

placé sur la liste rouge des espèces « en danger critique d'extinction » de l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN), ce qui interdit toute pêche, y compris scientifique.

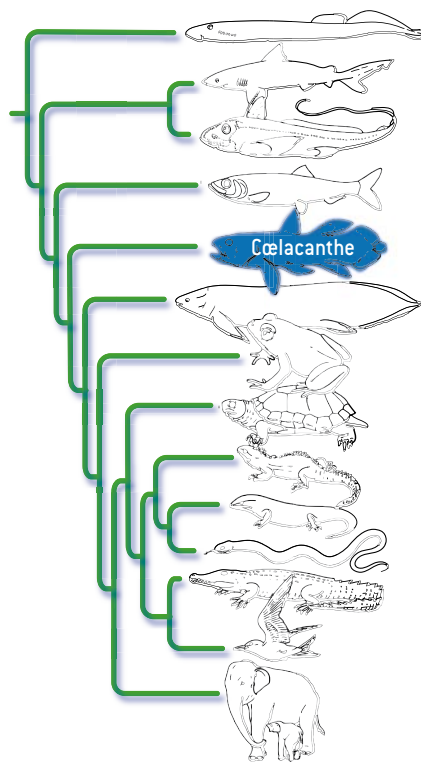
La piste de l'étude anatomique d'un coelacanthe vivant étant impraticable, nous nous sommes retournés vers un spécimen conservé dans un fluide au Muséum, à Paris. Placé sur un brancard, ce spécimen pêché il y a 60 ans a d'abord été examiné par un scanner à rayons X, puis par un appareil d'imagerie par résonance magnétique (IRM). Avec les nombreuses coupes virtuelles de son corps ainsi obtenues, nous avons construit un modèle virtuel en trois dimensions très détaillé de l'anatomie du coelacanthe, à l'aide duquel nous avons simulé le fonctionnement de certaines structures, telle l'articulation intracrânienne. Cela nous a aidés à clarifier l'histoire évolutive compliquée des coelacanthes (voir la figure 4).

Une technique inédite de plongée profonde

La priorité suivante semble être de faire progresser la biologie, la zoologie et l'écologie du coelacanthe actuel. Cela implique de parvenir à l'étudier dans son environnement. À plus de 200 mètres de profondeur, la méthode la plus logique, car la plus sûre, consiste à employer des submersibles. C'est ce qu'a fait aux Comores dès 1986 le biologiste Hans Fricke, de l'Université de Munich. Les quelque 200 plongées réalisées jusqu'au début des années 1990 ont fourni les premières informations essentielles sur le mode de vie de *Latimeria* : on a ainsi appris qu'il s'agit d'un animal placide, aux déplacements lents, qui s'active la nuit et se repose le jour dans quelque cavité.

L'arrivée d'un engin massif et sonore perturbe toutefois les animaux qui vivent dans le calme des profondeurs. Pour étudier plus avant le comportement de *Latimeria*, il fallait l'observer et l'étudier sans le stresser, ni même le perturber. Comment faire ?

En plongeant sans submersible ! Courant 2000, nous avons appris la présence d'une population de coelacanthes vivant dans les eaux de la baie de Sodwana, au Nord-Est de l'Afrique du Sud, par seulement 120 mètres de profondeur. Or dans l'espoir de rendre possible l'exploration de la zone aphotique – la partie de la colonne d'eau où la lumière ne pénètre plus –, l'équipe de



4. LA POSITION DU CŒLACANTHE ACTUEL dans l'arbre phylogénétique simplifié des vertébrés (d'après Philippe Janvier, 1996).

plongeurs professionnels de l'un d'entre nous (L. Ballesta) développe depuis une dizaine d'années une méthode innovante de plongée profonde. Cette technique est fondée sur des scaphandres recycleurs gérant en circuit fermé le mélange respiratoire, système qui permet en particulier d'éviter de s'équiper d'une multitude de bouteilles. Le plongeur emporte plutôt une quantité limitée de mélange qui sera recyclé grâce à une électronique dédiée. Très technique, la mise au point de ce recyclage, non seulement évite la narcose (impératif !), mais donne le temps de passer plusieurs dizaines de minutes au fond avant les nombreux paliers de décompression d'une remontée qui durera de six à sept heures (voir la figure 7).

Ces évolutions techniques mettaient les coelacanthes de la baie de Sodwana à notre portée. Toutefois, les plongées dans la zone aphotique exigent une grande préparation technique, physique et mentale. La mise au point de nos techniques de plongée profonde a fini par l'organisation, en janvier 2010, d'une expédition pour aller observer les coelacanthes de la baie de Sodwana. Nous y avons enchaîné plusieurs séjours techniques sous l'eau, durant lesquels nous avons pu passer de 30 à 40 minutes en contact avec les coelacanthes, avant quatre à six heures de paliers de décompression...

Une façon de nager atypique

Le temps passé au fond était donc limité, mais suffisant pour entrer avec douceur dans l'environnement immédiat des animaux et y agir de façon beaucoup plus discrète, efficace et rapide que cela n'aurait été possible avec un robot plongeur.

L'objectif de cette première campagne scientifique était simple : accumuler le plus possible d'observations naturalistes des coelacanthes dans leur élément, sans les perturber ou les mettre en danger. Les photographies et les films en haute définition que nous avons rapportés prouvent que nous y sommes parvenus. On y voit une sorte de patriarche serein des profondeurs, un coelacanthe curieux et tranquille occupé à observer... ses observateurs.

La question de la nage du coelacanthe nous intéressait en priorité. Avant les premières observations directes, notamment les précieuses prises de vue depuis un sous-marin rapportées par H. Fricke dans les années 1980, on avait longtemps supposé

que le coelacanth rampait, voire marchait, sur le fond marin à l'aide de ses paires de nageoires pédonculées... Les images de H. Fricke montraient en réalité *Latimeria* pratiquant en pleine eau une nage aussi harmonieuse qu'atypique, mettant en jeu l'ensemble de ses nageoires dans un ballet à la coordination complexe.

La nage du coelacanth ressemble parfois à la reptation d'un lézard, voire à la marche de tout tétrapode terrestre. Au cours de nos plongées, nous avons effectivement observé que le coelacanth meut l'une de ses nageoires pectorales en même temps que la nageoire pelvienne opposée, puis la paire opposée de nageoires. Nous avons constaté que ce comportement est spontané chez *Latimeria*.

Une autre évidence nous a frappés : le coelacanth nage presque toujours très lentement et stationne souvent. Ainsi, le premier coelacanth que nous avons trouvé était tranquillement posté à l'entrée de sa grotte ; il nous a observés un moment, puis s'est lentement élevé dans les eaux. Il a alors principalement utilisé sa nageoire anale et sa deuxième nageoire dorsale qui, telles des hélices tournant au ralenti, bougeaient lentement pour lui permettre d'accomplir avec précision les déplacements souhaités.

Un point qui frappe tous les naturalistes ayant observé des coelacanthes, tant fossiles que vivants, est que ces animaux sont dotés d'une minuscule nageoire caudale secondaire prolongeant leur nageoire caudale principale (voir la figure 5). Quelle est sa fonction ?

La nageoire caudale des poissons sert, comme une godille, à les propulser en poussant des masses d'eau alternativement d'un côté et de l'autre. Grâce à leur souplesse, les requins, par exemple, se déplacent en accompagnant les flux d'eau par un mouvement ajusté de façon à limiter les brusques variations de vitesse et les turbulences énergivores associées.

La présence de la nageoire secondaire miniature au centre de la nageoire caudale principale suggère que *Latimeria* peut s'en servir pour obtenir les mêmes avantages à petite échelle, afin de pratiquer une nage lente, sans doute très discrète. Est-ce là le seul usage que fait *Latimeria* de sa nageoire caudale ? Non. Il est arrivé que, lassé par la compagnie du groupe de plongeurs, un individu s'éloigne brusquement de dix mètres d'un puissant coup de queue

■ LES AUTEURS

Hugo DUTEL, doctorant au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, prépare une thèse sur l'histoire évolutive et la biologie des coelacanthes.

Marc HERBIN est biologiste spécialisé en morphologie fonctionnelle au Muséum national d'histoire naturelle.

Laurent BALLESTA, biologiste marin et photographe, a fondé et dirige la Société d'étude et d'exploration *Andromède océanologie*.

Gaëli CLÉMENT est paléontologue au Muséum national d'histoire naturelle.

pour... stationner de nouveau, comme s'il se jouait des plongeurs.

Pourquoi n'enchaîne-t-il pas ses coups de queue afin de semer définitivement les plongeurs ? Si le dispositif caudal de *Latimeria* le rend manifestement capable de brusques avancées, son métabolisme probablement très lent lui interdirait de les renouveler.

Comment chasse-t-il ?

Cette observation suggère la façon dont *Latimeria* chasse probablement. Les individus que nous avons observés étaient de taille imposante, donc adultes. Il se pourrait que les coelacanthes matures soient les seuls à séjourner à des profondeurs relativement faibles. Dans la grotte qui leur sert de lieu de repos, ils ne semblent pas d'humeur à se nourrir : nous n'avons vu aucune prédation, puisqu'ils sortent uniquement la nuit pour



5. LA PREMIÈRE RENCONTRE AMICALE ENTRE L'HOMME ET LE COELACANTH s'est déroulée dans une ambiance sereine, ce poisson curieux et placide n'ayant craint ni de se laisser approcher ni de se laisser baigner dans la lumière des projecteurs (*en haut*). En bas, un détail de la curieuse nageoire secondaire postérieure dont est doté l'animal.

chasser. Les coelacanthes peuvent descendre à plus de 500 mètres, où règne une obscurité totale, en se servant peut-être des capteurs de champ électrique présents dans leur organe rostral pour repérer leurs proies.

Comment s'effectue la prise alimentaire d'un coelacanth ? Nous pensons que l'articulation intracrânienne évoquée plus haut intervient. On a longtemps supposé que ce dispositif complexe, qui n'est connu dans les espèces actuelles que chez le coelacanth, permet à l'animal, par une élévation de 15 à 20 degrés du museau, d'ouvrir brusquement sa gueule afin de créer une puissante aspiration. Toutefois, à la lumière des données acquises par imagerie à rayons X, il semble que cette articulation ne puisse être aussi mobile qu'on ne le pensait. Filmer un coelacanth en train de capturer une proie nous permettrait de le confirmer.

Une nageoire caudale secondaire pour les mouvements fins ?

Quoi qu'il en soit, sans doute est-ce dans la chasse que les puissants coups de queue du coelacanth jouent leur rôle ; quant aux furtifs mouvements de sa petite nageoire caudale secondaire, ils le rendent peut-être capable d'approches lentes et patientes dans le noir... *Latimeria* resterait donc à l'affût jusqu'à percevoir la présence d'une proie grâce à son système de sensibilité électrique ; il s'en rapprocherait

■ BIBLIOGRAPHIE

H. Fricke *et al.*, *The population biology of the living coelacanth studied over 21 years*, *Marine Biology*, vol. 158, pp. 1511-1522, 2011.

K. Hissmann *et al.*, *The South African coelacanth – an account of what is known after three submersible expeditions*, *South African Journal of Science*, vol. 102, pp. 491-500, 2006.

P. L. Forey, *History of the Coelacanth Fishes*, Chapman and Hall, 1998.

J. Millot et J. Anthony, *Anatomie de Latimeria chalumnae*, vol. 1, Squelette et muscles, CNRS, 1958.

G. Lecointre *et al.*, *Du rîfi chez les poissons*, *Pour la Science* n° 390, pp. 56-63, 2010.

d'abord doucement, puis vite avant de déclencher une aspiration « implosive » quand il est tout près de sa victime. Un scénario à infirmer ou confirmer par des observations directes...

Nous planifions une deuxième expédition afin de pousser l'étude scientifique du comportement de *Latimeria chalumnae* au-delà des simples observations. Nous préparons pour cela une série de protocoles expérimentaux compte tenu du savoir-faire acquis quant à la façon d'approcher ce poisson sans le perturber.

Le premier de ces protocoles a pour objectif de préciser la coordination motrice de *Latimeria*. Nous prévoyons de filmer sa nage avec un système stéréoscopique de deux caméras de haute définition prenant chacune 500 vues par seconde. Une prise de données que seule l'expérience acquise dans l'exploitation de telles caméras à grande profondeur rend envisageable.

Une fois la coordination motrice du coelacanth vivant saisie en images, les mouvements de ses articulations seront analysés en mettant en relation les mouvements du squelette avec ceux de l'enveloppe corporelle. Cette étape, que nous préparons, peut être franchie grâce à la tomodensitométrie (passage au scanner à rayons X) ou l'imagerie par résonance magnétique d'un spécimen issu des collections en fluide du Muséum, puis en ajoutant les mouvements filmés de l'enveloppe corporelle de l'animal. Nous espérons ainsi comprendre comment évolue la géométrie du squelette au cours de la nage, voire au cours de la prise de nourriture.

Pour ce faire, nous tenterons de forcer la chance en proposant une proie (un calmar) au coelacanth. Tandis qu'un plongeur s'acquittera de cette tâche, un autre filmera le déroulement de la scène de prédation. *Latimeria* se prêterait-il au jeu ? Afin d'agir dans les conditions optimales, ces films de la locomotion et de la prise alimentaire du coelacanth seront réalisés de nuit, lorsque l'animal est en pleine activité.

Un protocole est aussi prévu pour apprécier la diversité génétique de la population de *Latimeria* de la baie de Sodwana. On sait en effet qu'un brassage génétique insuffisant multiplie les problèmes de consanguinité et de faiblesse immunitaire au sein d'une population. Pour l'heure, seulement 27 individus ont été répertoriés. Cela suggère que les effectifs de cette population de coelacanthes sont réduits, même si d'autres



6. CE COELACANTHE FOSSILE est mort au Jurassique. Il a été fossilisé dans les sédiments fins formant aujourd'hui un magnifique calcaire lithographique. On reconnaît la nageoire postérieure secondaire, caractéristique des coelacanthes depuis des centaines de millions d'années.