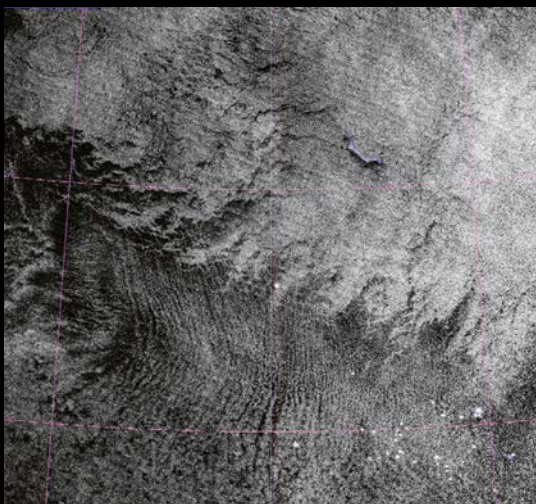
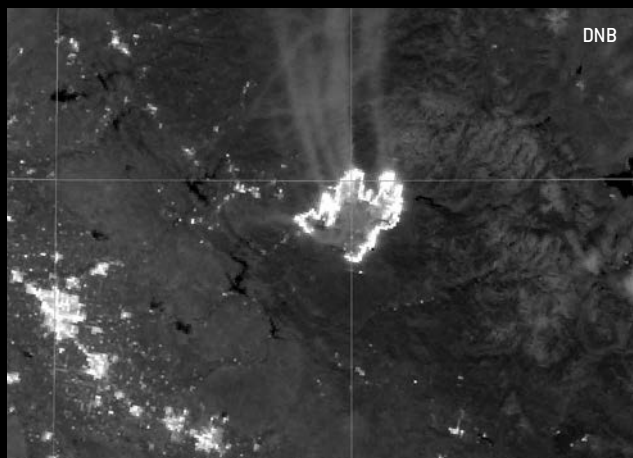




capteur a aussi permis de distinguer la limite de la glace de mer (*lignes déchiquetées qui descendent à partir du haut à droite*), illuminée par la faible lueur atmosphérique. Grâce à ces informations, les équipes du service météo purent aider le navire à tracer une route sûre vers l'ouest-sud-ouest, en dehors de la zone où s'étendait la banquise.



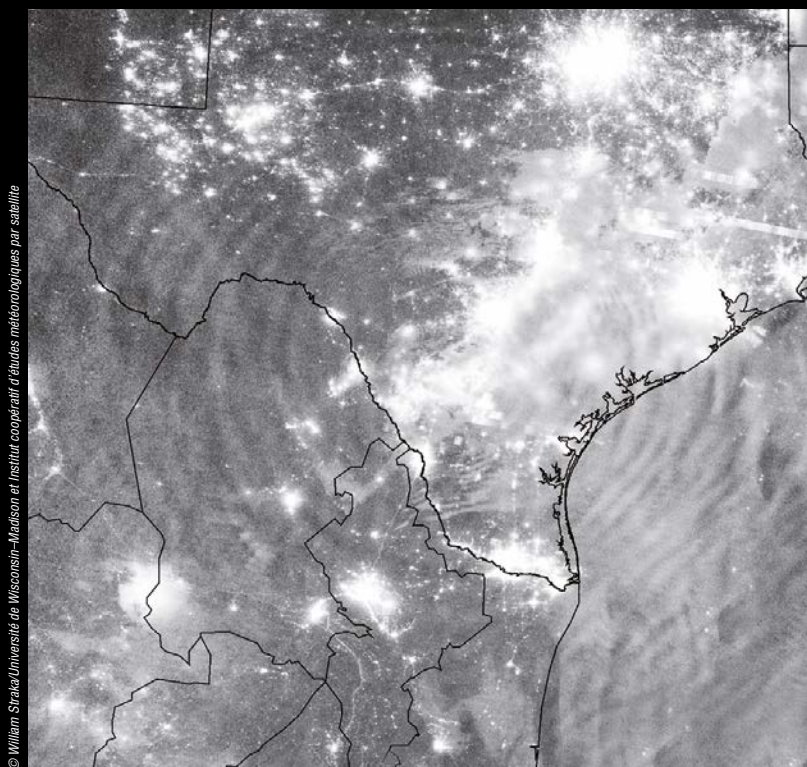
L'incapacité à combattre les flammes la nuit est frustrante, car des températures plus fraîches, une humidité plus élevée et des vents légers constituent des conditions idéales pour les pompiers. Les capteurs de basses lumières peuvent aider, comme on le voit sur les images de l'incendie surnommé Rim Fire de 2013, en Californie. Tout d'abord, lorsque la lumière de la lune est présente, les capteurs montrent clairement des panaches de fumée, ce qui fournit un avertissement fiable aux pompiers (*image de droite; la fumée n'apparaît pas sur l'image de gauche, prise dans l'infrarouge*). Les panaches donnent aussi une information précieuse sur les vents proches de la surface, qui attisent les flammes. L'image de droite montre que des vents forts emportent la fumée vers le nord; les pompiers seraient donc bien avisés d'attaquer le feu sur ses flancs sud.

La lueur du ciel nocturne

Même par une nuit sans lune, loin de toute lumière, on peut voir une vague silhouette de notre main face au ciel « noir ». C'est grâce à la faible lumière émise par des réactions chimiques complexes se déroulant dans la haute atmosphère. Les astronautes de la Station spatiale internationale décrivent régulièrement cette luminescence nocturne, mais sa structure détaillée est restée mal connue.

Les chercheurs travaillant avec les données du capteur DNB ont constaté avec surprise que des structures particulières de luminescence nocturne apparaissaient dans les données recueillies une nuit à proximité d'un orage. L'imagerie a révélé des ondulations caractéristiques dans la lueur. L'énergie libérée au sein des orages engendre des ondes atmosphériques qui se propagent vers le haut. Lorsque, une ou deux heures plus tard, ces ondes atteignent environ 90 kilomètres d'altitude, près du sommet de la mésosphère, elles perturbent la couche émettrice de lumière nocturne, ce qui crée des ondes lumineuses concentriques. Le capteur a enregistré cet effet notamment au cours d'un énorme orage au Texas en 2014 (*ci-dessous*).

Ces ondes sont plus que des curiosités; elles transportent de l'énergie qui détermine la circulation atmosphérique à haute altitude. La capacité de DNB à détecter les ondes de luminescence comble une lacune dans les modèles de la dynamique de la haute atmosphère, aidant les chercheurs à mieux prévoir le temps et à comprendre le changement climatique. Des observations au sol ont par ailleurs établi un lien entre les ondes de luminescence nocturne et de grands tremblements de terre, notamment celui auquel était dû le tsunami dévastateur de 2011 au Japon. Il apparaît que le mouvement sismique crée des ondes de pression qui se propagent vers le haut de l'atmosphère. Il est ainsi possible que les données DNB puissent aider les scientifiques à repérer un tsunami lorsqu'il traverse un océan, en surveillant les ondes atmosphériques se propageant au-dessus de lui.



© William Straka/Université de Wisconsin-Madison et Institut coopératif d'études météorologiques par satellite

Aux origines de

L'examen aux rayons X
d'un fossile de petit
poisson cuirassé vieux
de 415 millions d'années
éclaire l'apparition
des premiers animaux
vertébrés dotés
de mâchoires.

Vincent DUPRET

Lorsqu'on mange une lamproie, on mâche un animal vertébré dépourvu de mâchoires : un cyclostome. Nous autres les gnathostomes, c'est-à-dire les vertébrés à mâchoires, devons mâcher pour vivre. Nos mâchoires nous permettent de nous nourrir et rendent redoutables certains d'entre nous, tels les requins (*ci-contre*) ou les ours ; elles nous donnent aussi un visage, qui joue chez les humains un rôle social essentiel. Mais quelle est l'origine de ces mâchoires qui modèlent la face des gnathostomes ?

On l'ignorait, jusqu'à ce qu'un bloc de calcaire exhumé il y a quelques années dans l'Arctique canadien nous apporte la réponse. Plus précisément, il nous a livré *Romundina stellina*, un petit « poisson » cuirassé datant de quelque 415 millions d'années. Son étude a révélé comment l'apparition progressive de la face s'est organisée en une succession d'étapes à partir de « poissons » sans mâchoires, c'est-à-dire de cyclostomes.

C'est en 1995 que Daniel Goujet, professeur du Muséum national d'histoire



UN REQUIN ET UNE TORTUE partagent cet aquarium. Tous deux, comme les humains, sont des gnathostomes, c'est-à-dire des vertébrés à mâchoires. Mais d'où tirent-ils ce trait commun ?

© amin kuliyev/shutterstock.com

nos mâchoires



naturelle à Paris, fit cette découverte. La mission paléontologique sur l'île du Prince-de-Galles qu'il menait alors le conduisait à arpenter avec des collègues les plaines gelées et les torrents glacés de cette île de l'archipel arctique canadien (territoire du Nunavut). Au cours de l'une de ses promenades prospectives sous le sombre ciel arctique, il fit une trouvaille qui, vingt ans plus tard, prit une grande importance scientifique.

Si Daniel Goujet avait pu visiter l'environnement initial dans lequel se sont déposés les bancs calcaires fossilifères vieux de 415 millions d'années qu'il parcourait, il se serait retrouvé dans une mer tropicale peu profonde de l'hémisphère Nord. De nos jours, la platitude de cette ancienne mer est rompue par les petits canyons creusés par les rivières. C'est aux endroits où affleure la roche que se déroule la recherche de fossiles (voir la photographie ci-dessous).

Des terrains fossilifères de plus de 400 millions d'années

L'équipe de Daniel Goujet ne se trouvait pas par hasard sur l'île du Prince-de-Galles : elle y suivait les traces de Raymond Thorsteinsson, le père de la géologie des terres protérozoïques et paléozoïques du Haut-Arctique canadien. Rappelons que le Protérozoïque (il y a 2500 à 542 millions d'années) recouvre les ères précambriennes, tandis que le Paléozoïque (542 à 252 millions d'années) recouvre le Cambrien, l'Ordovicien, le Silurien, le Dévonien, le Carbonifère et le Permien.

Réalisées dans les années 1960, les explorations de Thorsteinsson, géologue natif du Saskatchewan, au Canada, mais d'origine islandaise, ont révélé quelques gisements intéressants sur l'île du Prince-de-Galles : tous sont datés du Lochkovien (419 à 410 millions d'années), c'est-à-dire du premier étage du Dévonien (419 à 359 millions d'années).

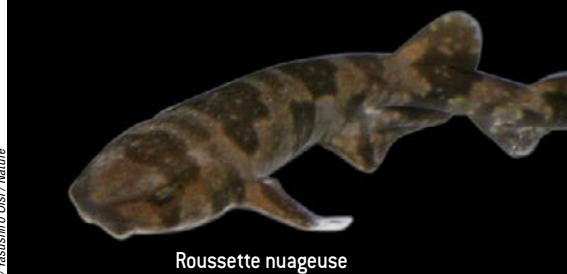
Les couches sédimentaires fossilifères repérées par Thorsteinsson sont impropres à la datation radiochronologique par le potassium-argon, qui s'impose pour de telles échelles de temps (la demi-vie du potassium 40 étant de 1,25 milliard d'années). Cependant, la présence de divers microfossiles, en particulier de conodontes (littéralement : dents en forme de cône) – formes denticulées que l'on attribue à une sorte de ver apparu au Précambrien (il y a plus de 541 millions d'années) et disparu au Trias (252-200 millions d'années) – a permis de placer ces gisements dans la « zone Pesavis ». C'est ainsi que les géologues du Service canadien de géologie nomment les terrains du Haut-Arctique canadien riches en conodontes de l'espèce *Pesavis pesavis*. Or la zone Pesavis est attribuée au Lochkovien.

Daniel Goujet voulait récolter le plus possible de matériel susceptible de contribuer à notre connaissance anatomique des premiers vertébrés ; il cherchait en outre à accumuler le maximum d'informations sur les relations trophiques (concernant la chaîne alimentaire) et phylogénétiques (concernant leurs relations de parenté) que ces organismes entretenaient il y a 415 millions d'années, notamment afin de mieux restituer le paléoenvironnement de l'Arctique canadien.

CYCLOSTOMES

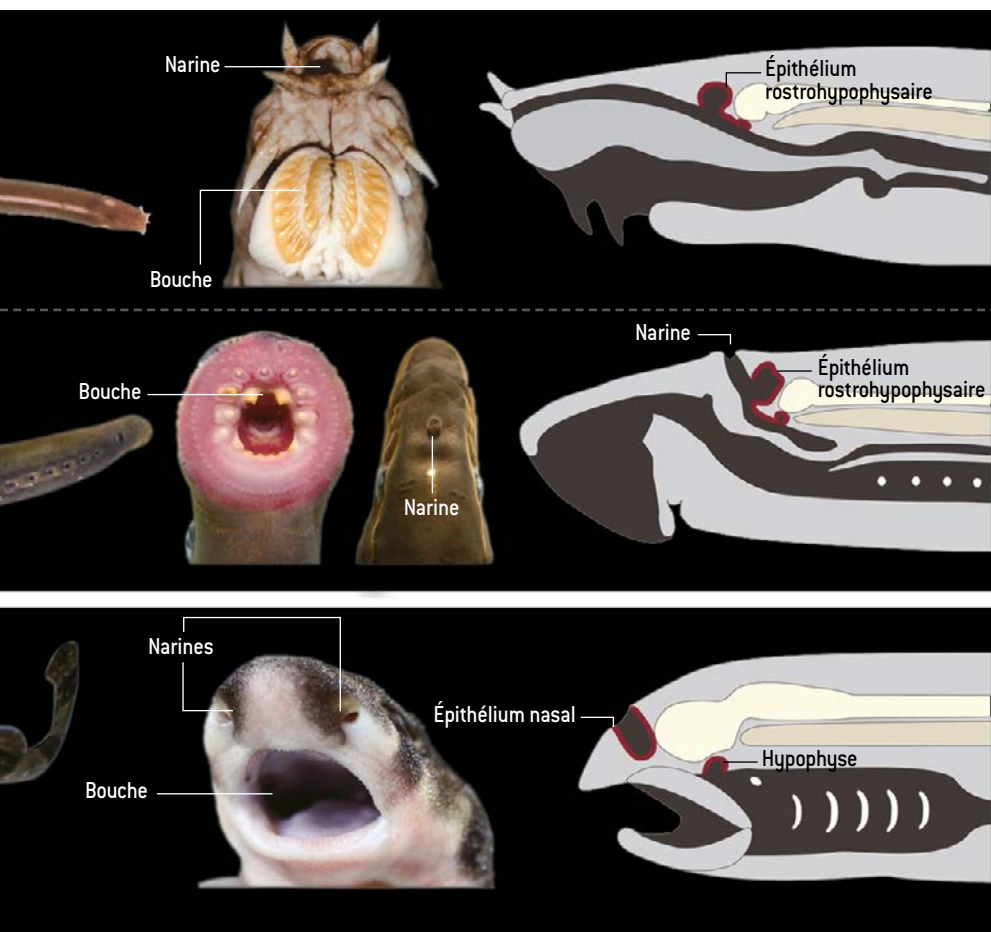


GNATHOSTOMES



UNE RECHERCHE DE FOSSILES menée dans les années 1990 sur les bancs calcaires de l'île du Prince-de-Galles, dans l'archipel arctique canadien, a conduit à l'exhumation de *Romundina*. Arpentant par temps couvert des affleurements calcaires datant du début du Dévonien (419 à 358 millions d'années), les chercheurs devaient profiter du soleil de minuit.





CYCLOSTOMES ET GNATHOSTOMES,

c'est-à-dire les vertébrés sans mâchoires et les vertébrés avec mâchoires, constituent deux groupes distincts. Les cyclostomes comprennent les myxines (ici *Eptatretus burgeri*) et les lamproies (ici *Lethenteron japonicum*). L'anatomie de leur tête est précisée par des schémas en coupe (à droite). Ces animaux vertébrés sont caractérisés par leur narine unique et leur bouche dépourvue de mâchoires. Dans le cas des myxines, la narine unique débouche en avant du museau. Dans le cas des lamproies, elle s'ouvre un peu au-delà des deux yeux (voir la tête de lamproie vue de dessus). Les gnathostomes (ici le requin *Scyliorhinus torazame*, ou roussette nuageuse) ont une bouche dotée d'une mâchoire surmontée de deux narines débouchant en avant des yeux.

Il s'agit là d'un enjeu scientifique important, car le Dévonien, dont datent les gisements du Haut-Arctique canadien, est l'époque géologique à laquelle les poissons cuirassés se sont diversifiés. Recouverts de plaques osseuses, ces « poissons », que l'on nomme placodermes, valent pour cette raison au Dévonien son surnom d'« âge des Poissons ». Or c'est au sein du groupe florissant des placodermes qu'il faut rechercher les origines des vertébrés à mâchoires et les étapes de la formation de leur face.

Les placodermes, poissons d'eau douce ?

On a longtemps considéré les placodermes comme des poissons d'eau douce, mais les environnements clairement marins découverts par Thorsteinsson sur l'île du Prince-de-Galles démentent cette impression : leur assemblage fossile contient toute une série d'invertébrés indiscutablement marins, tels des coraux et autres brachiopodes ; leurs coquilles, autrefois en aragonite ou

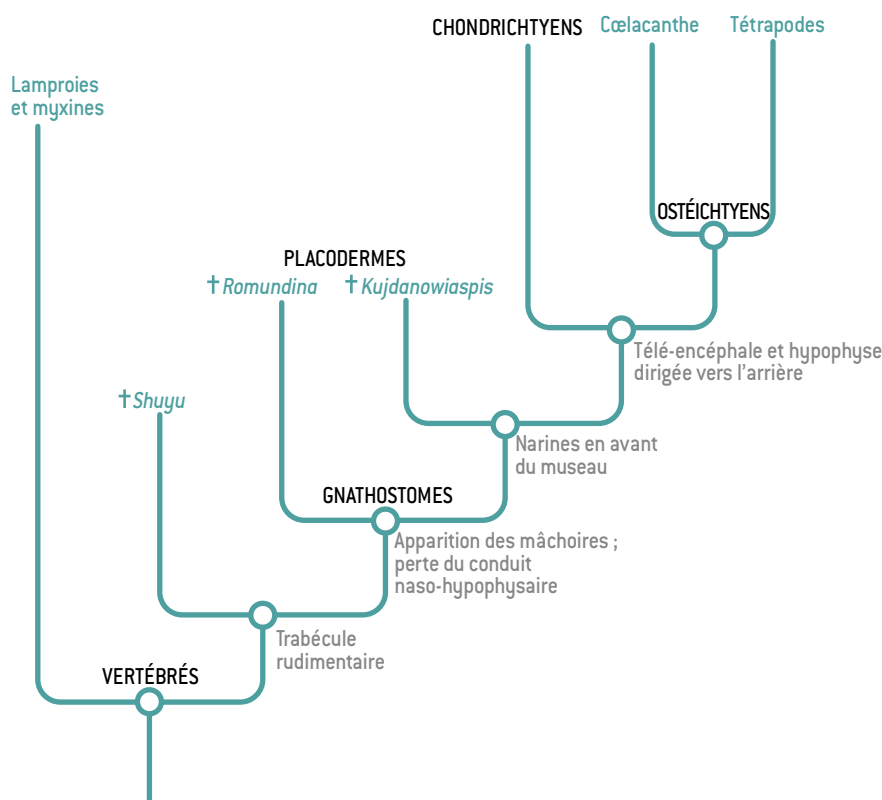
calcite (deux biocarbonates), ont toutes été transformées en silice par la fossilisation.

C'est dans ce contexte que Daniel Goujet récolta un jour un spécimen de *Romundina*. Connue par plusieurs fossiles, cette espèce fut décrite en 1975 par le paléontologue suédois Tor Ørvig, qui la nomma *Romundina* en hommage à Raymond Thorsteinsson, le découvreur du gisement. La translittération islandaise de Raymond n'est en effet autre que... Romund. *Romundina* devint ainsi une invitation au voyage dans l'Arctique canadien et en Scandinavie. C'est en quelque sorte ce qui m'est arrivé...

De retour au musée, Daniel Goujet se servit d'une solution d'acide faible pour débarrasser son spécimen de *Romundina* du plus gros de sa gangue calcaire sans l'endommager. Puis, au cours des années suivantes, le fossile a été l'objet de plusieurs études portant sur l'insertion des muscles oculomoteurs (ceux qui servent à mouvoir les yeux), ou encore sur la phylogénie (le système de parenté) des placodermes. L'importance de *Romundina* ne se révélera qu'après 2007, quand le

L'ESSENTIEL

- Les animaux vertébrés se divisent en deux groupes : les vertébrés à mâchoires et ceux sans mâchoires, telles les lamproies.
- Les premiers, les gnathostomes, sont beaucoup plus représentés aujourd'hui que les seconds, les cyclostomes.
- *Romundina*, un organisme fossile pisciforme cuirassé découvert dans le Haut-Arctique canadien, est une forme intermédiaire.
- Doté de mâchoires, il a des traits de cyclostome, ce qui indique que les gnathostomes sont issus des cyclostomes.



CET ARBRE OU « CLADOGRAMME » indique les relations de parenté entre les différents types de vertébrés actuels (*branches longues*) et fossiles (*branches courtes*). L'acquisition progressive des caractères cranio-faciaux des vertébrés à mâchoires (gnathostomes) est précisée aux points de ramification. Des fossiles tels que *Romundina* illustrent certaines des étapes intermédiaires.

fossile fut confié à Sophie Sanchez de l'université d'Uppsala et à Paul Tafforeau de l'ESRF (*European Synchrotron Radiation Facility*, le synchrotron européen situé à Grenoble), afin que ces chercheurs en sondent l'intérieur à l'aide des rayons X très intenses du synchrotron. Même si le crâne de *Romundina* est de très petite taille – moins de deux centimètres de long (*voir la photographie page 67*) –, le scanogramme réalisé par les chercheurs livra un grand nombre de données numériques décrivant ses structures.

Cette technique se répand de plus en plus en paléontologie. Elle a l'avantage de laisser le fossile intact, alors qu'il y a cinquante ans, l'étude des structures internes du fossile aurait obligé à le découper en tranches, tel un jambon... Aujourd'hui, la même procédure est possible, mais elle n'est que virtuelle, tout en étant très précise.

En 2009, Per Ahlberg de l'université d'Uppsala me proposa de me servir des

**Passer un fossile
au scanner à rayons X : une
technique de plus en plus
répandue en paléontologie.**

données obtenues à l'ESRF en scannant *Romundina* pour acquérir une expérience de l'usage du logiciel 3D Mimics. Développé par la société belge Materialise, ce logiciel sert à construire le modèle numérique d'un organisme, fossile ou non. Guidé par les choix d'un spécialiste – médecin, paléontologue, etc. –, il permet de reconstituer et visualiser les structures anatomiques à partir des données fournies par le scanogramme.

Or, plus nous avançons dans l'étude de *Romundina*, plus nous étions passionnés, tant de nombreuses associations de caractères inédites apparaissaient ! Mes collègues de l'université d'Uppsala et moi étions en train de préparer un long article de description anatomique et de comparaison de *Romundina* avec d'autres vertébrés primordiaux, quand, en 2012, des chercheurs japonais publièrent dans la revue *Nature* des résultats qui bouleversèrent nos plans.

Lamproies et myxines : les cyclostomes

Avec leurs collaborateurs, Yasuhiro Oisi et Shigeru Kuratani, du centre RIKEN pour la biologie du développement à Kobe, avaient étudié pendant de nombreuses années le développement du crâne des cyclostomes.

Comme nous l'avons déjà évoqué, les cyclostomes sont les vertébrés dépourvus de mâchoires, à distinguer des gnathostomes. Les cyclostomes incluent notamment les lamproies (38 espèces) et les myxines (22 espèces) (*voir la figure pages 62 et 63*). Le mot cyclostome est composé des mots grecs *cyclos* (cercle) et *stoma* (bouche), de sorte qu'on pourrait le traduire par « bouche ronde » ou « bouche en ventouse ».

Pour sa part, le terme gnathostome est composé non seulement du mot *stoma*, mais aussi de *gnathos* signifiant « mâchoire ».

Les requins, mais aussi les grenouilles, les serpents, les ours, les humains, etc. sont des gnathostomes.

Outre la présence ou non de mâchoires, ces deux groupes se démarquent par des faces très différentes. Leurs apparences reflètent des organisations différentes des organes internes du crâne, lesquelles résultent de processus embryonnaires distincts. Ainsi, les lamproies ont une

seule narine, située entre les deux yeux et très en arrière du bout du museau. Ce dernier consiste en une « lèvre supérieure », une sorte de bord situé en haut de la ventouse que l'animal utilise pour se fixer sur d'autres vertébrés qu'il parasite. La narine s'ouvre sur un conduit « naso-hypophysaire », contenant le système olfactif (un tissu nasal) et l'hypophyse, une glande qui sécrète des hormones. Au fond de ce conduit, l'épithélium nasal se joint à l'hypophyse, laquelle est orientée vers l'avant.

Sur le plan du développement, cela signifie que dans l'embryon du cyclostome un seul amas indivisible de cellules destinées à former un organe sensoriel – ce que l'on nomme une placode – est à l'origine de l'hypophyse et de l'épithélium nasal. Chez les cyclostomes, le télencéphale, c'est-à-dire la partie antérieure du cerveau, est très court.

À l'opposé, un gnathostome (par exemple un humain) a deux narines bien séparées, situées à l'avant du museau et en avant des yeux. Séparée des sacs nasaux par une grande distance, l'hypophyse s'ouvre dans la bouche tout en étant dirigée vers l'arrière.

Gnathostomes : un développement embryonnaire différent

Cette organisation résulte de la présence dans l'embryon du gnathostome de trois placodes bien séparées les unes des autres : deux nasales et une hypophysaire. Par ailleurs, le télencéphale (la partie antérieure du cerveau) d'un gnathostome est très allongé. Au cours du développement embryonnaire des cyclostomes, une masse de tissu,

■ L'AUTEUR



Vincent DUPRET est paléontologue et mène ses recherches au sein du département de mathématiques

appliquées de l'université nationale d'Australie, à Canberra.

Les vertébrés racontés par le registre fossile

Les vertébrés sont les animaux dotés d'une colonne vertébrale ; ce sont des chordés, c'est-à-dire des animaux dotés d'une chorde, le précurseur embryonnaire de la colonne vertébrale. Les vertébrés apparaissent dans le registre fossile de l'Ordovicien (*Sacabambaspis* en Bolivie, il y a 470 millions d'années).

Toutefois, on soupçonne qu'ils existaient déjà au Cambrien : *Haikouichthys*, un animal datant de 530 millions d'années, du Cambrien chinois, pourrait avoir été l'un des premiers vertébrés (hypothèse qui reste discutée).

Quelques millions d'années après l'Ordovicien, au Silurien, les descendants de ces formes primordiales sont plus nombreux dans les océans. Ils sont toujours dépourvus de mâchoires, mais dotés d'une lourde cuirasse osseuse, ce qui est utile dans ces eaux peuplées de prédateurs redoutables (orthocères aux tentacules démesurés ou scorpions de mer géants de deux mètres de long).

Toutefois, la donne est sur le point de changer au Silurien,

quand les mâchoires apparaissent chez les vertébrés. Les premiers vertébrés à mâchoires sont les placodermes, nommés aussi « poissons »

au Dévonien (de 419 à 359 millions d'années), l'âge des poissons, que les placodermes se diversifient en de très nombreuses formes et deviennent les maîtres incontrastés des eaux. La preuve en est que nous trouvons leurs fossiles sur tous les continents et dans différents types de roches sédimentaires.

Certains, détritivores (se nourrissant de restes), ne

l'iconique *Dunkleosteus*, dont la mâchoire a la réputation d'avoir été dix fois plus puissante que celle d'un grand requin blanc actuel.

Ce succès n'allait pas durer. La grande crise biotique de la limite Frasnien-Famennien, au Dévonien, fait disparaître 70 % des espèces. Pourtant les placodermes survivent... mais disparaissent quelques millions d'années plus tard à la fin du Dévonien. Les causes en sont encore floues, mais multiples et liées : changements d'environnements et de climats, empoisonnement des eaux dû à la luxuriante végétation et aux sols qu'elle produits, etc.

À la fin du Dévonien, il y a quelque 365 millions d'années, certains vertébrés à mâchoires – les tétrapodes, c'est-à-dire les vertébrés à quatre pattes – commencent à conquérir les milieux terrestres. Les premiers tétrapodes resteront inféodés aux milieux aquatiques ; leurs descendants pourront s'aventurer sur la terre ferme. Mais c'est une autre histoire...

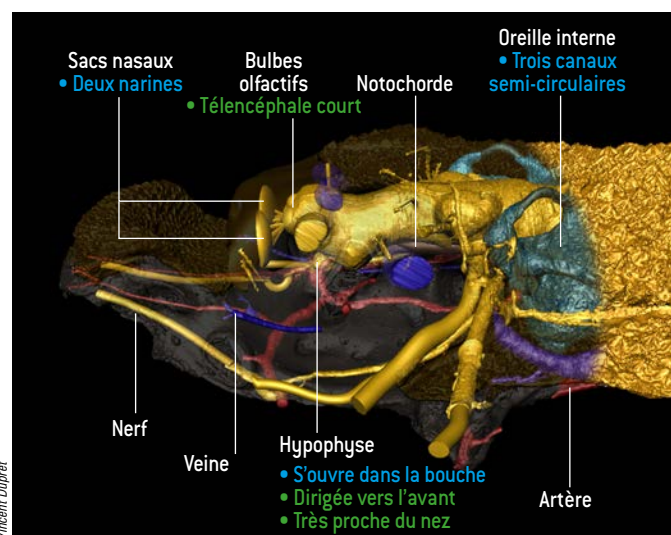
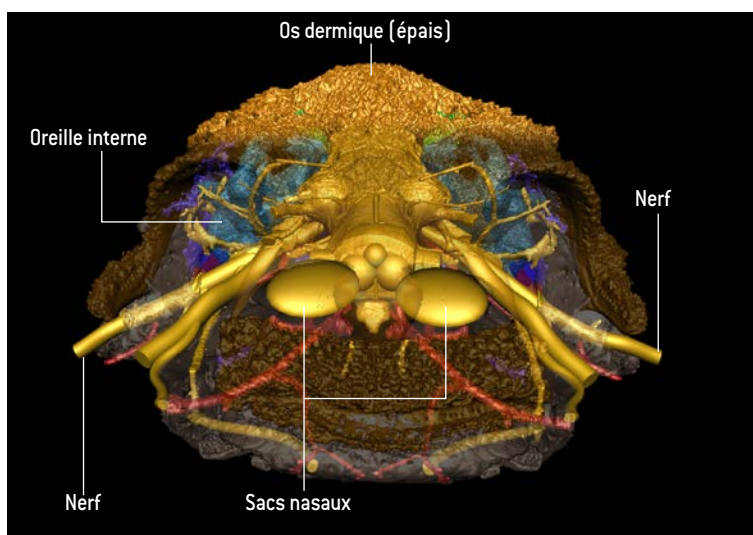


UN EXEMPLE DE TÉTRAPODE, ou vertébré [terrestre] à quatre pattes et doté de mâchoires.

cuirassés. Les placodermes apparaissent au début du Silurien, sans que l'on sache très bien sous quelle forme.

La situation est plus claire à la fin du Silurien. C'est en effet

mesuraient que quelques millimètres de long ; d'autres étaient de véritables monstres de huit mètres de long placés au sommet de la chaîne alimentaire. C'est le cas de



nommée ectomésenchyme infra-optique prémandibulaire, migre de façon importante de chaque côté du cerveau avant de fusionner à l'avant pour former la lèvre supérieure de l'organisme au-dessous de sa narine unique. Pendant le développement embryonnaire des gnathostomes, ce même ectomésenchyme croît de façon moins importante sous le cerveau, sépare les sacs nasaux, en formant la région trabéculaire, c'est-à-dire la surface d'attache des mâchoires.

En raison de toutes ces différences morphologiques externes, internes ou embryonnaires, on a longtemps cru que la face des cyclostomes n'avait pu évoluer en celle des gnathostomes. C'est du moins l'impression que l'on en a quand on ne s'attache qu'aux organismes actuels. Or les observations de Yasuhiro Oisi et Shigeru Kuratani sur les cyclostomes nous ont permis de voir plus loin que cette apparente absence de lien entre la face des cyclostomes et celle des gnathostomes.

Les cyclostomes, ancêtres de tous les vertébrés ?

Nos confrères nippons ont en effet montré que beaucoup des caractères des myxines sont apparus à la faveur d'évolutions internes à leurs lignées. Cela expliquerait les différences notables séparant les myxines des lamproies, de sorte qu'il serait envisageable que le plan de construction des cyclostomes reflète l'organisation ancestrale de tous les vertébrés. Ces

LE MODÈLE DU CRÂNE de *Romundina stellina* est montré ici sous divers points de vue. Ci-dessus, un aperçu semi-transparent de la face révèle diverses structures reconstruites par ordinateur. Les os et l'oreille interne ont été restitués à partir des données prélevées au scanner. Le remplissage de la cavité endocrânienne, contenant le cerveau, les artères, les veines et la notochorde a été reconstitué en remplissant les cavités, les canaux et les sillons du crâne. Cette restitution indique que *Romundina* a des caractères propres aux cyclostomes (en vert), mais aussi aux gnathostomes (en bleu).



ROMUNDINA STELLINA, une vue d'artiste.

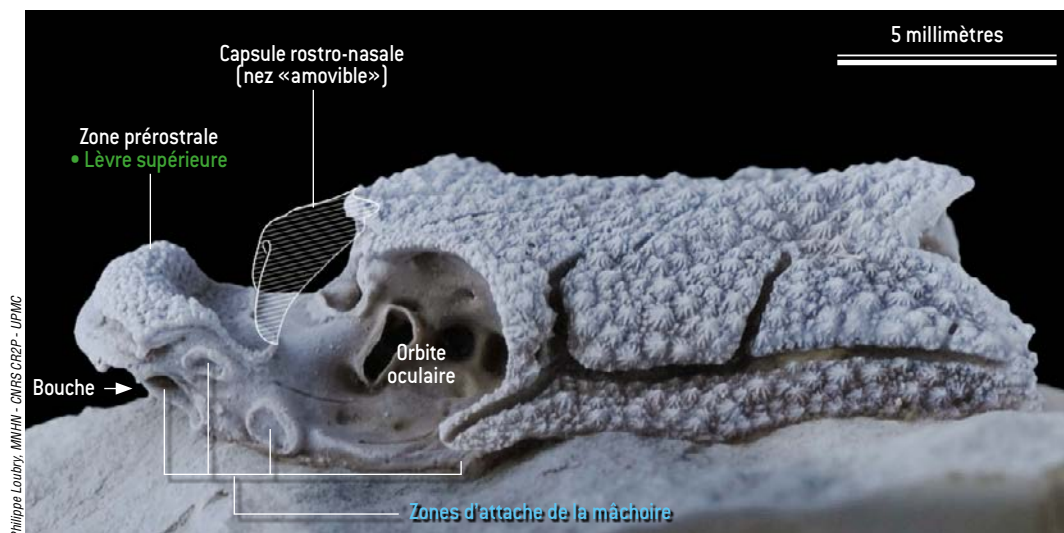
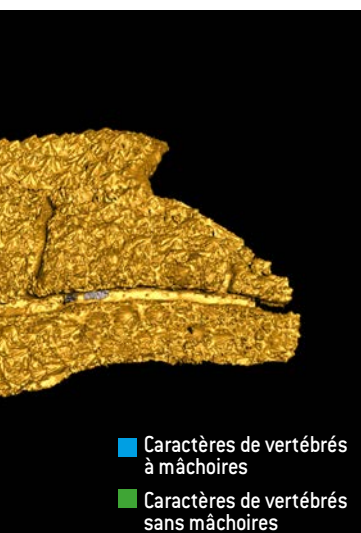
considérations les ont amenés en 2012 à proposer qu'un vertébré chinois pisciforme (en forme de poisson) dépourvu de mâchoires, décrit en 2011 – la forme fossile *Shuyu* – serait un intermédiaire entre les cyclostomes et les gnathostomes.

Romundina, à mi-chemin entre les cyclostomes et les gnathostomes

Alors que nous nous concentrons sur la description détaillée de notre fossile, cette nouvelle idée nous a invités à considérer ce dernier d'un œil nouveau : que la face de *Romundina* se situe à mi-chemin entre celle d'un cyclostome et celle d'un gnathostome nous a alors en quelque sorte... sauté au visage ! La face de *Romundina* est un assemblage de structures tenant à la fois des cyclostomes et des gnathostomes modernes.

Romundina est bien un gnathostome, ce que prouve la présence sur son crâne d'une trabécule, c'est-à-dire de la zone d'attache de la mâchoire. Pour autant, les narines sont incluses dans une composante osseuse du crâne qui, caractère étonnant, en est détachée : la capsule rostronasale. Après la mort de l'animal, cette capsule tombe, de sorte qu'elle n'est pas toujours retrouvée avec le reste d'un crâne de *Romundina* (c'est le cas pour notre spécimen canadien).

En avant de cette capsule rostronasale, le museau s'étend en une longue plateforme osseuse qui n'est pas sans rappeler la lèvre supérieure d'une lamproie (voir la photographie du fossile ci-dessus à droite).



Et qu'en est-il des structures internes du crâne de *Romundina*? Elles sont toutes aussi surprenantes. La position des narines trahit la présence d'un télencéphale (cerveau antérieur) très court, comme chez les cyclostomes. La surface arrière de la capsule rostronasale, connue à partir d'autres spécimens que le nôtre, ne laisse ainsi aucun doute sur la petite taille du télencéphale et du nerf olfactif, ce qui est une caractéristique de cyclostome. Au niveau du palais et peu en arrière des sacs nasaux, un renforcement où se logeait l'hypophyse de *Romundina* est visible. Bien que séparée des narines – ce qui est normal chez les gnathostomes – elle reste proche de celles-ci.

Il y a un autre détail surprenant pour le paléontologue. Si cette hypophyse s'ouvrait bien dans la bouche comme chez un vertébré à mâchoires, elle était en revanche dirigée vers l'avant, comme chez un vertébré sans mâchoires (voir la reconstitution numérique du crâne de *Romundina* ci-dessus).

Ce n'est qu'un peu plus haut dans l'arbre de parenté (voir pages 62 et 63) des gnathostomes que la lèvre supérieure disparaît : chez les placodermes de l'ordre des Arthrodires (le plus grand groupe de placodermes), les narines se retrouvent au bout du museau.

C'est par exemple le cas de *Kujdanowiaspis*, un petit placoderme du Dévonien inférieur ukrainien très étudié, qui est donc une référence chez les paléontologues, ou encore de l'emblématique *Dunkleosteus*, énorme placoderme du Dévonien supérieur long de huit mètres,

que certains estiment plus puissant que le grand requin blanc. Même si les narines migrent vers le bout du museau, le télencéphale reste court.

Ce n'est qu'avec l'apparition des groupes de gnathostomes modernes, à savoir les poissons cartilagineux (les chondrichthyens, tels que les raies et requins) d'une part et les poissons osseux (les ostéichthyens, tels que les sardines ou les daurades) d'autre part, que le télencéphale s'allonge et que l'hypophyse se loge en position postérieure tout en s'orientant vers l'arrière (voir l'arbre de parenté sur la double page précédente).

Un fossile-clef, qui révèle l'histoire évolutive de notre visage

Ainsi, *Romundina* est un gnathostome, puisqu'il a des mâchoires et une hypophyse séparée des sacs nasaux. Toutefois, nombre de ses structures externes et internes sont proches de celles des cyclostomes : ainsi, ses narines sont doubles comme chez les gnathostomes, mais situées entre les yeux comme chez les cyclostomes.

Cette mosaïque de caractères le place dans la séquence évolutive des gnathostomes après l'agnathe cuirassé *Shuyu*, mais avant les gnathostomes pleinement caractérisés, qui existaient déjà à la fin du Dévonien, longtemps avant nous. Il est clair que *Romundina* constitue l'un des fossiles-clefs expliquant l'évolution de la face des vertébrés à mâchoires, dont notre visage est issu. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

V. Dupret *et al.*, A primitive placoderm sheds light on the origin of the jawed vertebrate face, *Nature*, vol. 507, pp. 500-503, 2014.

M. Zhu *et al.*, A Silurian placoderm with osteichthyan-like marginal jaw bones, *Nature*, vol. 502, pp. 188-193, 2013.

F. Savatier, Un placoderme au sourire ironique, actualité *Pour la Science*, en ligne le 10 août 2013.

Y. Oisi *et al.*, Craniofacial development of Hagfishes and the evolution of Vertebrates, *Nature*, vol. 493, pp. 175-181, 2012.

Z.-K. Gai *et al.*, Fossil jawless fish from China foreshadows early jawed vertebrate anatomy, *Nature*, vol. 476, pp. 324-327, 2011.

MESMER

Bruno Belhoste

En 1784, deux commissions officielles condamnent la doctrine de Mesmer, qui triomphe à Paris en « magnétisant » des malades. Sur fond de déclin de l'absolutisme politique et de naissance des sciences expérimentales, l'affaire cristallise les passions...

À la fin du XVIII^e siècle, le docteur Franz Anton Mesmer, qui prétend guérir toutes sortes de maux en « magnétisant » ses patients, connaît un succès retentissant à Paris. Mais en août 1784, sa doctrine est condamnée par deux commissions officielles composées de médecins et de savants. Ses procédés curatifs sont jugés inopérants. Ses guérisons ne seraient que le produit de l'imagination des malades. Quant au « magnétisme animal », le prétendu agent de ces guérisons, il n'aurait aucune existence réelle.

Une vive controverse entre partisans et adversaires du mesmérisme suit cette condamnation. Mesmer lui-même finit par quitter Paris et la France. Les passions et l'intérêt retombent et le public se détourne du mesmérisme, qui semble rapidement oublié avant de resurgir sous des formes nouvelles au début du XIX^e siècle.

Depuis, les historiens se divisent sur cette doctrine. Certains ont souligné le rôle joué par sa condamnation dans le processus visant à séparer vraies et fausses sciences. C'est la position de l'historien des

L'ESSENTIEL

- Mesmer a fondé la doctrine du magnétisme animal, selon laquelle un fluide magnétique emplit tout l'Univers. Il prétendait soigner les malades en agissant sur la circulation de ce fluide dans leur organisme.
- En 1784, deux commissions officielles, composées de médecins et de savants, condamnent sa doctrine.
- Cette condamnation fait évoluer l'idée du magnétisme animal. Une forme tardive, fondée sur la suggestion, pourrait avoir inspiré les psychothérapies.

