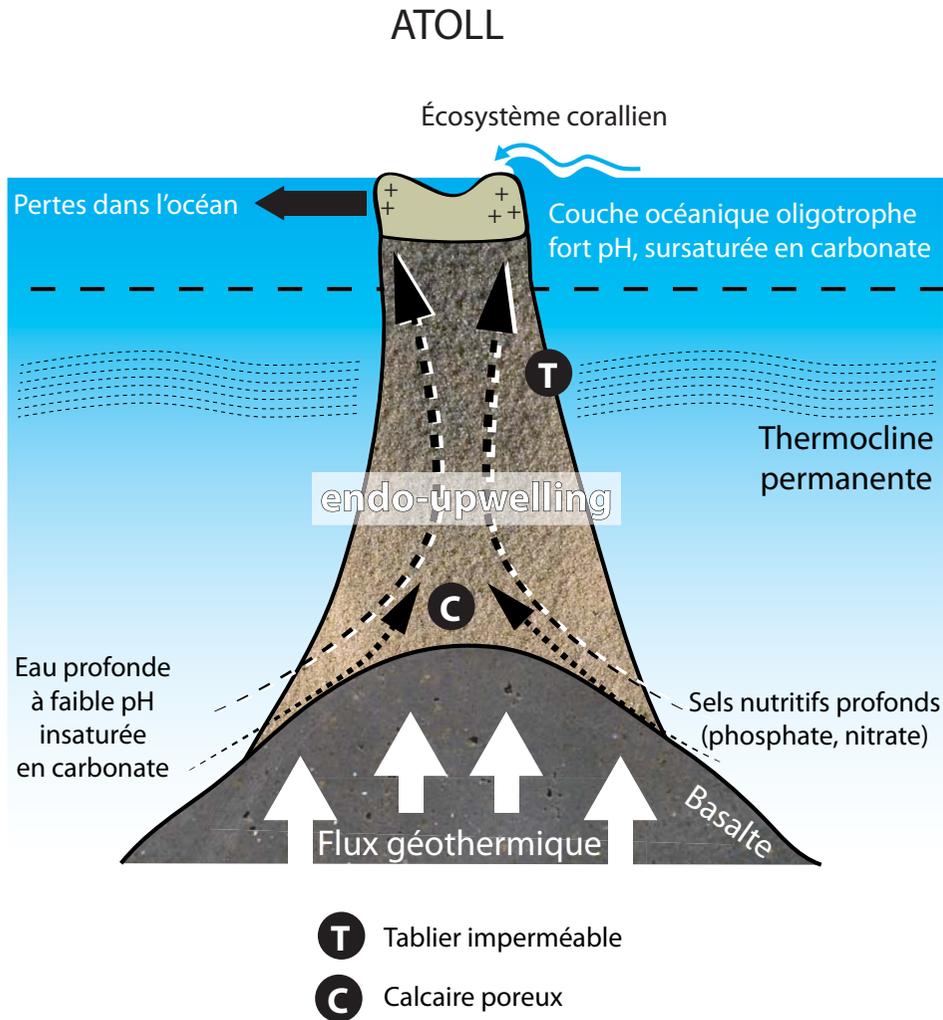


Schéma 1. Représentation schématique de la circulation des eaux interstitielles à l'intérieur du socle calcaire d'un atoll. Ces eaux sont originaires de l'océan profond, sont légèrement chauffées par le flux géothermique résiduel du soubassement volcanique, et s'élèvent vers le haut de l'atoll par convection thermique. Comme les eaux ascendantes sont riches en sels nutritifs, ce processus dynamique est appelé endo-upwelling (ou upwelling interne).

Récif Barrière

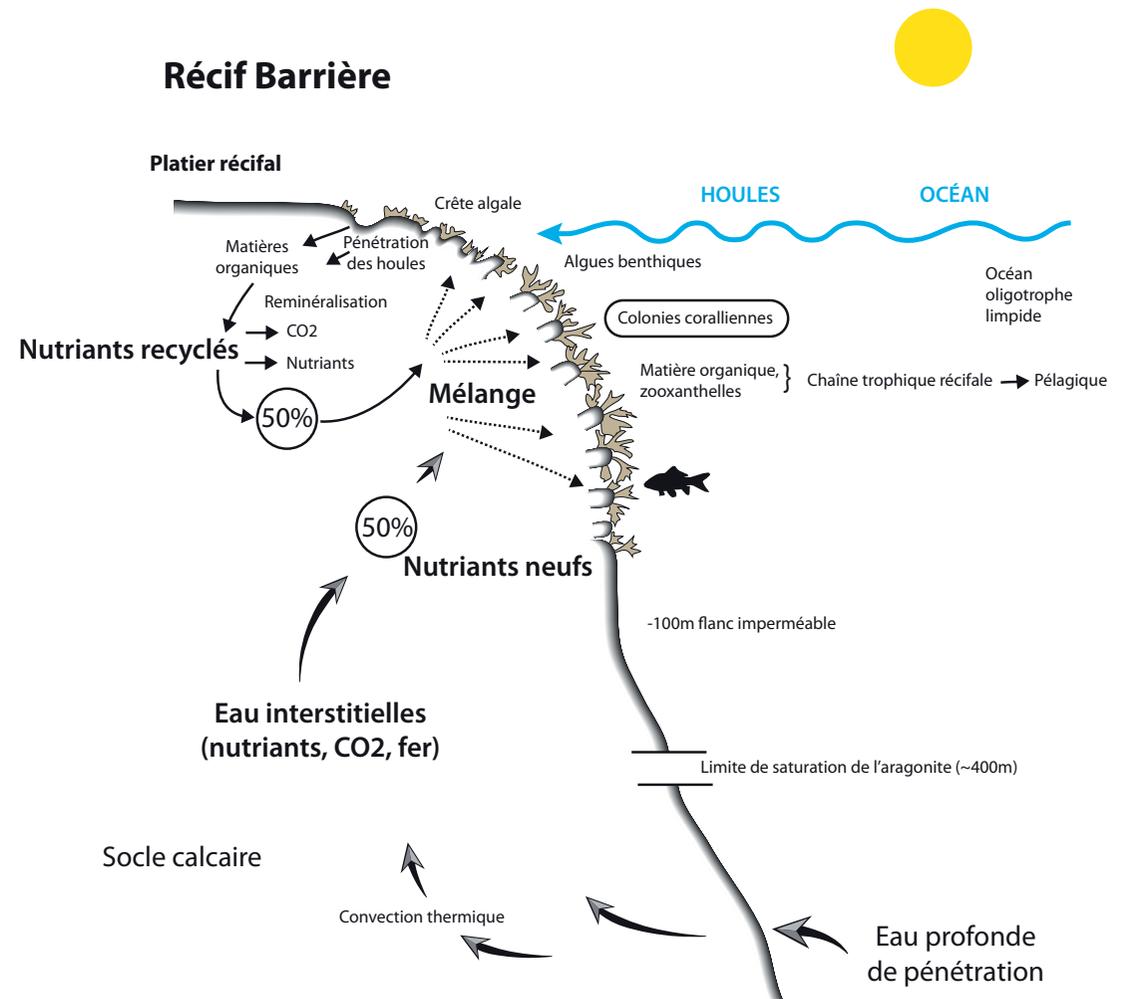


Schéma 2. Production primaire corallienne et réseau trophique récifal. Le lent suintement autour de la couronne corallienne du récif des eaux interstitielles riches en nutriments et dioxyde de carbone se traduit par un développement optimal de l'écosystème autotrophe, microalgues symbiontes des polypes coralliens (zooxanthelles) et crête algale des éperons-sillons. La pénétration des houes favorise le mélange des eaux interstitielles - eaux organiques - ce qui oxygène le milieu.



Sur les atolls, le cadre est idyllique, mais sous la surface se cache un fonctionnement très complexe.

© J. Orempuller

Fluides nourriciers, couronnes récifales et lagons

Le corollaire de ce modèle de fonctionnement est que les colonies coralliennes se développent à l'optimal autour des sites de sortie des eaux interstitielles, sites que la croissance-calcification des coraux tend inévitablement à obturer. Cette remarque permet de rendre compte du fait que, comme l'avait noté avec étonnement Charles Darwin il y a 150 ans, les récifs sont plus prospères dans les secteurs « au vent », là où l'énergie des houles est maximale, et ce malgré les destructions engen-

drées par les tempêtes et cyclones. L'action des houles sur les crêtes récifales et épérons entretient un nettoyage efficace des pores et cavités, ce qui garantit un suintement des riches eaux internes. Les récifs et platiers coralliens des lagons sont dans une situation opposée : ils sont protégés des houles océaniques, et subissent donc un taux de sédimentation important. Leurs réseaux cavitaires et poreux sont encrassés, ce qui freine ou annule les apports interstitiels. Ainsi s'explique le faible taux de couverture corallienne de la plupart des lagons, leur productivité moindre et leur tendance à se combler (lagons des atolls de Tetiaroa, Mataïva, Taiaro, Arutua).



Travail de carottage sur des récifs coralliens.

© J. Orempuller

Autres mystères du monde récifal corallien : les atolls ennoyés et les guyots

Soyez surpris de lire qu'il existe probablement plus de structures récifales invisibles, enfouies dans la nuit permanente des couches abyssales, que de structures émergées. Pour les volcans, actifs (même par plusieurs kilomètres de profondeur) ou dormants, cela provient de l'existence de « points chauds » sous les plaques tectoniques.

Plus intrigant est le fait que l'on trouve en profondeur des atolls ou récifs calcaires que l'on regroupe sous le nom de guyots. Ces structures étaient autrefois émergées ou affleurantes, comme le sont les atolls des Tuamotu, mais elles ont manifestement disparu dans les eaux profondes. Pourquoi ? Les réponses étaient jusqu'ici un peu confuses et contradictoires, mais rien n'interdit d'appliquer notre modèle d'endo-upwelling à ce mystère des profondeurs. Et de proposer une piste logique et argumentée : les atolls où les apports interstitiels diminuent ou cessent ne peuvent plus se maintenir en surface, sont victimes de l'enfoncement de leur plaque tectonique (par subsidence

ou par subduction) et finissent par être complètement immergés. Ayant perdu la bataille pour se maintenir en zone éclairée, ces anciens récifs ont sombré à tout jamais (cf. schéma 3).

Les gisements de phosphate

L'atoll surélevé de Makatea est un bon exemple de ce que peut entraîner une flexion tectonique, dans ce cas due à l'enfoncement local forcé par le poids du volcan Tahiti, et l'émergence d'un bombement à la périphérie. Mais rien n'expliquait la présence du gisement de phosphate-apatite de plusieurs millions de tonnes sur le plateau de Makatea. L'explication habituelle, également utilisée pour d'autres atolls soulevés comme Walpole, Nauru ou Océan, est que ce sont les oiseaux de mer qui ont déposé leurs fientes, le fameux guano des rivages du Pérou. Mais le guano est surtout constitué de molécules azotées, ammoniac et nitrates, et de très peu de phosphates. Par quel processus des phosphates peuvent-ils s'accumuler dans un lagon d'atoll, alors même que l'océan tropical de surface en est démunni ? La réponse peut là encore provenir du fonctionnement par endo-upwelling, puisque le

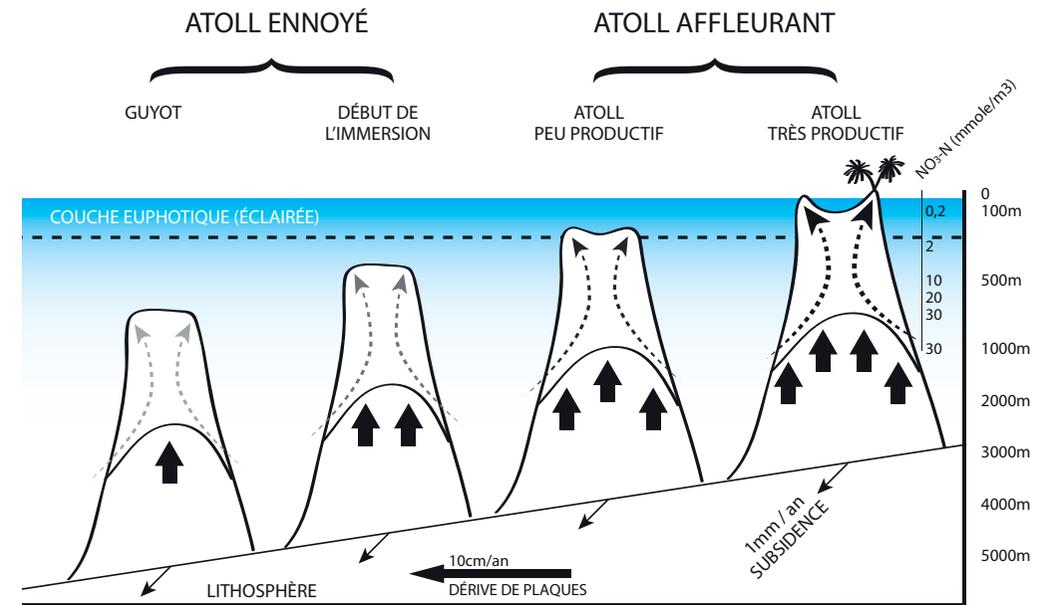
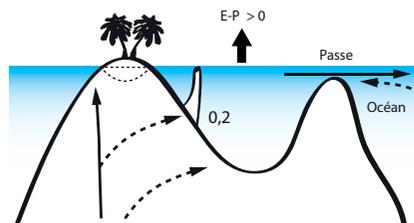


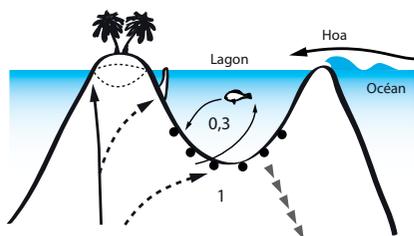
Schéma 3. Atolls ennoyés et guyots.





Atoll ouvert : TIKEHAU (148°10'W-15°00'S)

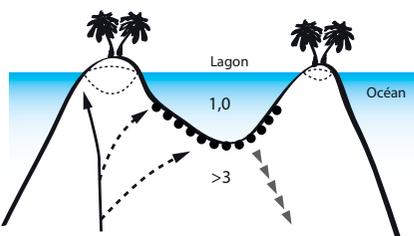
Perte de nutriments (dissous et particulaires) par la passe; salinité identique du lagon et de l'océan (36 ups); kopara dans les mares saumâtres de la couronne émergée.



Atoll presque fermé : TAKAPOTO

(145°20'W-14°40'S)

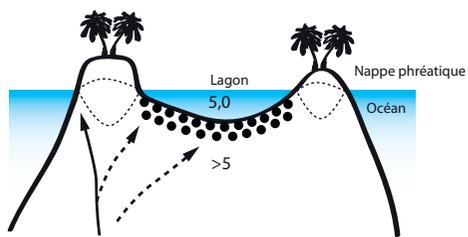
Lagon plus salé que l'océan (bassin de concentration) riche en pinacles, coraux et nacres ; kopara dans les mares saumâtres.



Atoll totalement fermé : TAIARO

(Lagon sursalé) (144°40'W-15°45'S)

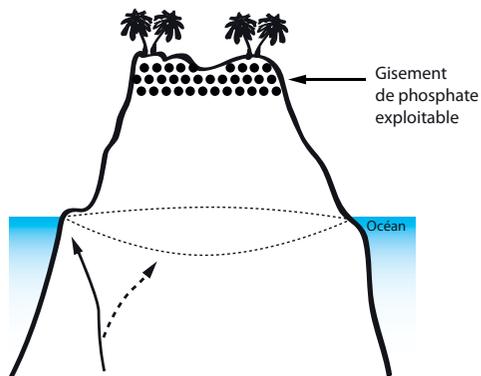
Sursalure maximale du lagon (45) ; absence de coraux, prépondérance des macro algues ; kopara dans les mares saumâtres.



Atoll fermé et légèrement soulevé : NIAU

(Lagon peu salé) (+7 m) (146°22'W-16°10'S)

Lagon moins salé (15 à 30) que l'océan, du fait de l'énorme volume d'eau de pluie stocké dans la couronne émergée (+5m); le lagon constitue une macro-mare à kopara de plusieurs mètres d'épaisseur, ce qui représente une séquestration de l'ordre de 1 million de tonnes de phosphore organique.



Atoll soulevé : MAKATEA

(+100m) (148°20'W-15°50'S) âge ≥ 800 000 ans

Le soulèvement tectonique de l'atoll a entraîné l'émersion du lagon, l'oxydation totale de la matière organique détritique, la libération du phosphore et sa précipitation sous forme de fluoro-apatite. Le gisement exploité entre 1930 et 1960 a fourni 12 millions de tonnes de phosphate à 38% de P₂O₅.

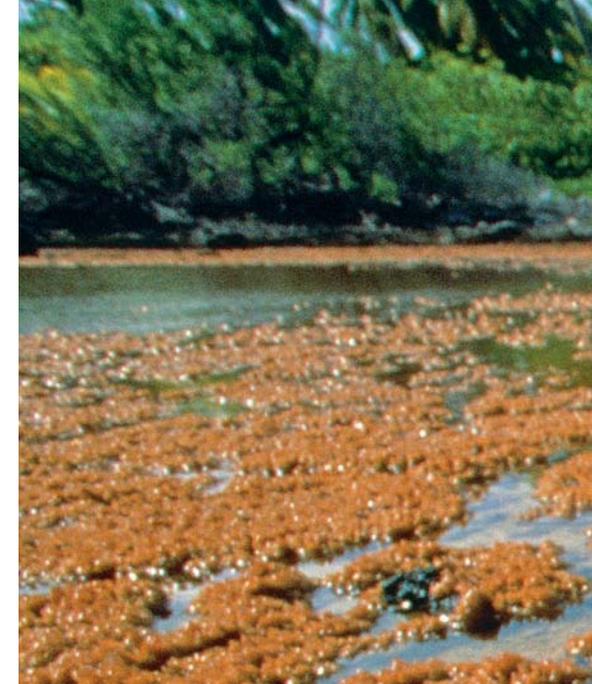


Schéma 4.

Formation de gisements de phosphate en atoll. Le processus est similaire au précédent, mais basé sur une alimentation en phosphore océanique profond par l'upwelling récifal interne (endo-upwelling). Dans les lagons fermés et saumâtres, des tapis d'algues cyanobactériennes (kopara) exploitent et capitalisent le phosphore fourni par les eaux interstitielles ; la séquestration de phosphore organique peut atteindre plusieurs dizaines de millions de tonnes (cas actuel du lagon de l'atoll de Niau aux Tuamotu). En cas d'oxydation de cette matre alguaire, par soulèvement de l'atoll ou baisse du niveau océanique, l'acide phosphorique libéré attaque l'encaissant calcaire de l'atoll et se transforme en phosphate de calcium insoluble (apatite) : un gisement de phosphate est né (cas des atolls de Makatea, Nauru, Walpole).



fluide nourricier venant des profondeurs est riche en nutriments, donc en phosphates dissous. Un atoll dont le lagon est presque fermé (lagon de l'atoll de Takapoto) aura tendance à conserver cette richesse en nutriments pour la construction corallienne et la production primaire. Si le degré de fermeture s'accroît, le lagon perd ses colonies coralliennes et tend à devenir eutrophisé (lagons de Mataïva et de Maïao). Mais si la fermeture devient complète et le lagon anoxique (privé d'oxygène), ce sont des micro algues ou cyanobactéries qui prennent le dessus et forment d'épais tapis d'algues rouges : c'est le fameux kopara bien connu des habitants de certains atolls, celui de Niau en étant le meilleur exemple. Dans cet atoll complètement fermé, le lagon possède des mattes de kopara de plusieurs mètres d'épaisseur sur la quasi-totalité de sa superficie.

Une thèse (Caroline Jehl, 1995) a montré qu'en cas de soulèvement d'un atoll à kopara, ces mattes organiques peuvent se transformer en gisement de phosphate-apatite insoluble, comme c'est le cas sur l'atoll de Makatea (cf. schéma 4).

D'autres implications de ce modèle de fonctionnement récifal portent sur la présence du récif fossile ennoyé autour des îles Marquises, et sur le processus de dolomitisation des carbonates. Nul doute que les travaux de recherche en cours ne permettent de valider définitivement ce modèle et d'en déceler d'autres champs d'application.

Mare à kopara (atoll de Tikehau). Ces mares saumâtres sont tapissées de mattes algaires vertes et rouges d'origine cyanobactérienne, dont l'épaisseur peut dépasser le mètre.

© J. Orempuller

Remerciements

Ont participé aux travaux sur le concept d'endo-upwelling (1985-1995) : Francis Rougerie, Bruno Wauthy, J.C. Trichet, Chantal Andrié, Caroline Jehl (thèse 1995), Pascale Déjardin (thèse 1996), J.L. Creoux et Joël Orempuller. Programme Orstom-IRD avec participations financières de l'Insu, de la CPS, et de Total-Pacifique.

Lexique

A

Autotrophes

Un organisme autotrophe qualifie une espèce capable de synthétiser de la matière organique à partir de matière minérale (éléments minéraux simples : oxygène, hydrogène, carbone, azote et sels minéraux divers), en utilisant soit l'énergie lumineuse (organisme photoautotrophe, photosynthétique), soit l'énergie chimique (organisme chimioautotrophe).

H

Hétérotrophes

Un hétérotrophe qualifie un organisme qui assure sa subsistance en assimilant des substances organiques et qui est incapable de produire ces substances organiques à partir de matière minérale. Sa source de carbone est la matière organique.

K

Kopara

Le kopara est un sédiment gélatineux et feuilleté que l'on trouve dans les mares des atolls des Tuamotu. Ce sédiment est l'une des plus anciennes formes de vie existantes sur terre, que l'on connaît en géologie et en paléontologie sous le nom de « stromatolites ». On en connaît des exemples fossilisés vieux de plus de un milliard d'années !

S

Symbionte

Organisme qui transforme une substance de l'hôte non assimilable en une substance que l'hôte peut assimiler.

Bibliographie

Ouvrages et revues

Le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie : spécificité hydrologique, dynamique et productivité paru en 1986

Le lagon de Mururoa (Archipel des Tuamotu) : Esquisse des caractéristiques hydrologiques et des échanges avec l'océan paru en 1980

Les eaux côtières nord de Tahiti et leur contexte hydroclimatique paru en 1985

Éléments du régime hydrologique de la baie de Port-Phaeton, île de Tahiti (Polynésie Française paru en 1980

Caractéristiques hydroclimatiques de la zone marine de Polynésie française paru en 1980

Caractéristiques hydroclimatiques de la zone marine de Polynésie française paru en 1979

Les courants dans la passe d'Avatoru, atoll de Rangiroa, archipel des Tuamotu paru en 1980

Caractéristiques hydroclimatiques de la zone marine polynésienne paru en 1981

Caractéristiques de la zone marine polynésienne en 1982 et 1983

La plaine océanique abyssale et l'assainissement des petites îles : le cas de la Polynésie Française - 1999

Pore water geochemistry and mixing processes within the Tahiti barrier reef -1998

The functioning of coral reefs and atolls : from paradox to paradigm - 1998

L'environnement océanique de l'archipel des Tuamotu (Polynésie Française) - 1995

Phosphatogenèse en atolls polynésiens : la filiation mattes cyanobactériennes-phosphorites - 1995

Thermal structure and vertical motion of interstitial water in a 150 m deep hole drilled in the barrier reef of Tahiti - 1995

Self-organisation in the evolution of the carbonate matrix of the coral reefs - 1995

Atoll dolomite : a by-product of endo-upwelling circulation - 1995

The Tahiti barrier reef : a reservoir for inorganic and organic nutrients - 1995

Les atolls des Tuamotu : Bonvallet Jacques, Laboute Pierre, Rougerie Francis, Vignerot Emmanuel - 1997. Réflexions sur l'engance humaine - 251 p. Les Éditions Baudelaire



Installation d'un courantomètre dans la passe de Takaroa (atoll des Tuamotu). © J. Orepuller



Résumé

Les lagons d'atolls des Tuamotu constituent des milieux qui peuvent être riches en huîtres perlières. Ces huîtres font l'objet d'une aquaculture intensive depuis les années 1970, et plusieurs organismes de recherche ont donc étudié ces écosystèmes, leur fonctionnement et leur productivité.

Les huîtres pictadines étant des filtreurs, un effort particulier a été fait pour déterminer la nature et la diversité des planctons ingérés (phytoplancton végétal et zooplancton animal). Les résultats montrent l'importance de la taille de ces particules planctoniques dans la croissance des huîtres, et la prédominance du rôle des minuscules nanoflagellés.

Dans les grands lagons profonds, l'abondance du plancton est inversement proportionnelle à leur degré d'ouverture sur les eaux océaniques très pauvres (paradoxe des atolls oasis)

Tumu parau

Te mau tairoto no te pae Tuamotu mā, e mau vāhi au maitā teie no te poe pārau. Mai te area matahiti 1970, ua maraa mai te faaapu pārau e no reira, e rave rahi mau pū māimi i titorotoro i taua mau motu ra, to rātou faanahoraa e to rātou faahoturaa.

E titiā te pārau i te pape miti e e tāpeā ò na i te māa e vai ra i roto. Ua tautoo te feiā māimi ia taa pāpū maitā e aha te mau māa ta na e tāpeā (te remu huāhuā e te mau mea oraora naināi). Ia au i te mau haamāramaramaraa i noaa mai, e mea faufaa te āano o te mau māa huāhuā ta te pārau e tāpeā no to na paariraa, e faufaa rahi atoā to te oratai naināi pihiā nanoflagellés.

I roto i te mau tairoto rahi e te hohonu, a āano noa atu ā to rātou ava e a rahi noa atu ā te tereraa miti no tua mai, a iti atoā mai ia te māa plancton i roto i taua mau tairoto ra.

Par **Loïc Charpy**, directeur de recherche IRD

Marie-José Langlade, technicienne océanographe IRD

marie-jose.langlade@ird.fr

L'Orstom-IRD est présent depuis 50 ans en Polynésie, mais c'est à partir de 1982 que cet institut s'est intéressé au fonctionnement des lagons d'atolls pour optimiser leur exploitation. Nous présentons ici les recherches dont l'objectif final était l'amélioration et la pérennisation de la perliculture. Les lagons d'atolls polynésiens étaient relativement peu connus, excepté l'atoll de Takapoto qui avait été étudié dans le cadre du programme MAB (Man And Biosphere).

Les huîtres perlières étant des filtreurs, nos études ont porté sur les particules organiques en suspension dans les eaux, en les quantifiant et en les caractérisant. Évaluer les biomasses présentes n'est pas suffisant pour estimer la quantité de nourriture disponible pour l'huître perlière. Il a fallu déterminer les tailles des particules qu'elles pouvaient retenir et mesurer les productions (accroissement de la biomasse par jour) des différents compartiments du plancton. La biomasse ne reflète en effet que l'équilibre entre la production et la consommation par d'autres compartiments du plancton et par les filtreurs benthiques ou en culture comme les pintadines (huîtres perlières). Ce sont donc 20 ans de recherches sur ces thématiques (1982-1996 puis 2008-2010) que nous présentons. Ces travaux ont été financés au départ par l'Orstom, puis par des budgets territoriaux, nationaux et européens. À la fin des programmes, des restitutions ont été faites auprès des scientifiques, des politiques et des perliculteurs.



Les atolls

Les atolls sont des anneaux coralliens présents dans la zone intertropicale : il y en a 85 en Polynésie française (425 dans le monde). Ils sont issus de l'activité volcanique. En quelques millions d'années, les socles volcaniques se sont éloignés du point chaud qui les a vus naître, et se sont enfoncés avec leur plaque tectonique. Aux Tuamotu, la roche volcanique de l'ancien volcan se trouve à plusieurs centaines de mètres sous le niveau de la mer, surplombée par un chapeau calcaire produit par la construction récifale. Au cours de millions d'années, le récif annulaire a été construit par des coraux, mais aussi d'autres organismes comme les algues et divers organismes autotrophes calcifiants. Les atolls peuvent posséder un lagon de plusieurs dizaines de mètres de profondeur communiquant avec l'océan par des passages de faible profondeur (appelés « hoa » en Polynésie) et par des passes plus profondes. Actuellement, en Polynésie, on trouve des lagons complètement fermés et isolés de l'océan comme Tairao, d'autres très ouverts comme Reka Reka et

d'autres atolls soulevés sans lagons (Makatea).

L'aquaculture de l'huître perlière est apparue dans les années 1960 dans l'archipel des Tuamotu. De nos jours, malgré une crise importante qui touche l'activité, elle représente la principale exportation de la Polynésie française.

Les programmes de recherche menés par l'Orstom-IRD

L'Orstom s'est intéressé activement aux atolls essentiellement depuis le début des années 1980 dans le cadre de plusieurs programmes.

Les programmes Atoll de 1982 à 1988 et Cyel (Cycle de l'énergie et de la matière dans les lagons d'atolls) de 1990 à 1995 se sont déroulés sur l'atoll de Tikehau. Leurs objectifs étaient :

- 1) estimer les stocks naturels de nacres pintadines et leur croissance ;
 - 2) étudier le fonctionnement des lagons.
- Le laboratoire a été fermé en 1995 à la fin des programmes Cyel et Endo-upwelling.

Photo aérienne de la couronne d'Apataki (atoll des Tuamotu).

© J. Orepuller



Mesure de la salinité de prélèvement d'eau par réfractomètre. © J. Orempuller

L'équipe scientifique du programme Cyel a également participé de 1992 à 1994 à l'étude de l'environnement du lagon de Takapoto dans le cadre du Programme général de recherche sur la nacre (PGRN). Mis en place par l'Établissement pour la valorisation des activités aquacoles et maritimes (EVAAM) suite aux graves problèmes de maladies qui sont survenus dans certains lagons entre 1984 et 1989,

ce programme a été financé par le Territoire, l'État et le Fonds européen de développement (FED).

Le programme Endo-upwelling (1988 – 1995) avait pour objectif de valider l'hypothèse émise en 1986 par Francis Rougerie et Bruno Wauthy pour expliquer le paradoxe entre la pauvreté des eaux baignant les atolls et l'exubérance de la vie de la barrière récifale et du lagon

(quand il y en a un). Cette hypothèse, appelée Endo-upwelling géothermique, propose que les sels nutritifs nécessaires à la production primaire des atolls proviennent de remontées d'eau riches en nitrate (N) et phosphate (P) au travers du socle corallien poreux grâce au flux géothermique rémanent. Ce programme a été financé par l'Orstom et le programme national sur les récifs coralliens (PNRCCO).

Le programme TypAtoll (Typologie des atolls) s'est déroulé en 1996 et 1997 sur 12 Atolls des Tuamotu. L'objectif était de répondre à la question : « En quoi l'environnement des lagons influence-t-il leur état et leur fonctionnement ? ». L'approche utilisée était celle de l'écologie comparée.

Le programme européen « Professionnalisation et pérennisation de la perliculture », 2008-2010, a été financé par le Fonds européen pour le développement. L'IRD a dirigé la partie recherche « Étude de l'hydroclimat et des sources de nourriture de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* ». Les recherches ont concerné les atolls de Ahe et Takaroa avec l'appui et la coordination du Service de la perliculture de Polynésie française et la participation de diverses universités métropolitaines.

L'atoll, une oasis dans un désert océanique

À partir des années 1980, les chercheurs de l'Orstom se sont activement penchés sur le paradoxe de la forte productivité d'un atoll au milieu d'un désert océanique. En effet, il semblait difficilement explicable que les biomasses animales et végétales observées à l'extérieur de l'atoll et dans le lagon puissent exister dans des eaux ne contenant que très peu d'azote et de phosphore minéral. Ces 2 éléments, souvent limitants, sont indispensables à la production de matière organique. Quatre hypothèses ont été proposées pour découvrir les sources de nutriments

permettant cette apparente fertilité :

- 1) des remontées d'eaux profondes riches en sels nutritifs à l'intérieur du socle corallien (Rougerie & Wauthy, 1986 ; Rougerie *et al.*, 1992 et 1995) ;
- 2) le flux horizontal d'eaux océaniques pauvre en nutriments mais constant et utilisable par l'écosystème (Charpy, 2001) ;
- 3) des remontées d'eaux riches en nutriments le long des flancs de l'atoll (Charpy-Roubaud *et al.*, 1990) ;
- 4) la présence d'organismes capables d'utiliser l'azote moléculaire dissous (N₂) (Charpy-Roubaud *et al.*, 2001).

Après plusieurs années de recherche, il apparaît que les apports en azote et phosphore nécessaires à la vie des atolls peuvent être faibles car il existe une intense reminéralisation à l'intérieur de la trame récifale et dans les sédiments du lagon. Le récif peut utiliser les nutriments à faible concentration grâce à sa surface fractale importante (Basillais, 1997, 1998). Enfin, la fixation d'azote moléculaire est un processus important aussi bien sur les substrats meubles que sur les substrats durs et contribue à enrichir l'écosystème en cet élément. Les remontées d'eaux riches en nutriments, par le processus d'endo-upwelling, existent mais seraient lentes. (Leclerc *et al.*, 1999).

Le plancton des lagons

Le phytoplancton (du grec phyton ou « plante ») est le plancton végétal. Plus

précisément, il s'agit de l'ensemble des espèces de plancton autotrophes.

Quelques exemples de phytoplancton : Diatomées, Dinoflagellés, Coccolithophoridés, Cyanobactéries. Il n'est présent que dans les couches superficielles de la mer, principalement dans la zone euphotique, où il accomplit sa photosynthèse : c'est-à-dire qu'il absorbe des sels minéraux et du carbone sous forme de CO₂, pour rejeter de l'oxygène grâce à l'énergie de la lumière. Le phytoplancton ne représente que 1 % de la biomasse d'organismes photosynthétiques sur la planète mais assure 45 % de la production primaire (transformation du carbone minéral CO₂ en carbone organique).

On peut le caractériser par sa taille :



diatomée



Euglénophycées



Synechococcus

- Microphytoplancton : 20-200 µm (filtre en toile)
- Nanophytoplancton : 2-20 µm (filtre à café)
- Picophytoplancton : 0,2-2 µm (essentiellement des bactéries photosynthétiques comme les cyanobactéries)



Ci-contre : Prélèvement d'échantillons de cyanobactéries en plongée.
© J. Orempuller

La biomasse du phytoplancton est estimée à partir de la concentration en chlorophylle a. En comparant les 12 lagons prospectés lors du programme TypAtoll, nous avons observé que la biomasse globale du phytoplancton était inversement corrélée au degré d'ouverture des lagons. Cette relation est probablement due à une simple dilution des eaux lagunaires des atolls ouverts par les eaux océaniques très pauvres en chlorophylle, mais aussi à un changement des communautés phytoplanctoniques.

En réalisant des filtrations avec des filtres de différentes tailles de maille, nous avons observé que le phytoplancton des lagons est de très petite taille puisque 80 % présentent une taille inférieure à 2 μm dont 60 % à 1 μm . La grande majorité du phytoplancton des lagons est donc constitué de picophytoplancton.

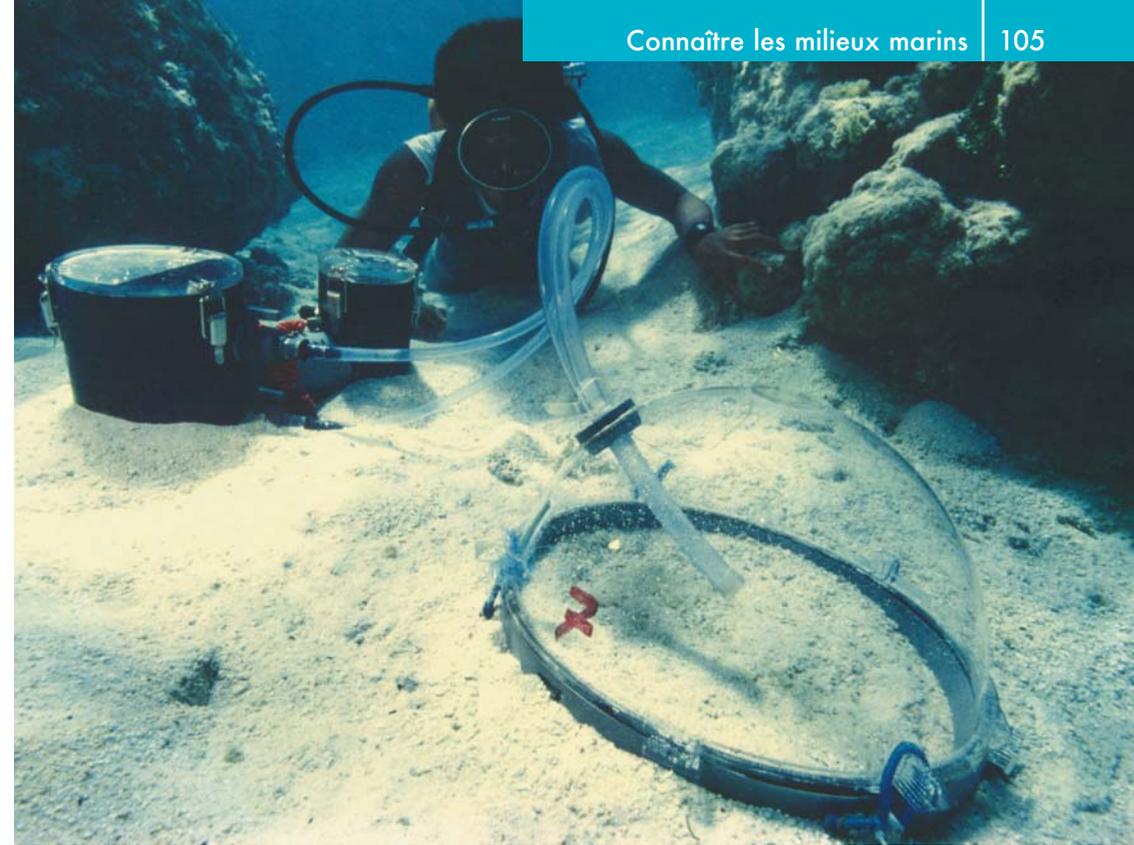
Les cyanobactéries représentent l'essentiel de la biomasse du picoplancton <1 μm

pouvant atteindre 600 000 cellules par ml d'eau du lagon. Dans cette classe de taille, les *Prochlorococcus* dominent les eaux océaniques et les *Synechococcus* les eaux lagunaires. Les picoeucaryotes sont présents dans tous les lagons mais ne dominent la biomasse que dans quelques atolls.

Les bactéries hétérotrophes

Les résultats les plus nombreux concernent le lagon de Tikehau (1991-1994). On trouvait en moyenne 2,4 millions de bactéries par ml d'eau. Cette abondance est la plus élevée comparée aux 10 autres atolls étudiés lors du programme TypAtoll.

La comparaison des lagons étudiés montre que biomasse et production bactérienne sont liées à l'abondance du phytoplancton.

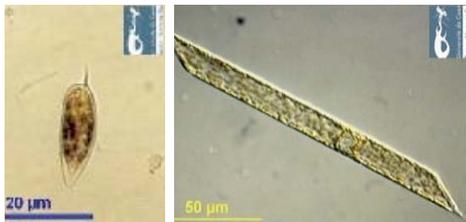


Structure de mesure des échanges du substrat.

© J. Orempuller

Les algues microscopiques

Au total, 68 espèces ou taxa de nanomicrophytoplancton ont pu être identifiées dans les lagons. Elles se répartissent dans plusieurs groupes tels que les chlorophycées (microalgues vertes), les coccolithophores (microalgues possédant une couche de plaques de calcite) et les dinoflagellés.



De gauche à droite, de haut en bas :
Amphidinium longum, *Oxytoxum* sp.,
Prorocentrum gracile, *Rhizosolenia imbricata*.
© Benoit Véron Université de Caen Basse Normandie

Le zooplancton

Le zooplancton (du grec zoo ou « animal ») est le plancton animal. Il se nourrit de matière vivante préexistante, certaines espèces étant herbivores et d'autres carnivores. Quelques exemples de zooplancton sont cités ci-après : bactéries hétérotrophes, protozoaires comme les nanoflagellés hétérotrophes (dont l'énergie provient de la matière organique d'autres organismes) et les ciliés, les larves de bivalves, de crustacés, copépodes, méduses...

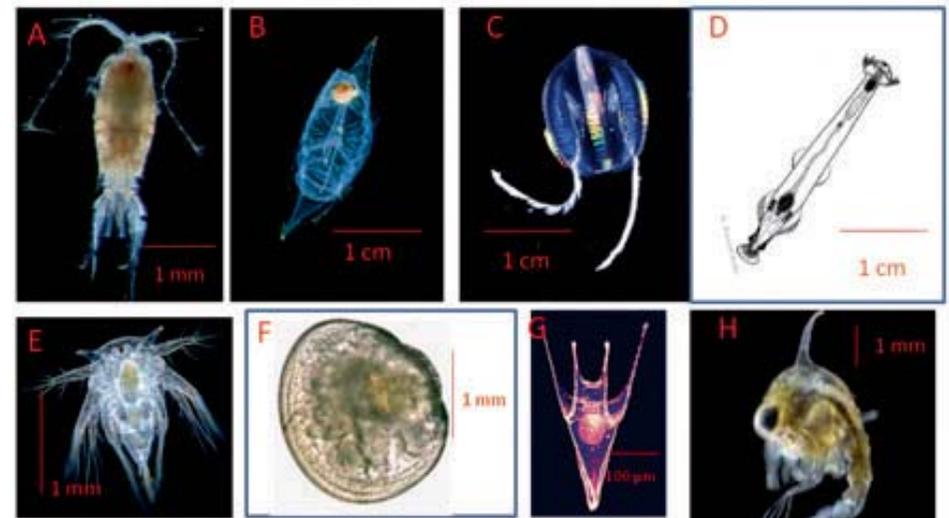
On peut le caractériser par sa taille :

- Mésozooplancton (copépodes, larves d'huîtres, larves de crustacés...)
- Microzooplancton : 20-200 μm (ciliés)
- Nanozooplancton : 2-20 μm (nanoflagellés hétérotrophes)



À gauche : Copépode (*Rhincalanus* sp.)
En haut : Cilié : *Strombidium* spp.
En bas : Nanoflagellés hétérotrophes
et bactéries colorés au DAPI

Le zooplancton est constitué d'êtres unicellulaires (protozoaires) et d'animaux pluricellulaires (métazoaires) qui constituent le métazooplancton. Dans les lagons d'atolls, les organismes phares du métazooplancton sont des petits crustacés, les copépodes, mais de nombreux autres groupes zoologiques sont également présents : mollusques (ex. : limacines), cnidaires (ex. : méduses). On trouve également une multitude de larves d'organismes supérieurs (poissons, mollusques, crabes, crevettes). Ces organismes particuliers ne passent donc qu'une partie de son cycle vital (la phase larvaire) au sein du plancton.



Quelques exemples d'organismes du métazooplancton. En haut holoplancton : (A) copépodes (*Rhincalanus* sp.), (B) salpe (*Salpa fusiformis*), (C) *Pleurobrachia pilaeus* (groseille de mer), (D) Chaetognathes (*Sagitta* sp.). En bas méroplancton (larves du plancton) : (E) nauplius de balane, (F) larve de bivalve, (G) larve pluteus d'oursin, (H) larve zoé de crabe

La nourriture de l'huître perlière

Des travaux réalisés dans le cadre du PGRN ont montré que les huîtres perlières pouvaient se nourrir du plancton qui a une taille supérieure à 0,002 mm (soit 2 μm) et légèrement supérieure à 0,2 mm (soit 200 μm).

L'huître perlière (adulte, naissain, larves) a un régime alimentaire varié constitué à la fois de zooplancton et de phytoplancton. La très forte concentration en nano-flagellés dans l'eau des lagons fait qu'ils représentent une part importante de l'énergie absorbée par l'huître perlière.

Cependant, les dinoflagellés et les diatomées peuvent présenter occasionnellement des concentrations élevées, constituant alors un apport alimentaire important pour l'huître perlière.

Une demande énergétique de 12 000 huîtres par ha (densité moyenne des huîtres en culture) peut ainsi être satisfaite par la productivité du plancton disponible.

Prospection en plongée de massif de Porites pour forages.

© J. Orempuller

Ci-dessous : pose d'une sonde de température sur la pente externe de l'atoll de Ahe.

© J. Orempuller



Lexique

B

Biomasses

La biomasse est l'ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale.

G

Diatomées

Algues brunes vivant en eaux douces comme en eaux salées et présentes dans toutes les mers du monde. Elles peuvent être libres ou fixées sur d'autres algues, à des plantes submergées ou des rochers. Les diatomées, qui mesurent entre 0,02 et 0,3 mm, sont les organismes les plus représentés du plancton.

Dinoflagellés

Micro-organismes aquatiques marins. Ils sont très diversifiés, en particulier par leurs comportements alimentaires. Certains sont « benthiques » et vivent en épiphytes sur des macro-algues ou encore dans les interstices des substrats sableux (tout en pouvant migrer verticalement pour se reproduire).

E

Endo-upwelling

Voir article de Francis Rougerie, 92

G

Géothermique

« Chaleur de la terre » : se présente sous forme de réservoirs de vapeur ou d'eaux chaudes ou encore de roches chaudes.

H

Hétérotrophes

qualifie un organisme qui assure sa subsistance en assimilant des substances organiques et incapable de produire ces substances organiques à partir de matière minérale. Sa source de carbone est la matière organique.

Hoa

Sur les couronnes récifales ou les barrières récifales à motu, cette dépression entaille la partie interne du platier et peut assurer des échanges entre l'océan et le lagon. Il existe cependant des hoa non fonctionnels. Les hoa alternent avec les motu.

M

Motu

Petit îlot individualisé constitué de matériel détritique de dimensions variables pouvant inclure des blocs et situé sur la couronne récifale d'un atoll ou sur une barrière récifale d'île haute. Les motu sont généralement situés en chapelets séparés par des hoa.

N

Nitrates

Sels de l'acide nitrique.

P

PGRN

Programme général de recherche sur la nacre.

Phosphate

Sel d'acide phosphorique.

Picophytoplancton

fraction du phytoplancton dont la taille est comprise entre 0,2 et 2 µm (picoplancton). Il est particulièrement important dans les zones centrales océaniques dites oligotrophes (très pauvres en nutriments).

Pinctada margaritifera

Espèce d'huître perlière marine représentée en Polynésie.

Prochlorococcus

Genre de cyanobactérie marine photosynthétique. Sa taille est d'environ 0,6 µm et appartient au bactérioplancton. On la trouve sur l'ensemble des océans, zone exposée à une lumière suffisante pour que la photosynthèse se produise pouvant aller jusqu'à 200m.

S

Sels nutritifs

Les sels nutritifs sont des constituants minéraux dissous dans l'eau de mer et impliqués dans le métabolisme des êtres vivants.

Substrats

Fond marin, base de fixation d'organismes.

Surface fractale

Une fractale désigne des objets dont la structure est invariante par changement d'échelle. La surface fractale est de forme irrégulière ou morcelée qui se crée en suivant des règles déterministes ou stochastiques impliquant une homothétie interne.

Synechococcus

genre de cyanobactérie unicellulaire nanoplanctonique (taille de l'ordre du micron). Ces bactéries vivent essentiellement en mer, mais certaines espèces vivent en eau douce. Ce genre regroupe les espèces presque les plus abondantes du milieu marin. Bien que longtemps inconnues et encore méconnues en raison de leur taille minuscule, elles dominent quantitativement le phytoplancton (avec leur proches parentes du genre Prochlorococcus).

Bibliographie

Sites en ligne

Les atolls de Polynésie française
<http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atoll-pol/intro.html>

Ouvrages et revues

Basillais, E. (1997) Coral surfaces and fractal dimensions : a new method. *C R Acad Sc Paris, Life Sci* 320 : 653-657.

Basillais, E. (1998) Étude géométrique fractale de trois espèces coralliennes (*Pocillopora eydouxi*, *Porites lobata*, *Acropora cerealis*). Transfert d'échelles, modèle fractal des flux naturels d'espèces chimiques dissoutes vers les récifs coralliens. Thèse de doctorat de l'Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II). Pp 188

Charpy-Roubaud, C. ; Charpy, L. ; Cre-moux, J.-L. (1990) Nutrient budget of the lagoonal waters in an open central South Pacific atoll (Tikehau, Tuamotu, French Polynesia). *Marine Biology*, 107 : 67-73.

Charpy, L. (2001) Phosphorus supply for atoll biological productivity. *Coral reefs* 20 : 357-360

Charpy-Roubaud, C. ; Charpy, L. ; Larkum AWD (2001) Atmospheric dinitrogen fixation by benthic communities of Tikehau Lagoon (Tuamotu Archipelago, French Polynesia) and its contribution to benthic primary production. *Marine Biology* 139 : 991-997.

Leclerc, A-M (1998) Modélisation des écoulements dans le milieu interstitiel corallien et quantification des échanges de matière avec l'environnement océanique. Thèse Doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, pp. 199.

Rougerie, F. ; Fagerstrom, J.-A. ; Andrie, C. (1992) Geothermal Endouppwelling. A Solution to the Reef Nutrient Paradox. *Cont. Shelf. Res.* 12 : 785-798.

Rougerie, F. ; Wauthy, B. (1986) Le concept d'endo-upwelling dans le fonctionnement des atolls-oasis. *Oceanol. Acta* 9 : 133-148.



Crête algale sur l'atoll de Bellinghaussen. © S. Andrefouët

Les algues des récifs et lagons de Polynésie



Par Claude E. Payri, directrice de recherche IRD, centre de Nouméa
UR Coreus, Nouvelle-Calédonie
claude.payri@ird.fr

La recherche sur les macroalgues marines en Polynésie a débuté dans les années 1980 au centre de recherche insulaire de Moorea puis a été transférée à l'université de la Polynésie française en 1989. Des collaborations avec les équipes de l'Orstom/IRD de Tahiti et de Nouvelle-Calédonie mais aussi de l'université du Pacifique Sud à Suva ont permis de renforcer les programmes de recherche et de développer à la fois des thématiques fondamentales telles que la systématique, l'écologie, les paléo-environnements et appliquées dans le domaine de la biotechnologie. L'équipe Coreus (IRD), bien que basée à Nouméa, prend part aux activités en Polynésie.

Résumé

La Polynésie française est une des rares régions du Pacifique insulaire à disposer d'un guide illustré et d'une Flore décrivant les algues marines des récifs et lagons. Elle s'est dotée de plus d'une collection de référence déposée à l'université de la Polynésie française indexée « UPF » aux herbiers internationaux. Grâce aux recherches entreprises depuis les années 1980 en collaboration entre l'Orstom-IRD/CRIOBE/UPF/USP/UCB, les communautés algales de Polynésie sont bien documentées et les inventaires font état de plus de 400 espèces. Bien que faisant partie de la grande région Indo-pacifique, la Polynésie montre des variations importantes dans la composition de la flore marine d'un archipel à l'autre en fonction de la géographie et de la diversité en habitats. En outre, les études sur l'usage traditionnel des algues par les communautés locales ont montré que leur consommation était res-

treinte aux archipels des îles Marquises et Australes et correspondent aux survivances d'une pratique pré-européenne témoignant ainsi des relations des anciens Polynésiens avec leur environnement marin. Enfin, le réservoir potentiel de molécules que représentent les algues marines ouvre des perspectives importantes dans le domaine de la chimie bleue avec des débouchés multiples pour la société.

Tumu parau

Ua fānaò taaè ò Porinetia farāni, i rotopū i te rahiraa motu no Patifita, i te hoè puta aratai tāhōhoāhia i niā i te mau remu no te aau e te tairoto. Taa noa atu te reira, tē fānaò nei ò Porinetia i te hoè tāpura tuatāpaparaa faahiahia o te mau huru remu atoà. Ua vaiihohia te reira i te fare haapiiraa teitei no Porinetia farāni tāpāhia i te iōa « UPF » i roto i te tāpura o te herbiers internationaux. Auaè maoti te mau māmīraa i ravehia mai te matahiti 1980 mai e te ORSTOM-IRD/CRIOBE/UPF/USP/UCB, ua rahi te mau haamāramaramaraa i haaputuhia i niā i te mau remu e ua hau atu e 400 huru remu i tāpāhia mai.

Noa atu hoī tei roto ò Porinetia i te ārea Initia-Patifita, tē vai ra te taaēraa o te mau huru remu ia au i te faanahoraa rau o te mau motu e te nohoraa o te mau remu. Taa noa atu te reira, i te Henua Enana e i Tuhaa Pae anaè e āmuhia ai te remu ia au i te peu tahito, hou te taeraa mai te mau pōpaa. E tāpā hoī te reira no te huru tāamuraa i rotopū i te mau tupuna e te moana.

Ei faahopeà, te huà e vai ra i roto i te mau remu, e puna faufaa rahi te reira e tiā ia faaōhipa i te pae o te himio (chimie) no te hāmāni i te mau rāau e te vai atu ra no te maitai o te oraraa taata.



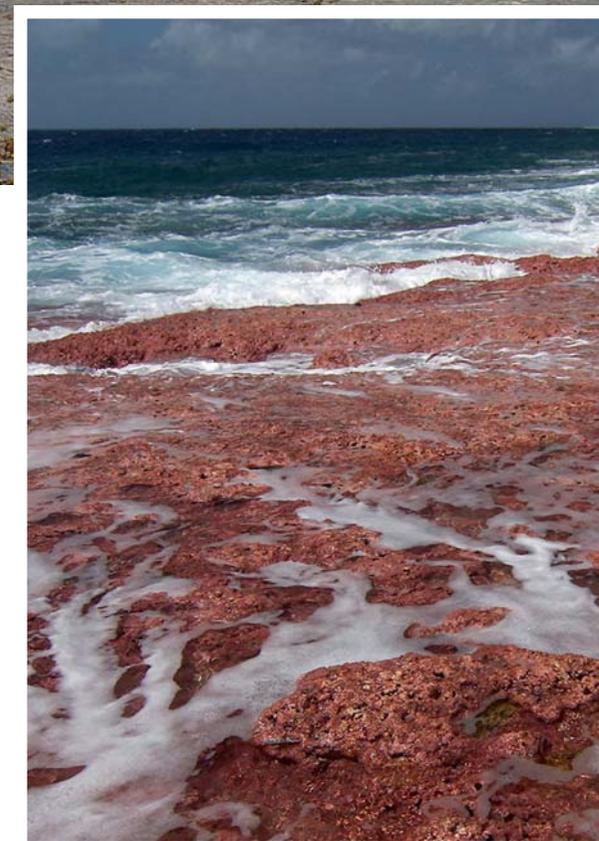
Pourquoi étudier les algues ?

La simple question « pourquoi étudier les algues » ne peut pas avoir une réponse simple.

Les algues forment un compartiment important des récifs coralliens. Elles sont extrêmement diversifiées en formes, tailles, couleurs et fonctions, et sous ce terme sont regroupées artificiellement des algues unicellulaires, des macroalgues pluricellulaires, des algues molles, d'autres calcaires, appartenant à des algues rouges, vertes ou brunes représentant chacune des lignées évolutives diffé-

rentes. Bien que leur importance écologique et économique soit incontestable, elles restent peu étudiées au regard de leur rôle majeur dans le fonctionnement des systèmes aquatiques. Les algues sont en compétition avec les coraux pour l'occupation de l'espace récifal et la rupture de l'équilibre écologique engendrée par une perturbation environnementale peut favoriser le développement algal au détriment des coraux. Ce changement de phase peut entraîner une diminution de la diversité de la plupart des groupes biologiques et très probablement une modification de services écosystémiques. Outre la contribution directe de cer-

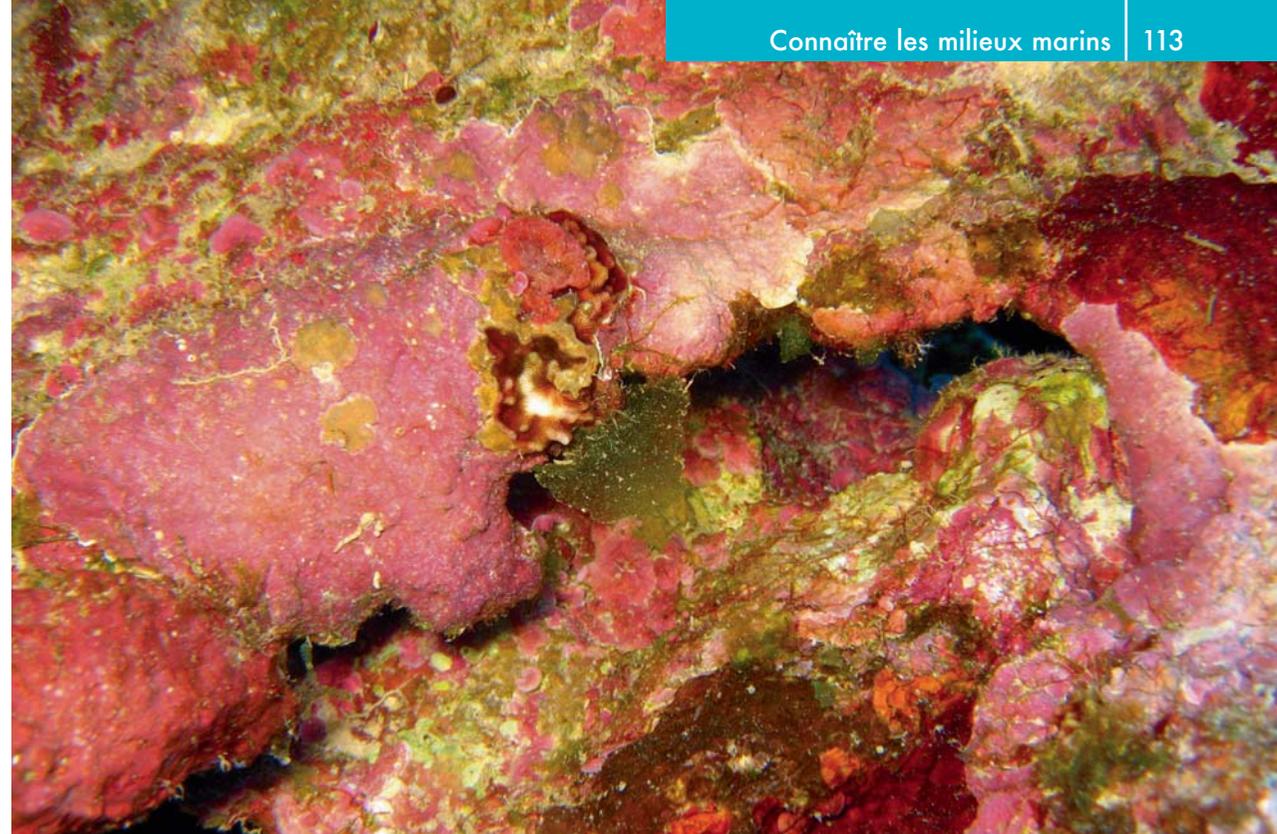
taines espèces à la chaîne trophique, les algues benthiques participent activement à la production primaire. De même, les algues calcaires jouent un rôle essentiel dans la construction et la consolidation des structures récifales voire leur maintien, car sans l'activité de calcification des algues rouges calcaires, la seule matrice corallienne ne serait pas assez solide pour résister aux événements hydrodynamiques majeurs tels que cyclones et tsunamis. Enfin, les algues produisent de nombreuses substances d'intérêt pour l'industrie ou la pharmacologie.



Sur les îles hautes, les platiers externes sont colonisés par une ceinture à *Sargassum*.
Ci-contre, platier externe à Raiatea
© S. Andréfouët

Ci-dessous, platier construit par les algues rouges calcaires. Crête algale d'atoll.
© S. Andréfouët

Algues rouges calcaires.
© Claude Payri/IRD



Petite histoire de la phycologie polynésienne

L'étude des macroalgues benthiques de Polynésie française a débuté à la fin du XVIII^e siècle avec des récoltes opportunistes réalisées au cours des grands voyages d'exploration. La publication en 1827 des travaux du naturaliste français Bory de Saint-Vincent à partir des récoltes faites au cours du « Voyage autour du monde, sur la Coquille » marque une étape importante dans la connaissance des flores marines tropicales. Toutefois, il faudra attendre 1926 et la publication de l'ouvrage de référence « Tahitian algae » par le

phycologue américain A.W. Setchell pour avoir une idée plus précise de la flore marine de l'île de Tahiti, qui compte alors 201 taxons dont certains d'eaux douces. Une nouvelle période débutera dans les années 1970 avec la création de l'antenne du Muséum et de l'École pratique des hautes études à Moorea. Le premier compendium de la biodiversité marine publié en 1985 à l'occasion du 5^e congrès sur les récifs coralliens s'accompagnera d'une intensification des recherches et d'un renforcement des programmes scientifiques avec les autres instituts de recherche dont l'Orstom. Les travaux menés durant cette période contribueront à l'*Atlas de la Poly-*

ésie française, avec notamment la carte de répartition des principaux peuplements d'algues de l'île de Moorea et des atolls et celles des affinités biogéographiques à l'échelle du Pacifique. Outre les travaux réalisés en écologie, l'accumulation de matériel biologique au cours des diverses campagnes, notamment dans le cadre du programme TypAtoll de l'Orstom, donnera le jour en 2000 au premier guide illustré de la flore marine de Polynésie et signera un travail collaboratif entre l'université de la Polynésie française, l'université du Pacifique Sud et l'Orstom devenu IRD. Suivra la parution en 2006, 2007 et 2010 de la flore académique s'appuyant



© J. Orempuller

sur une collection de plus de 5 000 spécimens dûment indexés et déposés à l'université de la Polynésie française. Ainsi, la Polynésie prenait place au rang des Herbariums internationaux sous le code « UPF », à côté du Bishop Museum de Hawaii, du Museum Te Papa en Nouvelle-Zélande pour ne citer que les collections les plus prestigieuses des pays insulaires de la région. Plus de 425 espèces sont ainsi recensées à ce jour en Polynésie.

Quand les macroalgues s'invitent aux projets d'étude de la biodiversité marine

Désormais, l'étude des algues polynésiennes occupe le terrain, et la généralisation des analyses ADN ainsi que le développement de l'outil « barcoding moléculaire » ont pris une place de choix dans la plupart des phylogénies entreprises à travers le monde. Le nombre d'espèces ne cesse d'évoluer au gré des projets dont les derniers en date sont le programme Moorea-Biocode-Project de 2008, l'expédition aux îles Marquises « Pakaihi i te moana » de 2011 et le prochain volet en 2013, avec le support de la « Living Ocean Foundation » aux îles Gambier. Une bonne connaissance taxonomique est un pré-requis nécessaire pour de nombreuses disciplines, y compris celle de la biologie de la conservation. La taxonomie intégrative, considérée

aujourd'hui comme l'approche la plus rigoureuse en systématique, est également appliquée aux algues. Alliant désormais les caractères morphologiques à ceux issus des approches moléculaires, elle est employée pour décrire les nouvelles espèces, comme l'*Halimeda heteromorpha*, ou encore réviser le statut taxonomique, comme pour le genre *Sargassum* qui ne comprend finalement que 3 espèces au lieu des 18 proposées par Setchell en 1929.

Diversité, où es-tu ?

Au-delà de l'intérêt des inventaires biologiques, dans lesquels chaque espèce compte, l'analyse de la diversité de la

flore marine a permis de mieux comprendre la distribution des espèces au sein même des archipels polynésiens et d'établir les relations biogéographiques avec les régions voisines. Chaque archipel affiche une originalité. Celui des Australes est caractérisé par un cortège d'espèces d'algues brunes dont la présence s'explique en partie par les températures plus fraîches. Aux Tuamotu, univers particulier d'îles basses coralliennes, la flore est moins riche mais typiquement corallienne ; c'est le royaume des algues vertes avec de nombreuses *Caulerpa* et *Halimeda* dont certaines, restreintes à l'archipel rivalisent avec l'exubérance des glacis d'algues rouges calcaires si caractéristiques des

platiers externes d'atolls. Les îles Marquises quant à elles, dépourvues de complexe récifal, offrent entre autres des trottoirs basaltiques entrecoupés de cuvettes où se nichent de nombreuses espèces, dont certaines sont encore récoltées pour être consommées. L'étude en cours des récoltes de 2011 révélera sans doute de nouvelles espèces pour la région, voire pour la science, confirmant ainsi le micro-endémisme associé à cet archipel. Enfin, le record du nombre d'espèces revient aux îles de la Société où la diversité des habitats se conjugue avec la richesse des communautés biologiques. Aujourd'hui, plus de 220 taxons sont recensés dans la seule île de Moorea.

Halimeda heteromorpha © C. Payri / 'Yeurt



Algue brune *Padina boryana*.

© C. Payri

La Polynésie : une étape entre l'ouest et l'est du Pacifique

La flore marine de Polynésie appartient à la grande province biogéographique de l'Indopacifique qui s'étend au niveau de l'équateur, sur les trois quarts de la circonférence du globe. Côté Pacifique, la région la plus riche se situe à l'ouest dans le triangle de corail délimité par les Philippines, l'Indonésie et les îles Salomon. Depuis cette région, le nombre d'espèces diminue progressivement vers l'est mais également avec la latitude, vers le nord et



Halimeda minima, algue verte calcaire typique de la végétation sous-marine des atolls. © C. Payri

vers le sud de part et d'autre de la zone intertropicale. La Polynésie se situe sur ce gradient décroissant, avec trois fois plus d'espèces qu'à l'île de Pâques mais deux à trois fois moins qu'en Indonésie, où le nombre d'espèces pourrait dépasser le millier. Plusieurs genres très communs en zones tropicales sont mal représentés, comme les algues vertes des genres *Rhipilia*, *Udotea*, ou encore *Bornetella*, voire totalement absents, comme *Tydemania expeditionis* si commune à Fidji par exemple. Mais dans la guerre des nombres, l'absence de certaines espèces est largement compensée par la diversité en paysages sous-marins et en habitats. Le

contraste entre les différents archipels singularise la Polynésie et son patrimoine naturel.

La mémoire des algues

Les algues calcaires ont la particularité de laisser à leur mort un squelette calcaire qui se conservera à travers les âges. Ces structures pourront être interprétées à la lumière des connaissances sur les espèces actuelles et leur association, en termes de paléoenvironnements dans l'étude des archives sédimentaires. Ainsi, l'utilisation des algues calcaires prélevées par forage ou dragages dans les récifs fossiles de Tahiti



Algue rouge *Renouxia* sp., dont l'espèce doit être décrite. © C. Payri

ou des Marquises a permis, grâce aux compétences des équipes de géosciences de l'IRD, de contribuer à retracer les paléoenvironnements et l'histoire géologique très récente des Marquises.

La consommation des algues : du présent au passé

On connaît peu de choses sur la consommation des algues en Polynésie pour les périodes récentes ou celles antérieures au contact européen. Les dix espèces recensées de nos jours pour être consommées ne concernent que les archipels des Mar-

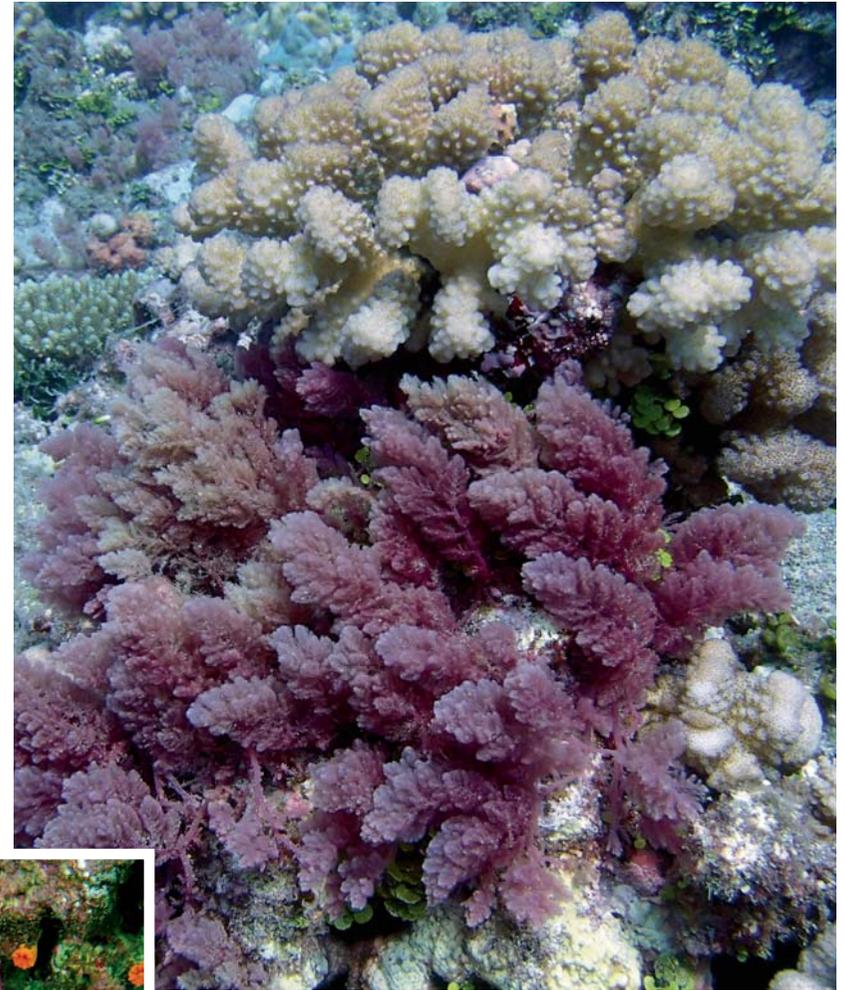
quises et des Australes, et les pratiques varient selon les lieux. C'est aux Marquises que la diversité est la plus grande, avec 7 espèces contre 4 aux îles Australes. Faute d'informations précises dans les écrits des premiers Européens, il est difficile d'estimer si cette pratique était plus développée dans le passé que de nos jours. On peut néanmoins penser qu'elle n'a jamais connu la même ampleur que dans l'archipel voisin de Hawaï où plus de 30 espèces sont consommées et vendues sur les marchés ethniques. Cette pratique est une survivance du passé encore bien vivante chez la plupart des anciens qui détiennent notamment les noms vernaculaires et autres ren-

seignements. Ainsi, l'espèce *Caulerpa racemosa* est appelée en marquisien « imu topua » (algue-fleur) à Ua Huka ou « imu pukupuku (algue-boulette) à Nuku Hiva, « konini » à Rapa et « remu vine » (algue-grappe de raisin) à Tubuaï. On constate que, sauf à Rapa, l'utilisation d'un mot qui désigne l'espèce fait référence à une fleur, ou au raisin, traduisant l'influence européenne dans l'ajout ou la substitution de termes descriptifs. Quoiqu'il en soit, cette pratique pré-européenne est une parcelle de préhistoire qui perdure et dont l'étude est une contribution à la reconstitution de la relation des anciens Polynésiens avec leur environnement marin.

Des recherches encore à venir

Au plan systématique, il reste sans doute encore beaucoup à découvrir dans les nombreuses îles qui n'ont jamais été prospectées, mais aussi dans la tranche bathymétrique en dessous de 40 m qui n'a été que peu étudiée. La généralisation de la taxonomie intégrative dans les projets à venir repoussera très certainement les limites de la richesse en espèces. Les voies de recherche ouvertes avec l'écologie chimique et l'étude des interactions entre coraux et algues permettront de comprendre les stratégies de développement de certaines espèces dont les proliférations pourraient remettre en question l'état de santé des récifs ; c'est précisément l'objectif du projet Seaprolif développé actuellement par l'IRD dans le

cadre du programme européen Netbiome. Outre la compréhension des mécanismes fondamentaux qui président au fonctionnement des écosystèmes, les travaux sur les algues en écologie chimique ouvrent des perspectives importantes dans le domaine de la chimie bleue aux débouchés multiples pour la société. Les végétaux marins sont un réservoir de molécules pour de nouveaux procédés biotechnologiques. Ces perspectives suscitent de par le monde de plus en plus de recherches en pharmacologie, cosmétique et alimentation, et la Polynésie devrait pouvoir continuer à y prendre part.



Asparagopsis taxiformis. Algue rouge étudiée dans le cadre des interactions algues/coraux abordées dans le programme Seaprolif
© Aschwin Engelen/CCMAR



Algue molle rouge. *Titanophora weberae*.
© P. Bacchet

Lexique

A

Affinités biogéographiques

Relations mutuelles entre la distribution géographique de groupes d'espèces.

Algues

Ensemble de végétaux photosynthétiques vivant majoritairement en milieu aquatique (marin et eaux douces) et qui sont dépourvus de tige, feuille et racine.

Algues calcaires

Algues qui ont la capacité de précipiter dans leurs cellules le carbonate de calcium contenu dans l'eau de mer pour former un squelette interne calcaire.

Algues molles

Algues qui ne contiennent pas de calcaire.

Algues unicellulaires

Algues formées d'une seule cellule, généralement de taille microscopique.

Archives sédimentaires

L'ensemble des restes laissés par les organismes après leur mort et qui se sont accumulés pour former des roches calcaires dans lesquelles on peut reconnaître les espèces.

B

Barcoding (moléculaire)

Outil permettant la caractérisation gé-

netique d'un individu ou d'un échantillon d'individu à partir d'un gène du génome mitochondrial (la cytochrome oxydase ou COI).

Benthique

Se dit des organismes aquatiques vivant au fond des océans, qui sont fixés ou se déplacent peu ou pas du tout.

Biologie de la conservation

Discipline dont l'objectif est d'identifier les populations en déclin et les espèces en danger, pour déterminer les causes de leur déclin et proposer, tester et valider des moyens d'y remédier à ce déclin.

C

Calcification

Processus par lequel les ions carbonates de l'eau de mer sont précipités pour former une masse calcaire.

Chaîne trophique

Suite d'organismes où chacun consomme les organismes du niveau inférieur dans le but d'acquérir de l'énergie.

Chimie bleue

Chimie respectueuse de l'environnement et issue de la biomasse végétale marine.

E

Endémisme (micro)

Qui se rapporte aux espèces que l'on

trouve, naturellement, dans une région donnée et nulle part ailleurs.

L

Lignée évolutive

Ensemble des espèces qui dérivent les unes des autres au cours de l'évolution.

M

Macroalgue pluricellulaire

Algue constituée de nombreuses cellules et formant généralement un individu de grande taille.

Matrice corallienne

Structure calcaire formée par l'accumulation des organismes calcaires, principalement les coraux et les algues calcaires.

N

Nom vernaculaire

Nom usuel, en langue locale, donné à une ou plusieurs espèces animales ou végétales dans leur pays ou région d'origine.

P

Paléo-environnements

Environnements anciens (fossiles).

Phycologie

Étude des algues.

Phycologue

Qui étudie les algues.

Phylogénie

Représentation graphique des relations de parenté entre différents être vivants.

Production primaire

Production nette de matière organique fabriquée par les végétaux grâce à la photosynthèse.

Province biogéographique

Zone géographique assez large se distinguant par le caractère unique de sa géomorphologie, de sa géologie, de son climat, de ses sols, de ses ressources en eau, de sa faune et de sa flore.

R

Récif corallien

Structure naturelle de région tropicale, construite entièrement par des êtres vivants – principalement les coraux et les algues calcaires – et qui abrite de nombreuses espèces animales et végétales.

S

Service écosystémique

Bienfait direct ou indirect que retire l'homme de la nature.

Survivance

Ce qui demeure (reste) d'une chose disparue.

T

Taxon

Groupe d'organismes vivants (famille, genre, espèce...) possédant certains caractères communs bien définis.

Taxonomie intégrative

Décrit et regroupe des organismes vivants en utilisant des critères de nature différente comme la morphologie, la génétique ou encore la chimie.

Trottoir basaltique

Plateforme de roches basaltiques qui borde la côte.

Remerciements

Dactyle

University of South Pacific, Antoine R. de N'Yeurt,

Université de la Polynésie française

University of California Berkeley (Gump station Moorea)

IRD (Coreus et EIO)

Financements passés :

Orstom (TypAtoll), UPF (Contrat État territoire),

Financements récents et en cours :

AAMP, IRD (ERA-Net Netbiome)

Bibliographie

Sites en ligne

<http://www.coreus.ird.fr>

<http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/Atoll-pol/ecorecat/algues>

<http://mooreabiocode.org/teams/algae>

Ouvrages et revues

Conte, E., Payri, C.E. 2007. La consommation des algues en Polynésie Française, étude sur les survivances d'une pratique pré-européenne. Bulletin de la Société des Études Océaniques, N°309 : 105-126.

N'Yeurt, ADR., Payri, C.E. 2006. Marine Algal Flora of French Polynesia. I. Heterokontophyta (Phaeophyceae, Brown algae). Cryptogamie-Algologie. 27(2) :111-152.

N'Yeurt, ADR., Payri, C.E. 2007. Marine Algal Flora of French Polynesia. II. Chlorophyta (Green algae). Cryptogamie-Algologie. 28, (1) : 3-88.

N'Yeurt, A. D. R., Payri, C.E. 2009. Four new species of Rhodophyceae from Fiji, Polynesia and Vanuatu, South Pacific. Phycological research, 57 : 12-24.

N'Yeurt, A. D. R., Payri, C.E. 2010. Marine algal flora of French Polynesia III. Rhodophyta, with additions to the

Phaeophyceae and Chlorophyta. Cryptogamie Algologie 31, n° 1 : 3-201.

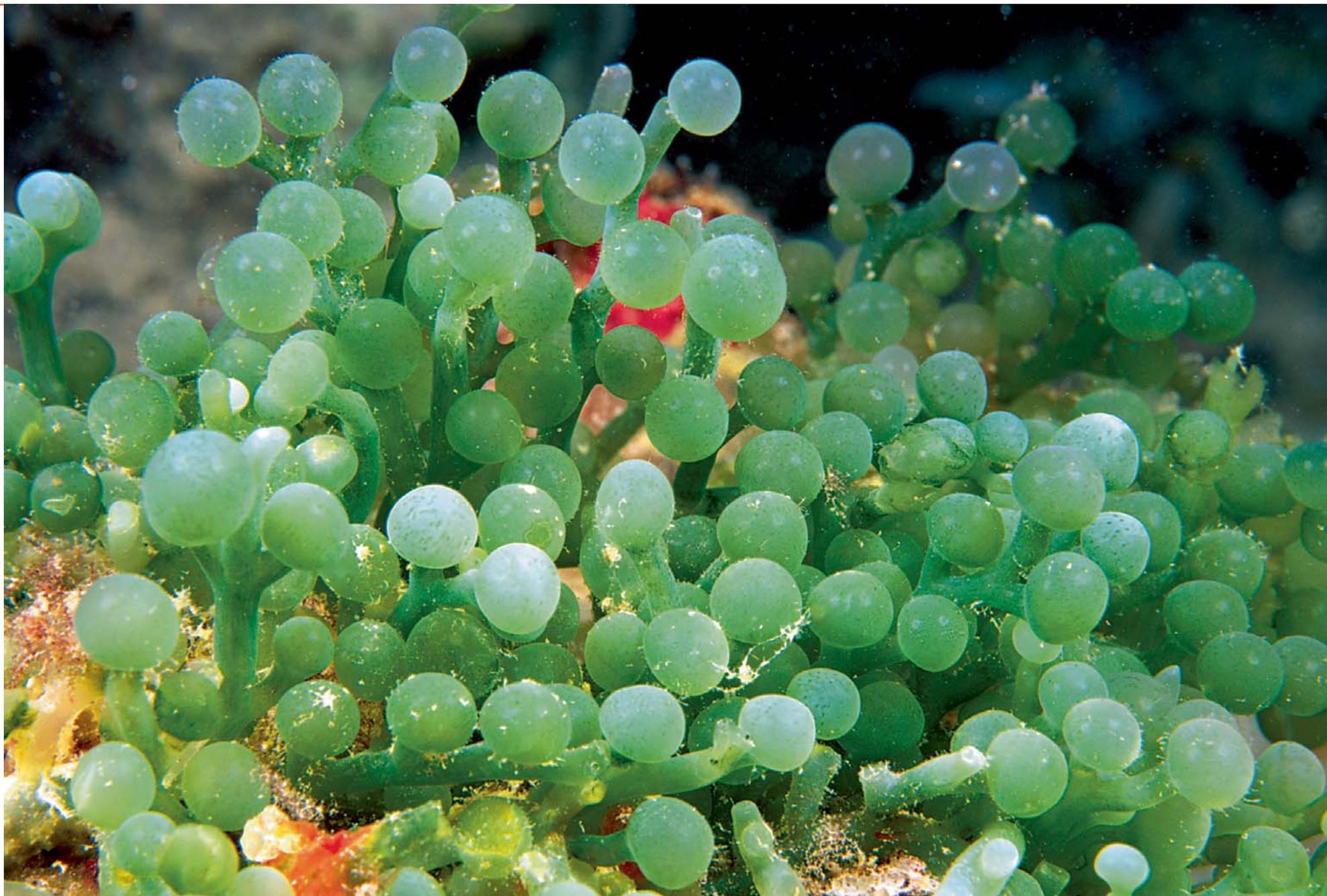
Mattio, L. Payri, C.E. & Stiger-Pouvreau, V. 2008. Taxonomic revision of the genus Sargassum (Fucales, Phaeophyceae) from French Polynesia based on morphological and molecular analyses. J. Phycol. 44 : 1541-1555. (IF : 2.82)

Payri, C.E., N'Yeurt, A. D. R., J. Orem-puller. 2000. Algues de Polynésie/Algae of French Polynesia. Au Vent des Iles, Eds Tahiti, 320 p.

Zubia, M., Payri, C., Deslandes, E. 2008. Alginate, mannitol, phenolic compounds and biological activities of two range-extending brown algae, Sargassum mangarevense and Turbinaria ornata (Phaeophyta : Fucales), from Tahiti (French Polynesia). Journal of Applied Phycology, 20 (6) : 1033-1043.

Ci-contre : *Caulerpa racemosa*.
Algue verte molle consommée
dans tout le Pacifique.

© P. Bacchet





Éponge du genre *Dysidea*. Mission Tuam'2011 (archipel des Tuamotu). © E. Folcher

Les éponges de Polynésie française



Résumé

Les récifs coralliens comptent parmi les écosystèmes les plus diversifiés de la planète mais aussi parmi les plus menacés. Ce sont des milieux d'une grande diversité, milieux auxquels la France a accès dans ses territoires et départements d'outre-mer dans les océans Atlantique, Indien et Pacifique. La Polynésie fait partie des points chauds de la biodiversité qu'il convient de protéger au mieux et de valoriser. L'équipe s'est principalement intéressée aux éponges, très peu connues en Polynésie française et qui ont montré après les premières étapes de leur étude un intérêt fondamental : plus de 30 % d'espèces nouvelles en ce qui concerne les spongiaires des îles de la Société et des Marquises. Environ 150 espèces devraient être répertoriées à la fin de l'exploration menée par l'équipe de chimie marine.

Les éponges sont aussi une source intéressante

de nouvelles molécules que l'on cherche à valoriser dans différents domaines, en particulier pour des applications liées au milieu marin et à l'environnement (antifouling, aquaculture) mais aussi en santé humaine avec des perspectives à plus long terme.

Cette recherche repose sur un travail de terrain à l'échelle de la Polynésie française, la suite des travaux étant une recherche minutieuse sur des centaines d'échantillons dont certains résultats sont déjà concrets.

Par Cécile Debitus, chargée de recherche, centre IRD de Polynésie française
Ecosystèmes Insulaires Océaniques, UMR 241

cecile.debitus@ird.fr

L'étude des éponges a été délaissée jusqu'à présent en Polynésie française, leur faible attrait s'expliquant peut-être par leur esthétique, une méconnaissance globale, ou bien encore la concurrence avec d'autres espèces et variétés végétales et animales. Lors de nos campagnes océanographiques, de nombreuses espèces ont pu être récoltées et répertoriées. Leur intérêt comme source de molécules innovantes est indiscutable et les perspectives en termes d'applications dans différents domaines comme la santé, l'environnement, ou la cosmétologie sont importantes.

Tumu parau

Te auaa parau i roto i te oraraa vaamataëinaa, te peu tumu, e te faaravaiaa faufaa.

Te mau aau, e mau vähi ia tei i te mau mea oraora e rave rau, e hau atu to rätou rauraa i te tahi atu mau vähi oraora o te paraneta. A tae hoi ë, tē mōrohirohi noa atu nei rā rätou. Te fenua Farāni anaë tē fānaò i tera mau vähi (Moana Átaranētita, Moana Inítia, Moana Patifita). Tei nià ò Porinetia i te tāpura o te mau vähi e mea rau te mau mea oraora, e tià ia ia pāruuhia e ia haafaafaahia.

Ua tūtonu te pupu māimi i te parau o te mau rimu titià, tei òre i mātau-maitai-hia i Porinetia nei. Ua faaité mai te òmuaraa o taua mau māimira ra i te hoë vähi faufaa roa, ò ia hoi, hau i te 30% mau huru rimu titià āpī tei itehia i te mau motu Totaiete e i te Henua Enana. Fātata e 150 huru rimu titià tē tāpaòhia e te pupu māimi ia oti te titorororora. E vähi faufaa atoà no te hāmani i te mau raveà āpī faaòhipahia no te moana ānei, no te aruaitamareva ānei e no te ea.

Tera rā, e tià ia ravehia taua mau māimira ra i te mau motu atoà o Porinetia farāni. Ia oti te reira tuhaa òhipa, e hiòpoà-maité-hia tau hanere mau huàhuà rimu titià no te āpo mai i to rätou faanahora. Ua matara aëna mai te faufaa o teie māimira na roto i te faaòhiparaa pāpū i noa mai.

Contexte socioculturel et économique

Les récifs coralliens comptent parmi les écosystèmes les plus diversifiés de la planète mais aussi parmi les plus menacés. Milieux de très grande biodiversité, ils intéressent un demi-milliard d'êtres humains dans plus de 100 pays, presque tous en développement, et sont très sensibles aux perturbations tant locales (pollution, surpêche, aménagement littoral) que globales (réchauffement des eaux et événements climatiques). L'initiative internationale sur les récifs coralliens (Icri) estime que 20 % des récifs du monde ont déjà été détruits, 24 % sont actuellement en grave danger et 26 % supplémentaires le seront en 2050.

La France occupe le 4^e rang mondial de par la surface de ses récifs coralliens et elle est le seul pays à avoir accès à des récifs coralliens dans tous les océans où ils se développent (océan Atlantique, océan Indien, océan Pacifique). L'Agence française de développement a pris l'initiative d'actions d'envergure en termes d'appui au développement durable dans les milieux coralliens, répondant au souci de favoriser l'insertion des collectivités françaises du Pacifique (programme Crisp). De plus, la Nouvelle-Calédonie vient de voir reconnaître son patrimoine corallien au titre d'héritage mondial par l'Unesco, et l'archipel des Marquises est actuellement aussi en voie de classement par l'Unesco. La définition d'une politique de

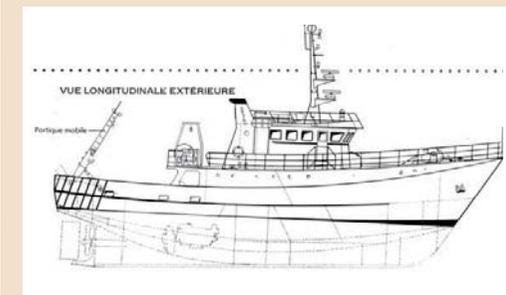
conservation de la biodiversité dépend essentiellement du rôle économique de ladite biodiversité pour les populations locales et de la valeur patrimoniale ou culturelle que ces mêmes populations lui attribuent. La conservation des ressources renouvelables s'apparente à une gestion de patrimoine où l'on doit gérer l'actuel pour ne pas dilapider le futur.

Les valeurs de la biodiversité se déclinent en plusieurs types :

- valeurs patrimoniales (importantes pour l'écotourisme) ;
- valeurs d'option (substances actives, conchyliculture par exemple) ;
- valeurs de consommation directe (poissons, mollusques, crustacés) ;
- valeurs productives (produits issus de mollusques et impact sur l'environnement).

La biodiversité des départements et pays d'outre mer est le plus souvent remarquable : ces îles se situent en général dans des hot-spots de biodiversité, et leur isolement, comme celui de la Polynésie française, a conduit à des phénomènes de spéciation des organismes et à des taux d'endémisme importants. Les études scientifiques fondamentales, comme les programmes de bioprospection qui conjuguent connaissance du patrimoine biologique (valeurs patrimoniales) et recherche d'activités biologiques (valeurs d'option), contribuent ainsi à leur niveau à la prise de conscience par les communautés de la richesse du patrimoine natu-

Le navire océanographique *Alis*



L'*Alis* est l'un des deux navires océanographiques de l'IRD mis à la disposition de la communauté scientifique. Ce navire de 28m est un excellent outil au service de la Science. Il permet de réaliser différentes missions dans les eaux des archipels de Polynésie française comme par exemple en 2013 les campagnes Tuhaa Pae dédiée à l'exploration de la biodiversité des spongiaires des îles Australes, ou encore Polyperl pour l'étude des lagons perlicoles et Pristine ayant pour but la définition des milieux peu impactés aux Gambiers. Depuis avril 2006, l'entretien et le fonctionnement des navires ainsi que la gestion des marins, est confié au Groupement d'intérêt économique Genavir (Gestion de navires de recherche océanographique) qui est aussi l'opérateur des navires océanographiques de l'Ifremer, ainsi que des engins et des équipements utilisés dans le cadre de la recherche océanographique française.

Depuis le 2 mars 2011, L'UMS Flotte océanographique française élabore et met en œuvre la programmation intégrée des navires et des équipements lourds ouverts aux appels d'offres nationaux (hauturiers et côtiers).





Prélèvement d'échantillons pour la génétique.
© E. Folcher



Beaucoup de plongées pour procéder aux récoltes.
Makemo, Mission Tuam'2011. © E. Folcher



Récolte d'éponges. Fakarava, Mission Tuam'2011.
© B. Bourgeois

rel et de l'importance de sa conservation. Au niveau de la Polynésie française, l'importance du milieu marin, en particulier récifal, est considérable : elle se compose de 118 îles, d'origine volcanique ou corallienne, couvrant une superficie émergée de 4 200 km² (soit la moitié environ de la surface de la Corse) dispersée sur 2 500 000 km² (équivalent à la surface de l'Europe), réparties en 5 archipels. Les populations dépendent étroitement des ressources récifales, et la zone 0-80 m a été définie comme zone prioritaire d'étude et de protection dans le plan d'action du Ruahatu (contribution locale au Grenelle de la mer) pour le développement de cet archipel.

Les engagements pris relèvent des 4 thématiques suivantes :

- mieux connaître la mer et le littoral ;
- protéger la biodiversité marine ;
- favoriser le développement des métiers de la mer et des transports maritimes ;
- valoriser les ressources marines.

C'est dans ce contexte socioculturel et économique que se situe ce projet d'étude de la biodiversité benthique de la Polynésie française entrepris par l'IRD en collaboration avec l'université de Polynésie française, dont les équipes concernées par ce projet sont réunies depuis 2010 au

Centre de recherches sur la biodiversité insulaire (CPRBI, Arue, Tahiti), créé suite aux recommandations de l'expertise collégiale sur les substances naturelles de Polynésie française.



Échantillonnage des organismes dans le laboratoire humide de l'Alis. © S. Petek

Pourquoi les éponges ?

Les éponges ou spongiaires sont des invertébrés qui vivent dans tous les milieux marins, sous toutes les latitudes et à toutes les profondeurs. Ce groupe est particulièrement important dans les eaux tropicales, en particulier à proximité des foyers de dispersion de la biodiversité marine, comme aux Antilles où elles couvrent plus de 75 % des récifs. En Polynésie, seulement 3 espèces ont été répertoriées dans la littérature et inscrites dans le GBIF à ce jour. Devant ce manque d'information sur ces organismes, deux hypothèses pouvaient être émises : soit ce groupe est effectivement rare, soit personne ne s'est donné la peine de l'étudier, la tâche étant à la taille de la Polynésie française ! Cependant, les notes de Pierre Laboute mises à notre disposition, essen-

tiellement sur Tahiti et les Tuamotu, sont en faveur de la deuxième hypothèse.

Contrairement aux végétaux terrestres, les populations n'utilisent ces organismes ni en alimentation ou en cosmétique (il n'y a pas d'éponge de toilette en Polynésie), ni pour se soigner. De plus, ces organismes n'ont aucun attrait esthétique et ne peuvent être collectionnés contrairement aux mollusques pour lesquels une partie importante des connaissances provient de collectionneurs amateurs. Pourtant, les éponges présentent un intérêt important comme source de molécules innovantes, ce qui a motivé leur étude lors de grands programmes de pharmacochimie, en particulier dans le Pacifique. Les spongiaires sont à la source de médicaments anticancéreux et antiviraux, dont des analogues de synthèse comme l'AZT sont utilisés pour soigner les infections à



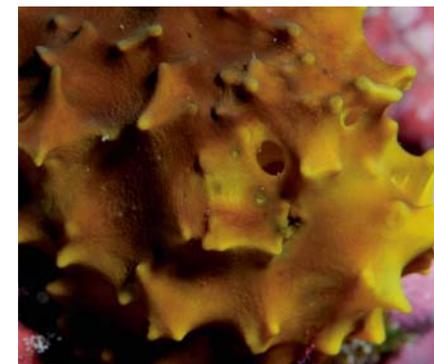
Tri des organismes. © S. Petek



Éponge *Astrosclera willeyana*. © E. Folcher



Éponge *Smenospongia aurea*. © D. Fleurisson



Éponge du genre *Suberea*. © E. Folcher



Éponge détermination en cours. © S. Petek

VIH, les hépatites chroniques, les leucémies ou d'autres tumeurs solides. L'expertise collégiale menée en 2006 sur le potentiel des ressources naturelles vivantes en Polynésie française a révélé le peu de travaux menés dans ce domaine à partir du milieu marin : seules certaines ressources comme les micro-organismes isolés du kopara sont bien valorisées, certains produits étant commercialisés à l'exportation.

Dans ce contexte, après avoir mené des programmes pendant de nombreuses années dans l'ouest du Pacifique en Nouvelle-Calédonie, au Vanuatu, aux îles Salomon et aux Fidji, l'inventaire et l'étude pharmacochimique des éponges de Polynésie française ont été entrepris par une équipe IRD qui travaille sur les substances naturelles marines.

Exploration et résultats

Nous avons entrepris ce travail d'échantillonnage et de recueil de données sur l'environnement de ces organismes grâce aux moyens importants mis à notre disposition par l'IRD, à savoir le navire océanographique Alis, suivant un programme de campagne échelonné sur plusieurs années : îles de la Société et îles Marquises en 2009 (41 jours, 275 plongées, 2 200 miles, 79 espèces), archipel des Tuamotu, Tetiaroa et Mehetia (Îles du Vent) en 2011 (41 jours, 209 plongées, 2 300 miles, 103 espèces), archipel des

Australes programmé en mars 2013 (36 jours, 250 plongées, 1 800 miles). Ces campagnes ont été complétées par des missions menées en collaboration avec le Criobe en 2010 (Gambiers, projet Coralspot), l'Agence des aires marines protégées en 2011 (campagne Pakaihi i te Moana, aux Marquises : îles d'Eiao, Hatuta et Fatu Huku) ou encore avec la Living Ocean Foundation en 2012 (Global Reef Expedition, leg Société : îles Mopelia, Bellighausen, Scilly et Tupai).

Au total, environ 150 espèces ont été récoltées. Les résultats de la première campagne aux îles de la Société et aux îles Marquises ont permis de montrer que si le nombre d'espèces est relativement faible, environ 30 % sont nouvelles pour la science. Trop peu de travaux ont été menés dans les archipels environnants pour affirmer que ces espèces sont endémiques, mais l'éloignement et l'isolement de ces récifs et lagons ont clairement contribué à l'adaptation et la spéciation de ces organismes. Seulement 4 espèces sont communes aux îles Marquises et à la Société, dont 3 ont été aussi trouvées aux Tuamotu.

Une comparaison des efforts de récoltes menés aux Marquises et aux îles Salomon situées à la même latitude avec les mêmes stratégies et méthodes montre qu'à effort identique, le nombre d'espèces récoltées est 3 fois inférieur, mais par contre le taux d'espèces nouvelles est 2 fois plus important. Une autre comparaison a été réalisée entre ce travail aux îles Marquises et les



Éponge *Dactylospongia metachromia*.
© E. Folcher



Éponge *Ptilocaulis* sp. © E. Folcher



Éponge, *Dysidea* sp. © B. Bourgeois



Éponge *Clathrina* sp. © E. Folcher

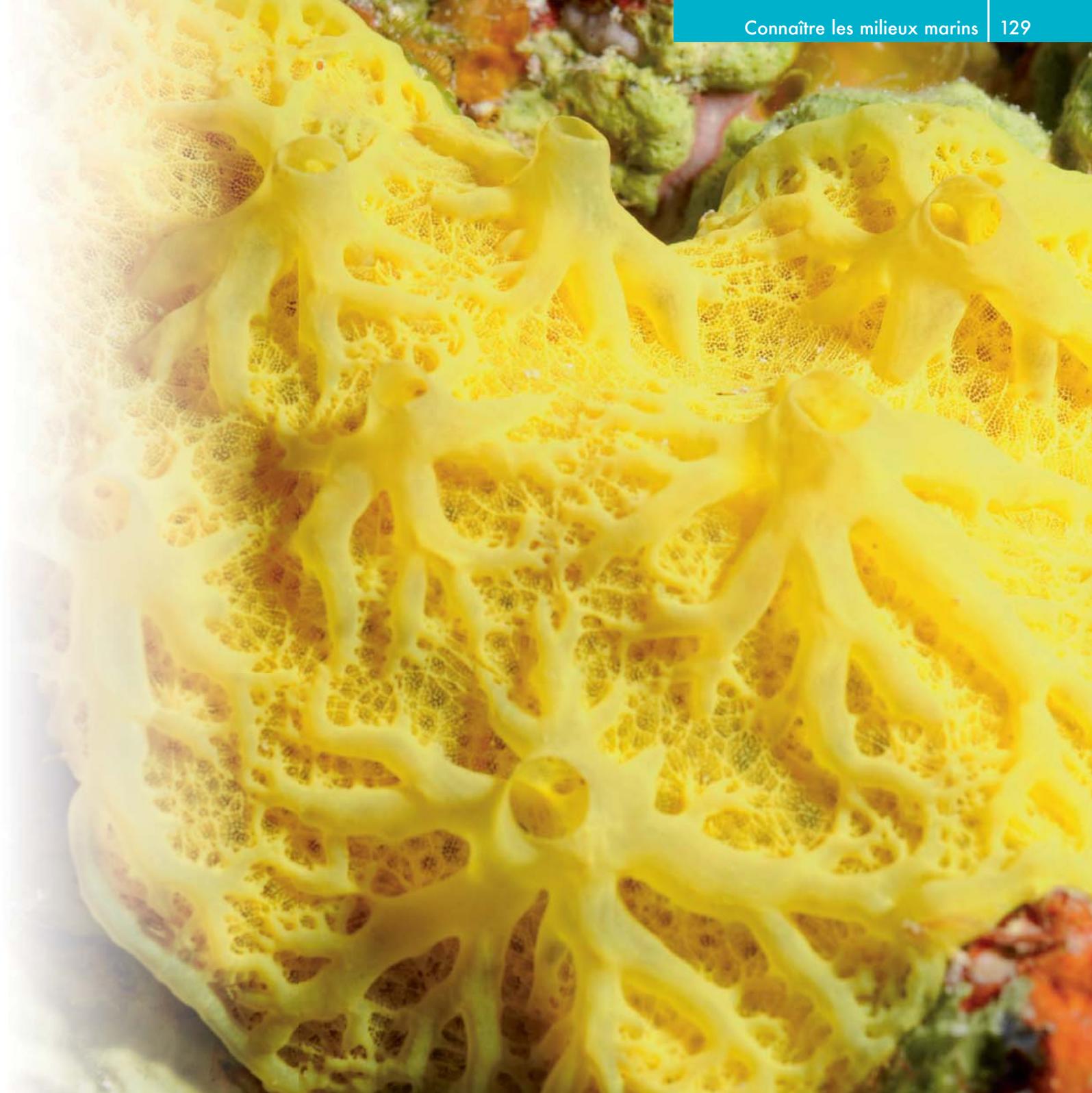


Éponge *Acanthella carteri*. © E. Folcher

travaux d'inventaire menés aux îles Hawaii, d'une morphologie et d'un isolement analogues : elle montre que si ces îles ne partagent pas d'espèces communes, elles présentent un arrangement qualitatif et quantitatif similaire au niveau ordinal, générique et spécifique.

Perspectives

La valorisation des collections tant des spécimens que de leurs extraits (environ 25 % seulement sont présents en quantités suffisantes pour une étude chimique et des propriétés des extraits) est soutenue par différents programmes financés par l'État et le Territoire (BioPolyVal 2012-2014), le Grand Observatoire du Pacifique Sud (action incitative Gops Tuam'2011), ou encore l'ANR (projet Pomare Netbiome 2012-2015). Un intérêt particulier est porté sur les thématiques d'un fort intérêt local ou pour les pays du Sud, comme l'aquaculture ou la perliculture, en privilégiant des applications en milieu marin pour des molécules d'origine marine, sans toutefois négliger les autres applications possibles en santé humaine comme les substances anti-tumorales. Pour finir, l'ensemble des données acquises est pérennisé au sein de la base de données Cantharella, conçue par l'équipe des substances naturelles marines et développée avec le soutien de l'IRD.



Lexique

A

ANR

Agence nationale de la recherche. L'Agence nationale de la recherche a pour mission d'augmenter la dynamique du système français de recherche et d'innovation en lui donnant davantage de souplesse. A ce titre, l'ANR doit favoriser l'émergence de nouveaux concepts, accroître les efforts de recherche sur des priorités économiques et sociétales, intensifier les collaborations public-privé et développer les partenariats internationaux. L'ANR accompagne l'ensemble des communautés scientifiques publiques et privées.

C

Cantharella (base de données)

Le Système d'information (SI) Cantharella vise à pérenniser et partager via internet de manière sécurisée et raisonnée les données pharmacochimiques des substances naturelles quelle qu'en soit l'origine (terrestre, marine, microorganisme).

Crisp

« Coral Reef Initiative for the South Pacific » (initiative corail pour le Pacifique) Initiatives est une initiative engagée par la France pour la protection et la gestion des récifs coralliens dans le Pacifique. Ouverte à toutes les contributions, elle a pour but de développer pour l'avenir une

vision de ces milieux uniques et des peuples qui en dépendent ; elle se propose de mettre en place des stratégies et des projets visant à préserver leur biodiversité et à développer les services économiques et environnementaux qu'ils rendent, tant au niveau local que global.

G

GBIF

« Global Biodiversity Information Facility ». Le GBIF, consortium international fondé à l'initiative de l'OCDE, est un programme qui tente de rassembler toutes ces données et de les mettre en commun à la disposition des chercheurs et du grand public. Ainsi la biodiversité sera mieux connue, mieux étudiée et mieux utilisée. Les collections seront aussi plus visibles et mieux mises en valeur, et les régions mieux connues. Enfin, il sera plus facile aux chercheurs étudiant la biodiversité de préparer leurs recherches, de les comparer et de les mettre en relation avec les travaux antérieurs.

H

Hot-spot

Un point chaud de biodiversité. C'est une zone géographique (terrestre ou marine) possédant une grande richesse de biodiversité.

I

Icri

L'Organisation internationale pour les récifs coralliens (Icri) est un partenariat entre gouvernements, organisations internationales et organisations non gouvernementales. Il s'efforce de préserver les récifs coralliens et les écosystèmes associés en mettant en œuvre le chapitre 17 d'Action 21, et d'autres conventions et accords internationaux.

K

Kopara

Le kopara est un assemblage de différents microorganismes, cyanobactéries et bactéries, formant un sédiment vivant que l'on trouve dans des mares sur les atolls des Tuamotu.

U

Unesco

Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture.

Bibliographie

Sites en ligne

<http://www.pomare.org>

<http://cantharella.ird.nc>

<http://www.gbif.fr>

<http://www.icriforum.org>

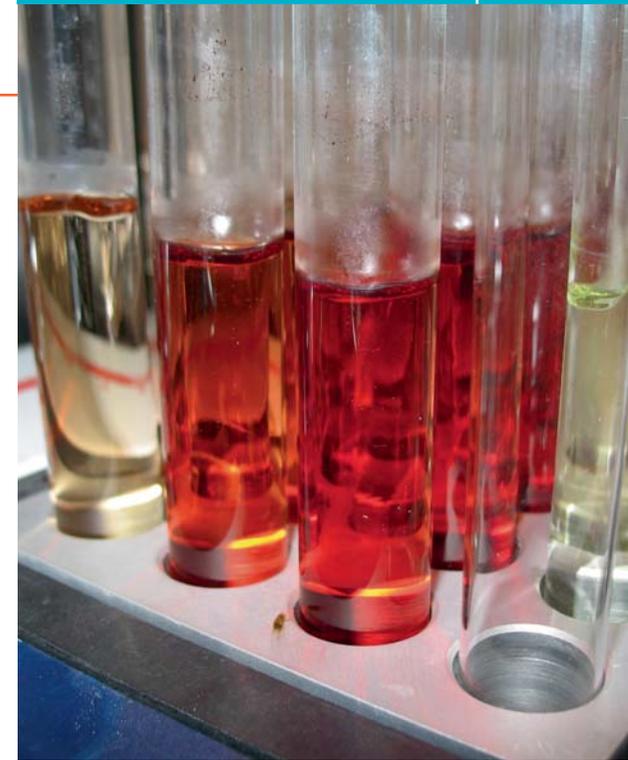
Ouvrages et revues

Guezennec, C. ; Moretti, C. ; Simon J.-C. (2006) Substances naturelles en Polynésie française. Paris IRD, collection Expertise collégiale.

Hall, K.A. ; Debitus C. *et al.* Affinities of sponges (Porifera) of the Marquesas and Society Islands, French Polynesia, Pacific Science 2013, sous presse.

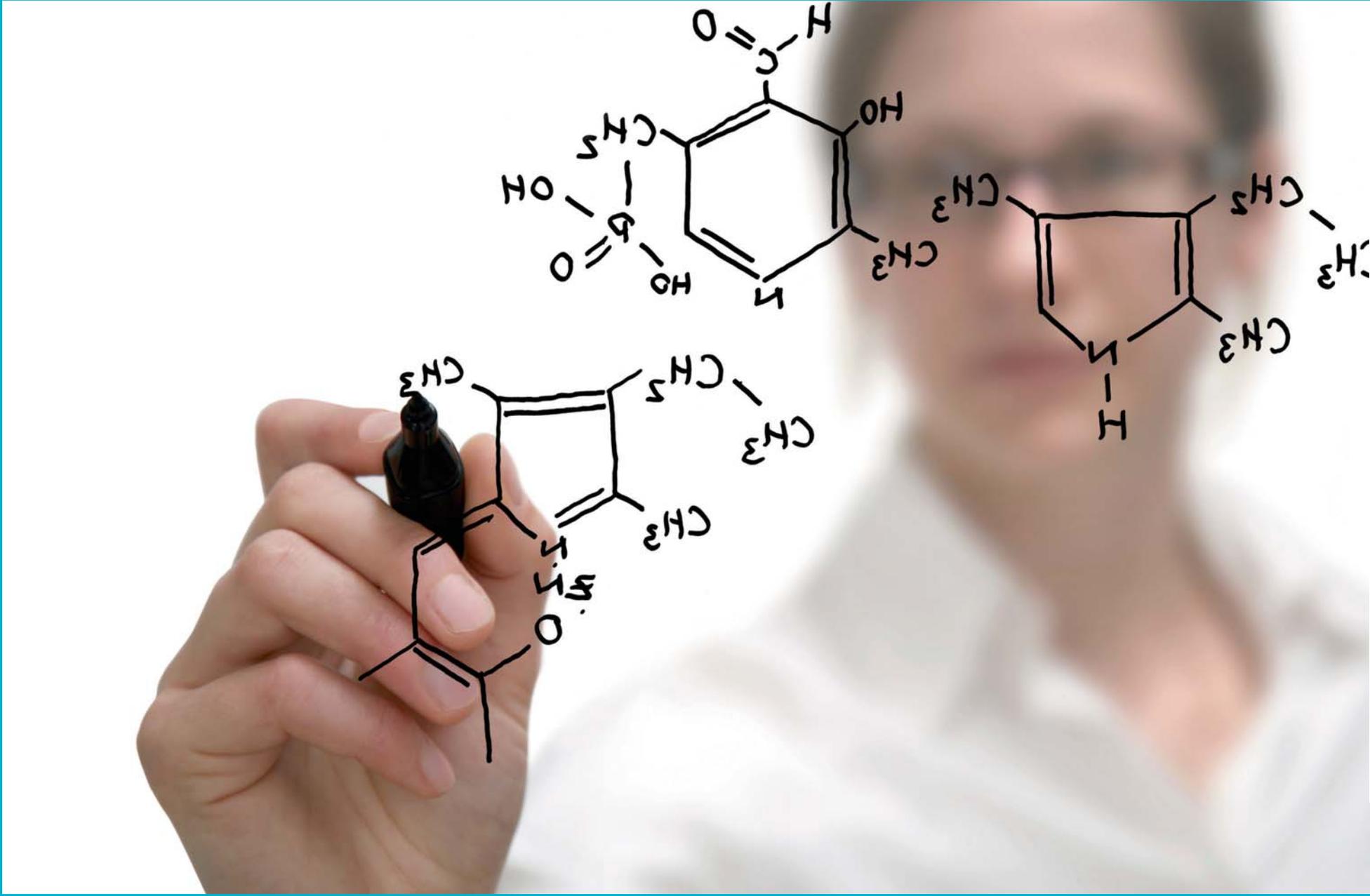
Kornprobst, J.-M. (2005) Substances naturelles d'origine marine. Tec & Doc, 2005.

Levi, C. *et al.* (1998) Sponges of the New Caledonian lagoon, ed. Orstom, 1998.



Recenser
des connaissances spécifiques
pour les capitaliser et les diffuser







CANTHARELLA

Base de données pharmacochimique
des substances naturelles

Par Sylvain Petek, chargé de recherche, centre IRD de Polynésie française
porteur du projet & administrateur de Cantharella
Ecosystèmes Insulaires Océaniques, UMR 241
sylvain.petek@ird.fr

Développé par l'IRD à partir de logiciels Open Source, le système d'information Cantharella vise à pérenniser et partager via internet les données pharmacochimiques des substances naturelles quelle qu'en soit l'origine. La base de données a pour vocation la centralisation des processus de purification, des activités biologiques, l'accès aux données taxonomiques, aux photos, et aux stations de récolte.

Résumé

Cantharella est une base de données accessible par internet, qui a pour objectif de centraliser et pérenniser les différentes informations collectées lors de programmes de recherche s'intéressant aux substances naturelles.

Cet outil collaboratif permet :

- d'assurer une traçabilité des organismes de la récolte aux tests biologiques en passant par les différents processus d'extraction et de purification ;
- de capitaliser des données concernant les stations de récolte, la taxonomie des organismes, les molécules identifiées, les activités biologiques, et autres documents (photos, autorisations, rapports, spectres etc.) ;
- de partager des informations entre collègues, avec nos collaborateurs, mais également avec les territoires, collectivités, pays prospectés dans un souci de restitution d'informations.

Cette application, créée à partir de briques logicielles open source, est mise à disposition de la communauté sous licence libre.

Tumu parau

E puëraa ìte teie ta te taata e nehenehe e taiò maoti te tahua natirara. Tona fà, ò ia te puturaa e te faaherehere maoro i te mau maramarama huru rau tei maimihia mai i nià i te mau huàhuà natura.

E moihaa no te :

- àpee maite i te tereraa o te mau huàhuà natura, ò ia hoì, mai te òhiraa, te huru o te tìtiàraa, te tāmāraa e tae roa atu i te mau hiòpoàraa rau.
- putu maite i te mau maramarama i nià i te mau vāhi òhiraa, te iòa o taua mau mea oraora ra, te tāpaòraa o te mau huàhuà hīmio i roto, to ratou oraraa e te tahi atu mau maramarama (hōhoà pata, faatureraa, tātararaa, etc.).
- òpere maite i teie mau maramarama i te feiā māimi, te mau rima tauturu i āpiti mai ia mātou, e tae noa atu i te mau fenua i tītorotorohia, tāpaò te reira no te faahoì i te ìte i noaa mai i te tumu iho.

Teie faanahoraa roro uira, ò tei hāmanihia ma te rave i te tahi mau tuhaa roro uira « open source », ua matara ia te reira i te tāatoàraa o te feiā ìhi ma te tāmoni òre.

Les travaux menés sur les substances naturelles génèrent une quantité importante de données d'origine et de nature très variées :

- des données de terrain (point GPS, informations sur le milieu/biotope...);
- sur l'identification des organismes récoltés (taxonomie), leur habitat, leur répartition/abondance ;
- sur la phylogénie moléculaire, la génétique ;
- sur les procédés chimiques utilisés pour analyser ou obtenir les molécules recherchées ;
- sur leurs activités biologiques.

Ces travaux impliquent une très grande pluridisciplinarité, faisant intervenir des collaborateurs multiples, géographiquement distants.

Au final, seule une partie de ces informations sera publiée et de ce fait accessible et pérennisée. Les données brutes risquent au fil du temps d'être inexploitable, voire perdues, alors qu'elles pourraient constituer un historique de ce qui a été fait, permettre d'avoir des observations sur le long terme et offrir de nouvelles perspectives...

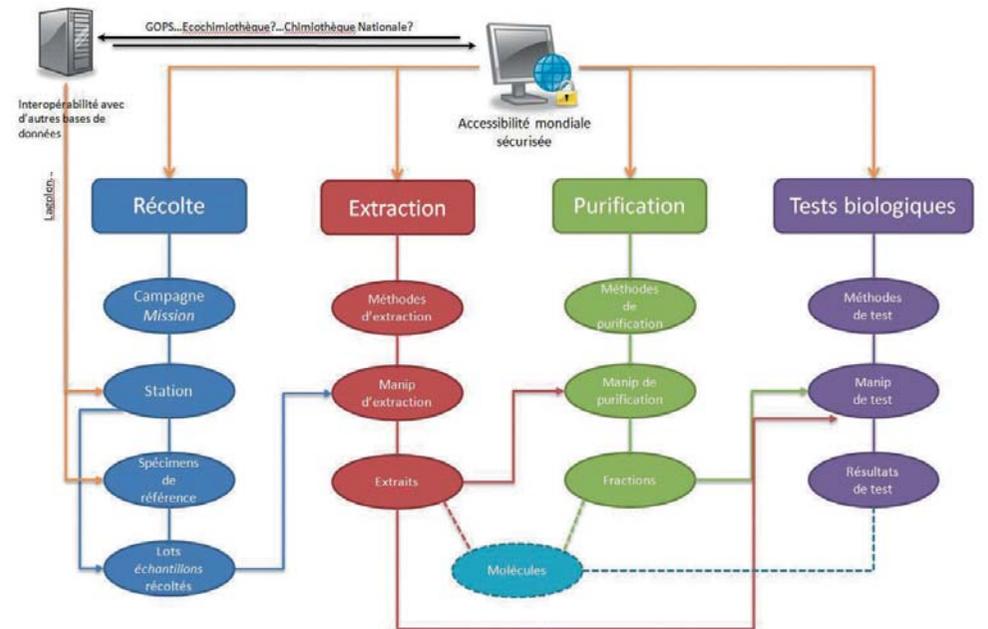
Enfin, l'exploitation des données se heurte régulièrement à l'hétérogénéité des supports papier ou informatiques, des formats de fichier ou encore dans la manière de saisir les données.

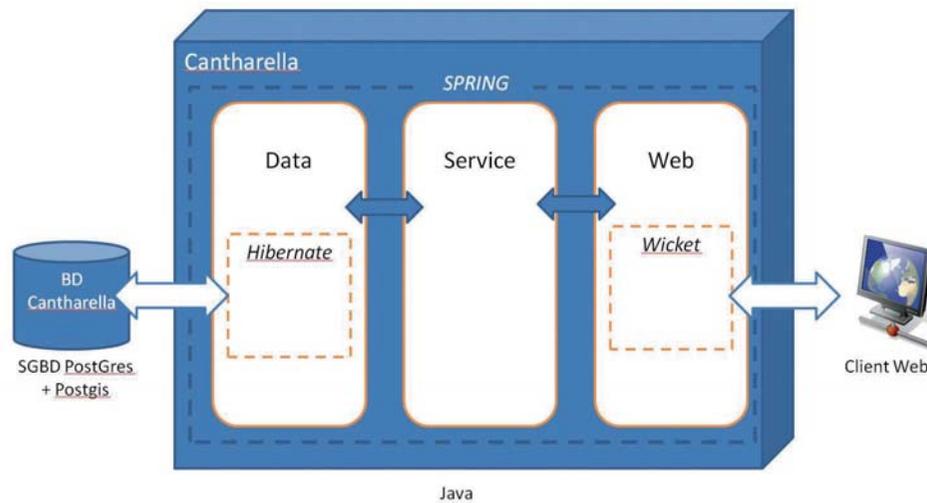
De ce fait, ces données posent un certain nombre de problèmes :

- pour leur accès et leur partage, que ce soit dans le cadre d'un travail collaboratif, d'un suivi à long terme ou d'une restitution auprès des collectivités prospectées ;
- pour leur actualisation ;
- pour les recouper, les analyser ;
- pour assurer leur pérennité à long terme.

Pour apporter une réponse concrète à ces différentes questions, nous avons conçu le système d'information Cantharella : « Base de données pharmacochimique des substances naturelles ».

Cet outil de travail collaboratif, accessible via internet de manière sécurisée, a été conçu et développé en interne à partir de briques logicielles open source grâce au soutien financier de l'IRD. Un transfert technologique a été effectué auprès de la société Code Lutin qui assure les nouveaux développements et la diffusion du logiciel sous licence libre AGPL.





Il repose sur 4 modules, permettant de capitaliser les données de la récolte aux tests biologiques, en passant par les procédés d'extraction, de purification et les molécules identifiées.

L'accès est sécurisé et cloisonné en fonction des droits donnés à chaque utilisateur, ce qui permet de gérer plusieurs programmes de recherche en parallèle et de faire intervenir des collaborateurs différents, chacun n'ayant accès qu'aux données qui le concernent.

Dans le cadre d'une démarche d'APA (Accès et partage des avantages), une restitution de nos travaux auprès des collectivités prospectées peut ainsi être effectuée par l'ouverture de droits sur les programmes qui les concernent. Elles peuvent

ainsi avoir un suivi des travaux effectués sur leur biodiversité.

L'instance Cantharella de l'IRD est accessible :

<http://cantharella.ird.nc>





La Polynésie, source de molécules innovantes

Par **Bernard Costa**,

directeur de Pacific Biotech, Polynésie française

Les océans, qui représentent les 2/3 de notre planète, abritent de nombreux écosystèmes uniques et variés impliquant une très grande diversité au niveau des êtres vivants qui les colonisent.

Les poissons, les coquillages et les crustacés sont les plus connus des organismes marins, or ils ne représentent qu'une petite partie de la vie marine. Parmi les « oubliés » des océans, les micro-organismes marins ont été longtemps écartés des programmes de recherche, si bien que de nos jours seuls une infime partie d'entre eux est connue. En effet, des expertises récentes ont révélé qu'environ 3 % des bactéries marines ont été découvertes.

Un grand nombre d'écosystèmes marins offre des conditions de vie très particulières, voire extrêmes. Pour coloniser ces habitats, les micro-organismes ont été obligés d'adapter leurs métabolismes, ce qui se traduit souvent par la production de molécules fonctionnelles spécifiques. Ainsi, chaque habitat particulier est susceptible d'abriter des micro-organismes uniques qui produisent des molécules différentes et nouvelles par rapport à toutes celles qui ont été étudiées jusqu'alors. Cela intéresse plusieurs secteurs industriels qui sont constamment à la recherche de nouvelles molécules d'ori-

gine naturelle, c'est le domaine de la « chimie verte ».

Ce domaine concerne entre autres les molécules qui sont utilisées dans le milieu médical, en agriculture et aquaculture, en environnement, ou encore dans l'industrie des cosmétiques, toujours très demandeuse de molécules innovantes d'origine naturelle. Actuellement, environ 30 % des actifs commercialisés dans le monde sont d'origine naturelle et représentent 150 000 molécules issues de plantes, d'animaux et de micro-organismes. Parmi ces actifs, moins de 10 % sont issus d'organismes marins. Il en est de même pour les 50 000 actifs produits par des micro-organismes qui ne concernent que quelques centaines de souches marines.

Du fait de la grande diversité des écosystèmes marins et de leur investigation réduite, ces derniers présentent donc un potentiel beaucoup plus important en tant que source de nouvelles molécules actives que les écosystèmes terrestres. Cela s'est d'ailleurs vérifié durant les 10 dernières années par le déclin du nombre de nouvelles molécules découvertes à partir d'organismes terrestres, alors que le nombre des nouvelles molécules produites par des micro-organismes marins est en pleine expansion.

Résumé

Les océans représentent le plus grand espace encore inexploré sur Terre et contiennent une immensité d'organismes vivants non identifiés.

Les bactéries marines, en particulier, restent encore à plus de 95 % inconnues et sont donc une source future de nouvelles molécules présentant des applications dans de nombreux domaines.

Dans ce cadre, la Polynésie française, avec un espace maritime aussi vaste que l'Europe, dispose d'un réservoir exceptionnel de ressources naturelles non explorées.

Des études écologiques entamées il y a 20 ans ont ainsi permis d'identifier quelques-unes de ces ressources et de mettre en place des programmes de Recherche & Développement associant scientifiques et industriels qui ont confirmé un potentiel large (actifs biologiques, plastiques biodégradables, produits de traitement environnement...).

Ces résultats maintenant exploités ont donné naissance à une nouvelle filière de valorisation économique en PF et amené la création d'une première entreprise dédiée à la production industrielle des molécules identifiées.

Tumu parau

Te moana, hoê ārea rahi roa teie fāfā-ōre-hia i te ao nei, i reira e rave rahi mau mea oraora aore ā i tāpā-pauroa-hia, e ora ai.

95% e hau atu ā mau pātēria moana (bactéries) tei òre ā i tuatāpāpāhia e tē riro ei puna no ananahi no te mau huā hīmio e hinaarohia nei i roto i te mau faaōhiparaa e rave rau.

I roto i teie feruriraa parau, ua riro ò Porinetia farāni e to na moana nui, rahi atu ia Europa, ei vairaa no te mau faufaa natura fāfā-ōre-ā-hia.

Ua ravehia te mau māimira a i te pae o te natura a 20 matahiti i teie nei e na te reira i faāite mai i te tahi mau hotu e tano ia haafaufaa na roto i te mau tāpura òhipa rave-āmui-hia e te feiā ihi e te mau òna.

No roto mai i taua mau òhipa ra i āvarihia ai hoê tuhaa òhipa āpi i te pae o te faaravaīraa faufaa no Porinetia farāni e ua haamauhia te taiete mātāmua ò tē hāmāni i te mau huā hīmio tuātāpāpāhia.



Kopara (tapis microbien).

Les îles polynésiennes présentent des écosystèmes marins variés

L'espace maritime de la Polynésie française couvre un territoire aussi vaste que l'Europe et abrite donc de nombreux écosystèmes marins aussi divers que variés.

L'un des écosystèmes les plus particuliers que l'on trouve sur les îles polynésiennes est celui des tapis microbiens ou « kopara ».

Localisés en majeure partie sur certains atolls de l'archipel des Tuamotu, ils ont été particulièrement étudiés ces vingt dernières années.

Ces tapis microbiens sont des communautés complexes qui se développent dans des mares d'eau saumâtre à hypersalée et abritent des micro-organismes très divers et particuliers. Ils présentent une structure stratifiée due à la distribution verticale des micro-organismes présents suivant les gradients importants de lumière, oxygène, sulfures et pH en fonction de leurs besoins nutritionnels propres

Dans un premier temps, des équipes de recherche fondamentale regroupant des chercheurs de l'université de Polynésie française et du centre IRD de Tahiti se sont ainsi intéressées à l'écologie de ces systèmes très particuliers.

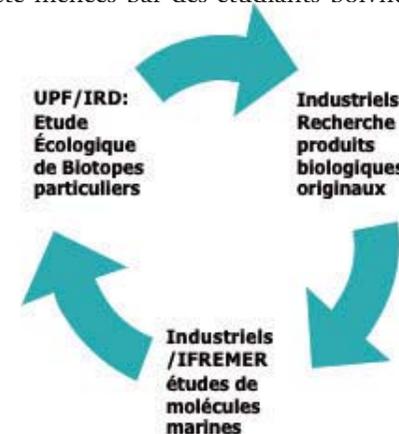
Ces premières études ont permis, à côté

des résultats obtenus sur l'organisation écologique de ces structures, de mettre en évidence la présence de molécules pouvant présenter des propriétés originales.

Les interactions et échanges engagés sur le sujet avec des acteurs polynésiens du monde de la recherche appliquée associés à l'Ifremer ont ensuite permis la mise en place de programmes de Recherche & Développement associant scientifiques et industriels pour étudier le potentiel de valorisation de ces molécules.

L'espace des molécules innovantes polynésiennes

Ces partenariats ont conduit à élargir le champ des recherches sur les micro-organismes marins polynésiens en constituant les bases d'une collection de bactéries marines provenant d'échantillons collectés sur l'ensemble des archipels de Polynésie française. Plusieurs thèses ont été menées par des étudiants polynésiens



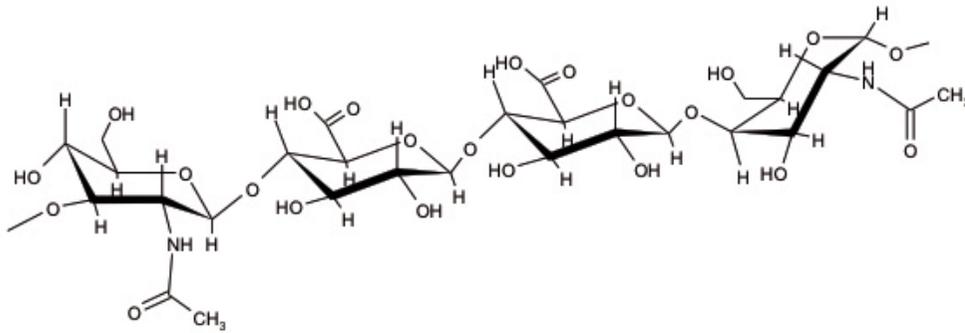
sur les axes de développement définis par les acteurs industriels porteurs d'un projet de valorisation de ces études. Les travaux les plus aboutis ont ainsi permis d'identifier la possibilité de synthèse de plusieurs types de molécules présentant des caractéristiques de valorisation industrielle dans de nombreux domaines.

La caractérisation des molécules produites par certaines des souches bactériennes polynésiennes concerne les ExoPolySaccharides (EPS) et les Polyhydroxyalcanoates (PHAs). Les EPS représentent une classe de macromolécules importante, aussi bien en termes de diversité moléculaire que d'applications. Bon nombre de ces molécules sont d'ores et déjà exploitées industriellement dans divers domaines pour leurs propriétés épaississantes, gélifiantes, texturantes, émulsionnantes et, de plus en plus, pour leurs propriétés biologiques.

La caractérisation de certains EPS polynésiens a montré la présence de nombreux groupements chimiques particuliers qui suppose des propriétés chimiques et/ou biologiques intéressantes ; les synergies d'actions mises en place ont ainsi permis d'identifier certaines propriétés décrites ci-dessous :

- **Chélation des métaux**

À partir de leur composition chimique, certains EPS étudiés étaient susceptibles d'avoir des propriétés de fixation des métaux lourds. Cela a été prouvé par des



essais en laboratoire, et les résultats les plus remarquables sont une chélation de 240 mg de fer et jusqu'à 625 mg de cuivre par gramme d'EPS. Cette propriété est très intéressante dans le secteur de la dépollution.

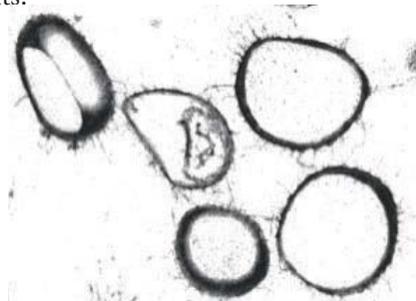
• Activités biologiques

Plusieurs EPS polynésiens ont également révélé certaines activités biologiques (régénération de cellules, hydratation, protection) avec des applications potentielles dans le secteur des cosmétiques. Par exemple, l'un des polymères étudiés est un inhibiteur puissant de l'activité de stockage des acides gras au niveau des adipocytes. Ce composé pourrait donc être utilisé comme actif amincissant dans des crèmes cosmétiques.

Dans un autre domaine, la possibilité de synthèse de plusieurs Polyhydroxyalcanoates (PHAs) a aussi été identifiée. Les PHAs sont des polyesters naturels produits par certaines bactéries.

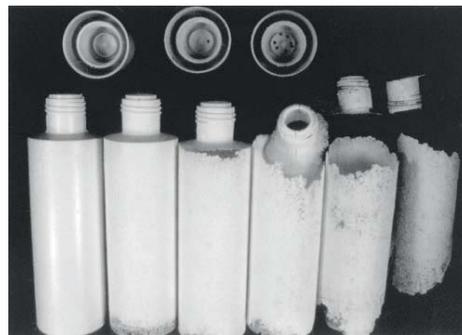
Ces polymères sont accumulés au sein des cellules bactériennes sous forme de granules et correspondent à une mise en réserve de carbone et d'énergie. Ils sont donc entièrement biodégradables puisque

destinés à l'origine à être consommés durant une période de carence en nutriments.



Granules de PHAs

Ils présentent donc une alternative aux matériaux synthétiques (plastiques) dans de nombreux domaines d'application : environnement (emballages biodégradables) ; agriculture et horticulture ; chimie (synthèse, adhésifs) ; secteur médical (prothèse, sutures).



Biodégradation d'emballage PHA en 2 mois

Pacific Biotech : une plate-forme industrielle de culture bactérienne pour la production de molécules innovantes

Après 10 années d'études collaboratives, les résultats acquis ont abouti à la création de la première société polynésienne dans le secteur des biotechnologies et à la valorisation de ressources naturelles jusque-là inexploitées. Basée sur l'île de Tahiti, Pacific Biotech a pour objectif de produire à l'échelle industrielle des molécules innovantes par fermentation microbienne à partir de souches provenant de l'ensemble de la Polynésie. La création de la société a permis la création d'emplois hautement qualifiés et l'embauche de l'ensemble des étudiants polynésiens ayant participé aux différents programmes de Recherche & Développement.

Plusieurs des molécules identifiées sont désormais produites à échelle industrielle et font l'objet d'une commercialisation essentiellement tournée vers l'exportation.

Les synergies d'actions entre les acteurs du monde de la recherche et ce nouveau secteur industriel polynésien continuent à être très actives, permettant ainsi d'envisager un fort potentiel de développement en termes de création d'activité et de valeur ajoutée propre aux ressources naturelles mises en évidence.

Impression :
IME (Baume-les-Dames, France)

Dépôt légal : juin 2013

De la Polynésie française, chacun connaît les stéréotypes. Mais les cinq archipels, tous différents, sont surtout des terres de cultures : aux uns les cocoteraies, les tarodières ou les vergers, aux autres la perliculture et le tourisme, à tous la mer et la pêche.

Implanté depuis cinquante ans en Polynésie française, l'Institut de recherche pour le développement a souhaité restituer les principaux programmes scientifiques menés dans ce pays. Bien souvent fruit des financements de l'État et du Territoire, la plupart du temps menés en partenariat avec l'université de Polynésie et les autres organismes, ces programmes concernent différents domaines scientifiques. De l'archéologie à la génétique, les sciences mobilisées sont nombreuses mais notre entrée est avant tout celle des questions de société, d'environnement et de santé...

L'ambition de cet ouvrage est de permettre à chacun de s'approprier un état des connaissances produites localement. Au-delà, notre perspective, très collective, est de nourrir les relations entre la science et la société, et de fournir des éléments de réponse à la récurrente question, « quelles recherches pour le développement de la Polynésie française et ses habitants ? »

Tous les résumés, ainsi que la préface, sont traduits en tahitien.

Avec les contributions de L. Charpy, J.M. Chazine, B. Costa, C. Debitus, M.J. Langlade, D. Laurent, J. Marie, J.Y. Meyer, C. Moretti, M.N. & P. Ottino-Garanger, C. Payri, S. Petek, F. Rossi, F. Rougerie

IRD
44, bd de Dunkerque
13572 Marseille cedex 02
Diffusion IRD
www.editions.ird.fr



IRD
Institut de recherche
pour le développement

