UNE NACRE DE GLACE : DE NOUVELLES CÉRAMIQUES DANS LES OS ET LES MACHINES

Derrière le chatoiement de la nacre d'une huître se cache une microstructure complexe qui confère à la céramique naturelle sa force et sa résistance. Les chercheurs ont à présent trouvé un moyen de reproduire cette structure dans des substances synthétiques.

Le processus se fonde sur l'une des transformations naturelles les plus courantes, la solidification de l'eau en glace. Ses concepteurs soulignent ainsi son extrême simplicité ainsi que son caractère potentiellement bon marché et respectueux de l'environnement.

Ces chercheurs du *Lawrence Berkeley National Laboratory* (Californie) ont employé cette nouvelle approche pour créer une substance d'une robustesse exceptionnelle qui pourrait être utilisée comme charpente pour la reconstruction osseuse. Sylvain Deville et ses collègues ont par ailleurs expliqué dans le numéro du 27 janvier de la revue *Science* que la méthode pouvait s'appliquer aux matériaux non biologiques. L'équipe de scientifiques a ainsi fabriqué des composites métal/céramique innovants dotés d'une architecture interne imitant les coquillages.

Les mollusques tels que les ormeaux ou les huîtres se forgent leur propre armure iridescente, connue sous le nom de nacre, à partir de microcristaux cassants de carbonate de calcium et de protéines souples organisés sous forme d'une structure du genre brique et mortier. Les spécialistes en matériaux ont longtemps convoité ce matériau pour sa résilience supérieure à celle des céramiques synthétiques.

Les efforts des chercheurs qui se sont attelés jusqu'alors à la reproduction artificielle de l'architecture des coquillages ont souvent fait long feu après quelques microcouches ou ont créé des feuilletages moins raffinés que ceux que l'on trouve à l'état naturel, rapporte l'un des membres de l'équipe, Eduardo Saiz. La nouvelle méthode a permis à Sylvain Deville, Antoni P. Tomsia, du laboratoire Lawrence Berkeley *National Laboratory*, et Ravi K. Nalla, qui a rejoint *Intel Corporation* à Chandler (Arizona), de fabriquer des morceaux de céramiques de plusieurs centimètres d'épaisseur dont la structure interne multicouches s'approche de la finesse de la nacre naturelle.

Pour fabriquer une céramique micro-structurée, Deville et ses collègues ont mélangé de l'eau avec de la poudre de céramique très fine et des liants polymères. Ensuite, ils ont versé le mélange dans une chambre de quelques centimètres de large. En contrôlant soigneusement les températures inférieures au point de congélation dans les parties inférieure et supérieure de la chambre, les chercheurs ont créé un gradient de température qui a produit une structure similaire à celle de la glace, que l'on observe parfois dans l'eau de mer gelée.

Au sein de cette structure, des lamelles de cristaux de glace hexagonaux microscopiques se sont formées à la verticale de la chambre. À mesure que les cristaux se sont agrandis, ils ont poussé la poudre et les liants à se réunir dans les espaces situés entre les lamelles de glace pure. La glace a été extraite par cryo-dessication et chaque couche de céramique et de liant a été solidifiée en plaque solide par un procédé de frittage à haute température. Enfin, les chercheurs ont choisi une substance pour jouer le rôle de la protéine de la nacre et l'ont injectée dans les interstices des plaques.

Pour créer des composites de type osseux, les chercheurs ont utilisé de l'époxy en guise de mortier entre des plaques d'hydroxyapatite, principal constituant céramique des os et des dents. Pour ce qui est des matériaux non-biologiques, ils ont assemblé des plaques d'alumine à l'aide d'un mortier composé d'un alliage d'aluminium et de silicium et, parfois, de titane. De tels composites pourraient se révéler utiles à de nombreux secteurs industriels, dont l'électronique, l'usinage et la construction aéronautique et spatiale.

Source : Science News Online, semaine du 28 janvier 2006 ; vol. 169, n°4, http://www.sciencenews.org

CRÉATION À KIRIBATI D'UNE VASTE AIRE MARINE PROTÉGÉE, FINANCÉE PAR DOTATION

La République de Kiribati a fait le pari de sauvegarder une aire marine de la surexploitation et des changements climatiques en en faisant l'une des plus grandes aires marines protégées au monde. Zone pratiquement inhabitée englobant huit atolls et deux systèmes récifaux immergés sur 184 700 km^2, l'aire marine protégée des Îles Phoenix couvre une surface supérieure à la moitié de la superficie de l'Allemagne. Située dans le Pacifique central à mi-chemin entre les Îles Fidji et Hawaii, cette aire marine protégée recèle des écosystèmes coralliens pratiquement vierges, où cohabitent plus de 120 espèces de coraux et des centaines d'espèces de poissons, dont la population la plus dense au monde de napoléons, d'après les scientifiques.

L'aire protégée sera financée par le biais d'un fonds de dotation alimenté initialement par des fonds privés de l'ONG *Conservation International*. Le fonds couvrira les frais d'administration et dédommagera les autorités de Kiribati pour le manque à gagner occasionné par l'annulation des licences de pêche octroyées aux flottilles étrangères. Si le plan de gestion du site n'est pas attendu avant l'année prochaine, on prévoit déjà l'interdiction de la pêche commerciale sur les récifs fran-

geants aux navires étrangers notamment.

La pêche récifale de subsistance sera autorisée à la petite cinquantaine de résidents de l'archipel des Îles Phoenix. Cette aire comprend également des eaux profondes et on ne sait pas encore si la pêche commerciale des espèces pélagiques, comme les thonidés, sera frappée d'interdiction. Le fonds de dotation devrait être établi à perpétuité, partant du principe que l'aire protégée sera gérée et administrée en toute bonne foi par les autorités de Kiribati.

« Si les coraux et les récifs sont protégés, les poissons y foisonneront et nous apporteront des bénéfices, » a déclaré le Président de Kiribati, Anote Tong, lors de l'annonce de la création de l'aire marine protégée des Îles Phoenix en mars, en marge de la huitième Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique, qui s'est tenue à Curitiba, au Brésil. « Ce faisant, nous pouvons protéger toutes les espèces de poissons afin d'éviter leur appauvrissement ou leur extinction, » a-t-il ajouté. À l'occasion de cette annonce, d'autres nations insulaires, présentes à la Conférence des Parties, se sont engagées à étendre la protection de leurs eaux côtières.

Fonds de dotation

L'histoire montre que l'isolement géographique de Kiribati et de l'archipel des Îles Phoenix (l'un des trois groupes d'îles du pays) les a protégés des pressions extérieures. Cependant, les flottilles étrangères s'intéressent de plus en plus à la pêche dans ces zones et la menace du bouleversement climatique pèse : les Îles Phoenix ont connu un blanchissement des coraux pour la première fois en 2003. « Vu les avancées récentes de l'industrie de la pêche et l'incidence des changements climatiques à l'échelle mondiale, l'isolement géographique ne suffit plus à préserver ces atolls, » affirme le Ministre de l'environnement de Kiribati, Martin Puta Tofinga.

Afin de commencer la rédaction du plan de gestion et de mettre sur pied le fonds de dotation, les autorités de Kiribati ont signé un protocole d'entente avec deux organismes : *Conservation International* (CI) et *New England Aquarium*. *Conservation International* finance, par le truchement de son *Global Conservation Fund*, le lancement de l'aire marine protégée et commence la phase de capitalisation du fonds de dotation, qui sera alimenté par les contributions de contrepartie d'organismes privés et publics. Le montant du fonds dépendra du manque à gagner occasionné par la fermeture des secteurs de pêche concernés et du montant prévisionnel des frais administratifs ; le chiffre définitif est à l'étude. Le *New England Aquarium*, dont le siège se situe à Boston, dans le Massachusetts (États-Unis), réalise des études biologiques dans les Îles Phoenix depuis l'an 2000, et a été le premier à entamer des pourparlers avec les autorités de Kiribati sur la protection des écosystèmes. L'aquarium continuera d'appuyer l'aire marine protégée par le biais de ses recherches et d'apporter son concours à l'élaboration du plan de gestion.

Greg Stone, vice-président des programmes marins mondiaux du *New England Aquarium*, affirme que la création de l'aire marine est la seule solution pour atténuer les effets du bouleversement climatique et protéger les récifs. « Les changements climatiques ne nous laissent que peu d'options pour protéger les récifs et atténuer les effets sur le terrain, hormis combattre toutes les autres menaces, » déclare-t-il. Il ajoute que les populations saines de poissons et l'absence d'effets directs des activités humaines sur les Îles Phoenix permettent aux récifs de se remettre rapidement du blanchissement de 2003. D'après Greg Stone, vu leur remarquable état de préservation, les Îles Phoenix constituent fondamentalement un récif de référence – un site témoin. « Elles constituent une référence d'intérêt pour mesurer l'incidence du changement climatique sur les systèmes récifaux sur place et ailleurs, » conclut-il.

Ce fonds s'apparentera aux fonds de dotation créés par *Conservation International* en vue de protéger les forêts tropicales d'Amérique latine. Dans un article paru dans le numéro d'octobre 2005 de la revue *MPA News*, des agents de l'ONG décrivent comment on peut appliquer ce type d'instruments, appelés « accords pour des incitations à la conservation », aux aires marines protégées en proposant des incitations financières permanentes pour la conservation à long terme des ressources marines et ainsi éviter une exploitation visant le profit immédiat (« *Conservation Incentive Agreements As a Tool for Developing and Managing MPAs* », *MPA News*, 7:4). Le fonds de dotation de l'aire marine protégée des Îles Phoenix sera supervisé par un conseil d'administration auquel seront représentés notamment *Conservation International* et les autorités de Kiribati.

Le financement est subordonné à une gestion appropriée de l'aire marine protégée par les autorités de Kiribati. « Si les efforts de conservation viennent à s'interrompre, les robinets seront coupés, » a déclaré Greg Stone. Il est prévu que d'autres pays participent à la gestion. À titre d'exemple, la Nouvelle-Zélande a indiqué qu'elle était prête à envoyer des avions de surveillance pour survoler la zone et vérifier qu'aucune activité illégale n'est pratiquée dans les Îles Phoenix.

Avec cette aire marine, Kiribati se rapproche du respect des obligations qui lui incombent en vertu des traités internationaux qu'il a ratifiés, tels que la Convention sur la diversité biologique dont l'un des objectifs est de créer, d'ici à 2012, des vastes systèmes d'aires marines protégées bien gérés et représentatifs sur le plan écologique. Les autorités publiques envisagent également de demander l'inscription des Îles Phoenix sur la Liste du Patrimoine mondial de l'UNESCO.

En fonction de la définition que l'on donne de l'expression « aire marine protégée », celle des Îles Phoenix pourrait être considérée comme la troisième plus grande au monde par la superficie, derrière le parc naturel de la Grande barrière de corail (Australie) et la Réserve des écosystèmes des récifs coralliens des îles du Nord-Ouest d'Hawaii (États-Unis). Cette liste exclurait des zones fermées à certains engins de pêche, dont certaines occupent plusieurs fois la superficie des zones susmentionnées.

L'aire des Îles Phoenix comprend les 60 premiers milles marins qui entourent chacun des atolls, dont l'altitude ne dépasse que rarement deux mètres au-dessus du niveau de la mer. La zone protégée englobe 5 % de la ZEE de Kiribati, la plus grande nation composée d'atolls au monde. Kiribati compte, outre les Îles Phoenix, deux groupes d'îles plus peuplées.

Source : MPA News, vol. 7, n°9 (avril 2006) www.mpanews.org

UNE ÉTUDE OCÉANOGRAPHIQUE RÉVÈLE LA PRÉSENCE DE MINUSCULES ÉPONGES CARNIVORES, D'UNE ZONE MORTE INQUIÉTANTE, ET BIEN PLUS.

Les révélations obtenues grâce à des dispositifs ultramodernes de suivi des migrations côtières d'espèces de poissons menacées d'extinction et des déplacements de grands animaux dans l'océan Pacifique arrivent en tête des faits marquants répertoriés par un nombre croissant de chercheurs travaillant au recensement mondial de la vie marine (*Census of Marine Life*, CoML), projet arrivé à mi-parcours en 2005.

Un projet de marquage de milliers de saumons menacés d'extinction, mené au titre du projet CoML, visant à cartographier leurs déplacements individuels, et ayant de profondes implications pour la protection des stocks menacés, va élargir sa panoplie de capteurs sous-marins à partir de la province canadienne de Colombie-Britannique vers le nord, le long du plateau continental jusqu'en Alaska, et vers le sud, jusqu'en Californie. Ce système pourrait être étendu au monde entier afin de suivre la circulation et les tribulations des nombreuses espèces migrant le long de ces autoroutes de la mer qui suivent le dessin de nos côtes.

En attendant, depuis 2004, les chercheurs du projet CoML ont augmenté de 50 % le nombre de dispositifs de suivi implantés sur les grands animaux qui s'aventurent généralement loin des zones peu profondes du plateau continental et pénètrent dans les profondeurs du Pacifique. Ainsi, en 2005, 1 800 animaux des zones hauturières, représentant 21 espèces (notamment des requins, des tortues, des phoques, des otaries, et des oiseaux marins) ont porté des marques du projet CoML. Certaines de ces marques fonctionnent comme des téléphones portables, et communiquent des informations aux chercheurs par l'intermédiaire des satellites chaque fois que l'animal émerge en surface. Un site Web (www.toppcensus.org) permet au public de suivre quasiment en temps réel le déplacement de certaines de ces créatures.

Les campagnes de marquage indiquent que les thonidés font partie de la jet-set du monde marin. En effet, une marque portée par un thon rouge a enregistré l'étonnante migration trans-Pacifique de ce thonidé : trois traversées en 600 jours, soit une distance de 40 000 km, plus que la circonférence de la terre.

Premier recensement de la vie marine à mi-parcours

Établissant un parallèle avec le *Domesday Book* (Livre du Jugement dernier), document cadastral qui présentait un recensement exhaustif de l'Angleterre en 1066, le projet CoML a enrôlé des experts du monde entier dans un partenariat scientifique pour une période de dix ans, une première dans l'histoire, afin d'évaluer et d'expliquer la diversité, la distribution et l'abondance de la vie dans tous les océans, et de disposer ainsi d'une base de référence permettant de mesurer les futurs changements.

Ces experts regroupent pour la première fois en un même endroit toutes les informations dont nous disposons en matière de vie marine, tout en prenant note de ce que l'on ne sait pas encore et que l'on ne saura peut-être jamais. Ils reconstruisent l'histoire de la vie dans les océans telle qu'elle existait avant que les activités de pêche ne prennent leur plein essor, recensant la situation actuelle, et utilisant les données passées et présentes pour prédire l'avenir de la vie marine. Ils satisfont la curiosité naturelle des hommes pour ce qui vit sous les vagues, tout en faisant des observations perspicaces et utiles pour mieux gérer et mieux préserver les ressources océaniques.

Ce projet, d'une durée de dix ans, a commencé en 2000 avec près de 250 collaborateurs, et depuis, en cinq ans, ce chiffre a été multiplié par sept. Quelques 1 700 experts de 73 nations différentes travaillent aujourd'hui à la production du premier recensement d'ici à 2010. En novembre 2005, près de 150 chefs d'équipe représentant les différentes composantes du projet CoML se sont réunis à Francfort afin d'évaluer les avancées enregistrées et d'harmoniser les efforts déployés afin de couvrir tous les habitats et toutes les espèces d'ici à 2010.

En 2005, le projet CoML a atteint sa vitesse de croisière, avec 17 domaines d'activité, dont quatre nouveaux domaines pour cette année. Le nombre d'expéditions dans des zones jusqu'à présent inexplorées est passé de 8 en 2004 à 14 en 2005, de nombreuses autres expéditions étant prévues d'ici à 2010. La période allant de 2006 à 2008 va connaître les plus intenses travaux sur le terrain, et

les résultats seront analysés et intégrés dans le rapport entre 2009 et 2010.

Les recherches couvrent toutes les espèces, des microbes aux baleines, et tous les habitats, des zones côtières au centre des océans, des boues les plus profondes de la planète situées sur les plaines abyssales à la surface mousseuse et étincelante des océans, des cheminées hydrothermales situées sur le plancher océanique d'où s'échappe de l'eau chaude aux océans gelés des deux pôles. Les zones d'exploration incluent les extrémités immergées des continents, les monts sous-marins parsemant le fond des océans, et les récifs coralliens.

Grâce à de nouvelles approches et à de nouvelles techniques, notamment des dispositifs acoustiques et visuels hypersensibles, les chercheurs du projet CoML peuvent échantillonner les formes de vie dans toutes les zones de l'océan et identifier des spécimens rapidement grâce à la génétique et à des bibliothèques d'images numériques.

« L'immensité des océans est un défi pour les participants au projet CoML », déclare Victor A. Gallardo (Chili), vice-président du comité directeur scientifique du projet. « Les grands fonds des océans couvrent une superficie de 300 millions de kilomètres carrés, et la zone échantillonnée à ce jour correspond à la superficie de quelques terrains de football. On estime qu'il y a entre 30 000 et 100 000 monts sous-marins (c'est-à-dire des montagnes sous-marines s'élevant à 1000 mètres au moins au dessus du plancher océanique ; il s'agit souvent de volcans éteints qui n'ont pas pu s'élever suffisamment pour devenir des îles) ; on a recueilli des échantillons biologiques de seulement quelques centaines de ces monts, et moins d'une cinquantaine de ces monts a fait l'objet d'un échantillonnage satisfaisant. Un échantillonnage représentatif à l'échelle mondiale est la clé d'un recensement efficace ».

Découvertes et faits saillants, 2005: des poissons munis de puces

Grâce à l'implantation de puces informatiques sur des animaux marins afin d'enregistrer leur position géographique, on a découvert que les poissons et de nombreuses autres espèces évoluent dans des zones océaniques bien précises.

Le projet POST (*Pacific Ocean Shelf Tracking*), a révélé les trajets migratoires, dans l'océan Pacifique, des jeunes saumons sauvages provenant des rivières américaines et canadiennes. Comme de nombreux saumons meurent dans l'océan, connaître leurs déplacements habituels le long des autoroutes océaniques a des répercussions considérables, à l'échelle internationale, pour les autorités qui décident de l'autorisation ou de l'interdiction de pêcher dans certaines zones afin de protéger des stocks halieutiques menacés.

On implante dans les saumons des marques électroniques de la taille d'une amande qui sont scannées par des dispositifs placés sur le fond des océans lorsque les poissons passent au-dessus de ces dispositifs, tout comme une marque électronique placée sur une voiture est scannée lorsque celle-ci passe par un poste de péage sur l'autoroute (voir l'animation à l'adresse suivante :

http://www.postcoml.org/videos/how_it_works.htm

Les données révèlent le déplacement et la survie de chaque poisson marqué au cours de sa migration dans la zone quadrillée, ainsi que la répartition de tous les poissons marqués.

Actuellement, l'ensemble des capteurs couvre une zone de plus de 1 550 km, qui, depuis l'État américain de Washington, longe la province canadienne de la Colombie-Britannique, et se termine en Alaska, au nord de la bande de terre longeant le Canada. D'ici à 2010, l'équipe du projet de recensement de la vie marine a pour objectif de couvrir toute la côte ouest de l'Amérique du Nord, le but ultime étant d'établir ce genre de réseau sur les plateaux continentaux du monde entier. Les plateaux continentaux ont une largeur moyenne d'environ 80 km, leur extrémité se trouve à une profondeur moyenne d'environ 200 m, puis ils tombent à pic dans les profondeurs de l'océan. Les saumons et de nombreux autres animaux marins sillonnent ces plateaux.

Le nombre de poissons marqués a presque triplé, passant de 1 050 saumons issus de 14 stocks dans 8 fleuves différents en 2004, à 2 700 saumons issus de 19 stocks américains et canadiens dans 16 fleuves différents en 2005. Le suivi a fonctionné quasiment sans aucune erreur, montrant des différences significatives dans l'itinéraire, la vitesse, la distribution et la survie d'espèces différentes et de stocks différents d'une même espèce, qu'il s'agisse d'animaux nés dans leur milieu naturel ou dans des écloseries.

Entre autres retombées positives, ce travail fournira des éléments permettant de comprendre dans quelle mesure le comportement des poissons changerait en cas de réchauffement de l'eau des océans.

Comme le remarque David Welch, chercheur à la tête du projet POST : « Grâce aux nouvelles avancées technologiques, nous serons en mesure de suivre le déplacement individuel des poissons sur une période de 10 à 20 ans. Pour ce qui est des saumons, cela veut dire que nous pourrons également suivre la migration de retour des individus adultes, et fournir ainsi des informations qui pourraient permettre de mieux protéger les stocks menacés ».

La science nous oriente vers la pêche intelligente

« Grâce à ce projet de recensement de la vie marine, le rêve de disposer de stocks de poissons à forte valeur commerciale, abondants et pérennes, semble un peu plus accessible. Pour la première fois, ces nouvelles données dévoilent l'existence des zones de l'océan où l'on enregistre le meilleur potentiel de protection et donc de pêche plus intelligente », déclare D. James Baker, Président de l'Académie des sciences naturelles de Philadelphia, et ancien responsable de l'Agence de l'océan et de l'atmosphère des États-Unis d'Amérique, chargé de la gestion des ressources halieutiques.

Pourquoi les poissons traversent-ils l'océan ?

Les chercheurs du projet de marquage des poissons pélagiques dans le Pacifique, *Tagging of Pacific Pelagics* (TOPP), ont découvert qu'à l'instar des êtres humains, nombre de requins-taupes saumon (*Lamna ditropis*) originaires de l'Alaska sont attirés par des contrées plus chaudes en hiver et migrent fréquemment vers des destinations telles qu'Hawaii. Pesant jusqu'à 300 kilogrammes, les requins-taupes saumon peuvent atteindre une vitesse de plus de 50 kilomètres à l'heure. L'équipe du projet se consacrant aux requins a également enregistré l'itinéraire sans précédent d'un requin blanc qui, en 305 jours, a effectué un cycle complet de migration, des eaux côtières vers le grand large avant de retourner vers la zone côtière.

Les marques très sophistiquées utilisées dans le projet TOPP ont également permis aux chercheurs étudiant les tortues marines de calculer l'énergie dépensée en mer par une tortue luth. Selon Bryan Wallace, chercheur du projet TOPP : « Imaginons que les tortues soient des voitures. Ces mesures nous permettent de connaître leur consommation d'énergie en kilomètres pour un litre d'essence, sur route, et non pas lorsque les moteurs tournent au ralenti dans les embouteillages. En outre, grâce aux données relatives à l'habitat collectées par les marques apposées sur les tortues, les chercheurs du projet TOPP pourront peut-être rendre les déplacements de ces espèces menacées d'extinction un peu plus sûrs ».

Découvertes et faits saillants, 2005 : diversité

Découverte d'éponges carnivores et d'autres nouvelles espèces dans l'océan Austral : les chercheurs ont découvert une biodiversité inattendue lors de deux expéditions dans les plaines et les bassins des profondeurs abyssales de l'océan Atlantique Sud et de l'océan Austral. Bien que ces océans présentent un faible niveau de biomasse, ils abritent une riche variété d'espèces, et, d'après les chercheurs, 50 à 90 % des spécimens collectés au cours des deux expéditions sont inédits pour la science. Il semble que les zones abyssales australes soient des réservoirs de diversité génétique et d'innovation résultant de l'évolution. Au chapitre des créatures les plus intrigantes, on a trouvé de minuscules éponges carnivores, d'environ 5 mm de diamètre, qui engloutissent d'autres organismes avec leur « bouche » (les éponges se nourrissent normalement en filtrant les particules présentes dans l'eau). Trois ou quatre espèces d'éponges carnivores découvertes dans l'océan Austral n'avaient jamais été observées auparavant. Des éponges au squelette calcique vivant à des profondeurs beaucoup plus grandes qu'on ne le pensait ont également créé la surprise. Autre découverte : des animaux unicellulaires minuscules (appelés « xénophyophores »), utilisant des grains sédimentaires pour construire de délicates coquilles ressemblant à des ballons de football.

Autres nouveautés dans l'Atlantique Nord : des chercheurs ont exploré la dorsale médio-Atlantique Nord, en dessous de la surface de l'océan la plus fréquentée de la planète, et ils ont répertorié plusieurs nouvelles espèces et des espèces rares, notamment d'étranges espèces de poisson d'eau profonde, deux espèces de calamar certainement nouvelles, et sur le plancher océanique, au moins quatre nouvelles espèces d'holothurie. Ils ont également découvert que près d'un quart des espèces démersales de poisson (vivant dans les profondeurs) répertoriées étaient nouvelles dans la zone étudiée, ce qui montre qu'il y a encore beaucoup à apprendre sur la distribution et l'abondance des espèces déjà connues.

Signatures ADN de 800 poissons : le « code-barres » génétique, un segment standardisé du génome, permet d'identifier les espèces rapidement et précisément. Le projet CoML dispose désormais d'une bibliothèque de codes-barres d'environ 800 espèces de poisson, et, d'ici à la mi-2006, mille espèces supplémentaires seront répertoriées. Bonwyn Innes, chercheuse en Tasmanie (Australie), a établit le code-barres génétique de huit espèces de thonidé, et a utilisé ces codes-barres afin d'identifier des carcasses de thonidé à bord de palangriers pêchant dans l'océan Indien. On a ainsi découvert des erreurs d'identification, notamment des cas où des thons rouges du Sud, menacés d'extinction, avaient été identifiés par erreur comme des thons jaunes ou des thons obèses.

Base de données des microbes : les microbes marins sont les espèces océaniques les plus petites, mais ils constituent 90 % de la biomasse des océans et traitent 98 % du carbone et de l'azote. En 2005, dans le but de recenser les microbes, le projet CoML a lancé « MicrOBIS », un ensemble de ressources disponibles en ligne qui permettent aux chercheurs d'avoir accès aux données moléculaires, environnementales, géospatiales, et taxonomiques. Grâce à MicrOBIS, les chercheurs peuvent vérifier l'identité des microbes collectés, par recoupement avec les espèces connues.

Découvertes et faits saillants, 2005 : distribution

Présences inattendues en Arctique : des explorateurs du projet CoML ont découvert, dans le bassin canadien glacial de l'océan Arctique, de nombreuses créatures jamais observées auparavant, notamment plusieurs espèces de calamar et la première pieuvre jamais observée dans cette zone.

Découverte de la première cheminée hydrothermale dans l'Atlantique, au sud de l'équateur : une équipe internationale de chercheurs, utilisant des véhicules télécommandés pour explorer le sud de la dorsale médio-Atlantique, a découvert les premières cheminées hydrothermales jamais répertoriées dans l'Atlantique au sud de l'équateur. Ces chercheurs ont échantillonné des animaux adaptés à la vie dans l'environnement extrême des cheminées, où l'eau, chauffée à 350° C dans la croûte terrestre, jaillit du fond de l'océan dans des panaches de fumée noire. La comparaison des spécimens collectés avec ceux trouvés sur les cheminées hydrothermales découvertes aupara-

vant au nord de l'équateur donne des indications sur les mystérieux courants profonds pouvant disperser ces spécimens.

Les baleines suivent les dorsales sous-marines : le marquage des cétacés à fanons a révélé que ces derniers utilisent la dorsale médio-Atlantique comme zone d'alimentation et comme itinéraire de migration nord-sud dans l'Atlantique Nord.

Élargissement des zones côtières couvertes : dans un effort collectif de recensement de la biodiversité dans l'environnement côtier, des chercheurs et des bénévoles travaillent actuellement dans 80 sites officiels du projet CoML dans le monde entier, englobant ainsi plus des trois-quarts des côtes de notre planète.

Découvertes et faits saillants, 2005 : abondance

Zone morte autour de l'épicentre du tsunami : lors de la première expédition scientifique vers l'épicentre du tsunami du 24 décembre 2004, le plus mortel de notre histoire, des biologistes du projet CoML n'ont découvert que peu d'effet, ou pas d'effet du tout, sur la faune profonde, à l'exception d'un site au large de Sumatra, à environ 4 000 m de profondeur où, cinq mois après la catastrophe, aucune trace de vie de grands animaux n'a été détectée pendant une plongée de onze heures. L'absence de vie biologique sur ce site était « sans précédent dans les 25 années d'échantillonnage de la vie marine profonde ».

Les chercheurs coordonnant les opérations de collecte de données conduites à bord de bateaux et de petits avions ont enregistré en 2005 de grandes variations dans l'abondance des baleines venues se nourrir, des poissons pélagiques, et du plancton dans le golfe du Maine.

Reconstitution de la vie marine dans la mer du Nord au Moyen Âge : exploitant de façon ingénieuse les données relatives, par exemple, à l'impôt sur le sel, les chercheurs du projet CoML ont révélé un fléchissement spectaculaire des populations de baleines, de phoques, d'oiseaux, de gros poissons, et d'huîtres au cours des 500 dernières années dans la mer des Wadden, partie de la mer du Nord qui borde le Danemark, l'Allemagne, et les Pays-Bas. Cette zone qui fourmillait autrefois de grands animaux, serait méconnaissable aujourd'hui pour les habitants des premières civilisations qui vécurent à cet endroit : elle est à présent caractérisée par des vasières tranquilles. Les océanographes ont également indiqué que les récents efforts de protection tels que l'instauration de zones de chasse interdite et d'habitat protégé ont été bénéfiques pour les phoques et pour certains oiseaux.

Démographie des thonidés et des marlins à l'échelon mondial depuis 1950 : en analysant les archives relatives aux poissons capturés par les palangriers en haute mer, les chercheurs ont découvert que l'abondance et la diversité des espèces avaient chuté rapidement au cours du demi-siècle passé. À l'échelon mondial, les concentrations de prédateurs clés tels que les thonidés, les marlins, les espadons, ont fléchi de façon spectaculaire, et ce dans le monde entier. Les chercheurs ont également découvert quatre régions où se maintient une diversité élevée : au large de la côte est des États-Unis, de l'Australie, et du Sri Lanka ; au sud d'Hawaii ; et dans le sud-est du Pacifique.

Découvertes et faits saillants, 2005 : synthèse

Inventaire pilote du Pacifique Nord : afin de tester la faisabilité d'un recensement mondial, une équipe d'experts du projet CoML travaillant au sein de l'Organisation pour les sciences marines dans le Pacifique Nord (connue sous le sigle PICES) a préparé un recensement pilote, « Vie marine dans le Pacifique Nord : ce que l'on sait, ce que l'on ne sait pas, et ce que l'on ne saura jamais ». Le rapport porte sur le bactérioplancton, le phytoplancton et le zooplancton, les poissons et les invertébrés non-exploités, les poissons et les invertébrés à forte valeur commerciale, les oiseaux marins, les mammifères marins, et les tortues. Même si l'on ne peut pas tout savoir dans les détails à cause de l'immensité du système marin et des fluctuations rapides enregistrées par certaines populations, le rapport sur le Pacifique Nord est un jalon encourageant sur la voie du recensement à l'horizon 2010.

Développement de l'inventaire OBIS

Ce premier recensement laissera sans doute derrière lui un précieux héritage : un système d'information géographique reprenant l'ensemble des données relatives à la vie marine, dans lequel seront enregistrées précisément les informations correspondant à l'espèce, au spécimen, et à l'endroit où celui-ci a été observé.

Désormais, OBIS (système d'information biogéographique sur les océans), une métabase de données représentant un investissement de 9,5 millions de dollars des États-Unis, relie 60 bases de données contenant 8,4 millions d'entrées taxonomiques (espèce, date, latitude, longitude, et profondeur de l'observation), soit une augmentation de 62 %, par rapport aux 5,2 millions d'entrées de l'année dernière.

À ce jour, OBIS répertorie plus de 40 000 des 230 000 et quelques espèces marines décrites pour l'instant dans la documentation scientifique (ce qui pourrait ne représenter qu'un dixième de toutes les espèces marines existantes).

Sur les 40 000 espèces de tous types répertoriées, on dénombre 78 nouveaux poissons marins ajoutés à la base de données au cours des 11 premiers mois de 2005, soit en moyenne 6,5 nouvelles espèces ajoutées tous les mois. Le nombre total d'espèces de poissons marins répertoriées dans la base s'élève désormais à 15 717.

Source : www.sciencedaily.com (6 janvier 2006) - Adapté d'un communiqué de presse publié par le projet Recensement de la vie marine, janvier 2006.

LA REPRODUCTION DU THON ROUGE EN CAPTIVITÉ : DE PREMIERS RÉSULTATS PROMETTEURS

Cet été (*2005*) , une fertilisation in vitro d'oeufs provenant de thons rouges captifs a pu être réalisée en Espagne. Ce pas vers la reproduction du thon rouge en captivité pourrait avoir dans le futur des conséquences importantes en termes de développement aquacole. Cette recherche a été menée dans le cadre du projet REPRO-DOTT, financé par l'Union européenne, et réunissant un panel de chercheurs espagnols, français, maltais, grecs, italiens, allemands et israéliens.

L'aquaculture du thon rouge est un grand défi pour les années à venir. Le succès de ce poisson sur les marchés mondiaux, et particulièrement japonais et américains, en a fait un produit à haute valeur commerciale (voir *La pêche européenne* n°23, septembre 2004, p. 10–11).

L'élevage du thon rouge tel qu'il est réalisé aujourd'hui en Méditerranée se pratique à partir d'individus qu'on engraisse dans des « cages flottantes ». Les animaux sont capturés parfois très loin du lieu d'engraissement et sont acheminés dans des cages spécialement conçues à cet effet et tirées par un bateau à faible vitesse jusqu'à la « ferme ». Cet engraissement à base de sardine et d'anchois permet de mettre sur le marché le poisson au moment où sa chair atteint son niveau de qualité optimal pour répondre aux attentes très précises des gastronomes, notamment japonais.

Ce type de fermes se développe fortement en Méditerranée, car il s'agit d'un élevage très rentable. Ce succès commercial risquait d'entraîner la surexploitation des stocks, particulièrement en Méditerranée où une partie de la population migre tous les étés pour frayer. Inquiètes de cette situation, l'ICCAT[1], la CGPM[2] et l'Union européenne ont adopté des règles pour imposer une gestion rigoureuse du thon rouge qui vise notamment à encadrer l'activité d'engraissement (déclaration de mise en cage, procédure d'échantillonnage, liste des fermes autorisées, suivi des quantités mises en cage et commercialisation). Par ailleurs, afin de réduire les captures de juvéniles, chaque partie contractante a mis en place des mesures, notamment de contrôle. En 2006, le comité scientifique de l'ICCAT procédera à l'évaluation du stock de thon rouge et l'ICCAT examinera l'efficacité des mesures de gestion en place.

Aucune reproduction en captivité

Si le thon rouge se reproduisait en captivité, sa domestication et son élevage pourraient apporter une solution en répondant au besoin du marché tout en minimisant la pression sur les stocks sauvages. Malheureusement, depuis l'apparition des premières cages en 1996, aucune reproduction spontanée d'individus captifs n'a été constatée en Méditerranée.

C'est pourquoi un projet de recherche de grande envergure visant à tenter de mieux comprendre le cycle sexuel et la reproduction du thon rouge en cage a rassemblé un consortium de huit instituts de recherches marines[3] - dont sept méditerranéens. Le projet intitulé REPRO-DOTT est financé par la Commission européenne à hauteur de 1,5 million d'euros, dans le cadre du cinquième programme-cadre de recherche scientifique.

Il a débuté en 2003 et s'achèvera fin 2005. Ce projet, on l'aura compris, revêt un grand intérêt, puisqu'il devrait contribuer d'une part à répondre à une demande commerciale en augmentation constante et d'autre part à réduire la pression sur une population de poissons aujourd'hui en danger.

Trois années de recherche

Le consortium scientifique a travaillé en étroite collaboration avec les compagnies d'engraissement de thons établies dans la région de Carthagène, en Espagne, lieu où cette activité a commencé à se développer à la fin des années 1990. C'est sur base de leurs spécimens captifs que les recherches ont été menées, car il a été fait le choix de mener ce travail de recherche dans les conditions « normales » d'engraissement en cage, et non dans des conditions de laboratoire.

Les deux premières années de la recherche menée dans le cadre du projet REPRO-DOTT ont été consacrées à mieux comprendre le cycle sexuel du thon rouge, sur base d'observations et d'analyse des prélèvements effectués au niveau des organes reproducteurs. La recherche a ainsi permis d'améliorer la connaissance biologique et notamment le cycle de maturation de l'espèce.

Il est important de savoir que la fécondation ne se passe pas dans le corps de la femelle, mais de la rencontre externe, dans le milieu aquatique, du sperme et des ovules. Pour simplifier, la femelle libère ses ovules que le mâle féconde en libérant son sperme.

Au cours de la troisième année, les scientifiques ont cherché et testé les moyens de contrôler le cycle de reproduction, c'est-à-dire de provoquer artificiellement l'ovulation des femelles et la production de sperme chez les mâles. Pour y parvenir, ils ont recouru à la méthode de l'induction hormonale. Celle-ci consiste à utiliser des « implants hormonaux », autrement dit, des substances qui, inoculées dans l'organisme, stimulent l'ovulation

[1] Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique – organisation régionale des pêches compétente pour la gestion des thons et espèces voisines de l'Océan Atlantique et de ses mers adjacentes, y compris la Méditerranée.

[2] Commission générale des pêches de Méditerranée – organisation régionale des pêches compétente pour la gestion des pêches en Méditerranée et mer Noire.

[3] Instituto español de Oceanografia, l'Universidad de Cadiz, Institut français de Recherche pour l'Exploration de la Mer, Institute of Marine Biology of Crete, Israël Oceanographic and Limnological Research, Malta Centre for Fisheries Sciences, Università degli Studi di Bari et Universität Heinrich-Heine Düsseldorf.

et favorisent la production de sperme. C'est un implant, mis au point par le consortium, qui a fini par atteindre le résultat escompté. Des ovocytes ont été récoltés dans les cages et la fécondation a pu avoir lieu in vitro. Les premières larves viables de thon rouge sont nées peu après.

Un long chemin

Cela ne signifie pas pour autant que l'aquaculture de thon rouge est à portée de main. Beaucoup d'obstacles scientifiques et techniques doivent encore être levés. D'abord, il faut s'assurer que cette expérience puisse être reproduite avec d'autres individus, dans d'autres conditions. Il faut donc analyser les différents paramètres de ce succès et les traduire en un protocole fiable et susceptible d'être transféré dans d'autres circonstances.

De plus, le projet REPRO-DOTT s'arrête à la production d'oeufs fécondés. Les étapes suivantes doivent encore faire l'objet de recherches scientifiques, notamment celle, très délicate, de l'éclosion. À ce stade, il faudra découvrir les moyens et les techniques à mettre en oeuvre pour augmenter le nombre d'oeufs arrivant à l'éclosion, pour assurer une production régulière de larves avec des taux de survie acceptables, et accompagner au mieux leur croissance, ainsi que celle des alevins, etc…

La manipulation délicate des adultes

Ensuite, il reste un problème de taille à résoudre: celui de la manipulation de ces très gros animaux - un individu adulte pèse de 180 à 400 kg - qui sont paradoxalement très fragiles. Le simple fait de le sortir de l'eau provoque chez le thon rouge un traumatisme qui entraîne la mort au bout de quelques heures. Dans le cadre du projet, beaucoup d'individus sont morts après avoir été capturés et immobilisés en vue de l'inoculation des implants hormonaux. Pour arriver au résultat, il a fallu inventer une méthode pour injecter les implants à distance, à l'aide d'un fusil sous-marin.

Jusqu'à présent, on mettait cette extrême fragilité sur le compte du stress de la captivité. Mais pour les scientifiques, ce n'est pas une explication suffisante. La domestication complète du thon rouge multipliera les manipulations: introduction des implants, transferts des alevins, isolement des reproducteurs, soins, prélèvements, etc. Dans cette perspective, il faudra comprendre comment ce traumatisme est fatal pour cette espèce et dégager les moyens et les techniques pour enrayer ce phénomène.

Le projet REPRO-DOTT a donc permis de franchir une étape importante dans le développement de l'aquaculture du thon rouge. Mais ce n'est qu'une première étape. Plusieurs années de recherche seront encore nécessaires pour que toutes les phases de cet élevage, de la fécondation à l'abattage, puissent être maîtrisées dans les meilleures conditions possibles.

Du côté du Pacifique

Du côté de l'océan Pacifique, les chercheurs japonais qui travaillent sur la reproduction du thon rouge austral ont choisi une option différente de celle des chercheurs européens : contrôler l'ensemble des conditions environnementales, c'est-à-dire maintenir les thons en bassins de grandes tailles en les laissant s'habituer de longues années à leur environnement captif, dans des conditions optimales de qualité et de température de l'eau.

Cette méthode a porté ses fruits: en juin 2002, les chercheurs japonais de l'Université Kinki d'Osaka bouclaient le premier cycle complet de reproduction en obtenant des oeufs d'individus nés en captivité. La contrainte majeure d'une telle méthode est son caractère imprévisible quant à la date d'obtention des oeufs.

© Copyright Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, 2006

Tous droits réservés de reproduction ou de traduction à des fins commerciales/lucratives, sous quelque forme que ce soit. Le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique autorise la reproduction ou la traduction partielle de ce document à des fins scientifiques ou éducatives ou pour les besoins de la recherche, à condition qu'il soit fait mention de la CPS et de la source. L'autorisation de la reproduction et/ou de la traduction intégrale ou partielle de ce document, sous quelque forme que ce soit, à des fins commerciales/lucratives ou à titre gratuit, doit être sollicitée au préalable par écrit. Il est interdit de modifier ou de publier séparément des graphismes originaux de la CPS sans autorisation préalable.

Texte original : anglais

Secrétariat général de la Communauté du Pacifique, division Ressources marines, Section Information,
B.P. D5, 98848 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie,
Téléphone : +687 262000; Télécopieur : +687 263818; Mél : cfpinfo@spc.int
Web: http://www.spc.int/coastfish/Indexf/index.html