

manent. Il a l'avantage de s'effectuer sur des supports très bon marché : des feuilles de matière plastique. Aux débuts de l'informatique, les cartes perforées étaient un moyen populaire, quoique bruyant, de mémoriser des informations. Aujourd'hui, l'idée mécanique a été conservée, mais réduite à des dimensions minuscules. Ainsi, la Société IBM a récemment mis au point un prototype, nommé *Millipede*, qui stocke jusqu'à 80 milliards de bits par centimètre carré (soit 15 fois plus que le meilleur disque dur magnétique), sous la forme d'entailles microscopiques sur une surface plane de polymère.

Le *Millipede* est composé de pointes dont l'extrémité (d'un diamètre de 40 nanomètres) repose légèrement sur une surface plastique lisse en mouvement. Lorsqu'un courant électrique passe dans la pointe, celle-ci est brièvement chauffée à 400 °C : elle fond le polymère, créant une série d'entailles qui codent les informations.

Pour lire ces informations, on chauffe l'extrémité de la pointe à une température constante de 350 °C (inférieure à la température de fusion du plastique) tout en la déplaçant sur la surface du polymère. Lorsque la pointe tombe dans une entaille, sa chaleur se dissipe : la baisse de température est alors détectée par un changement de résistance électrique de la pointe.

De fabrication simple, le *Millipede* est constitué de 32 rangées de 32 pointes qui se déplacent sur une surface de neuf millimètres carrés (voir la figure 8). Ces pointes sont en silicium et fonctionnent simultanément, gravant leurs entailles sur une mince couche de plastique qui recouvre un substrat de silicium. Le nombre de pointes peut encore augmenter, et l'utilisation de nanotubes de carbone réduirait leur taille.

Plusieurs problèmes subsistent cependant : l'usure mécanique émousse les pointes et élargit les entailles gravées sur la surface plastique ; les marques ins-

crites risquent alors de se chevaucher et de brouiller les informations.

La plupart des nouvelles mémoires sont encore en début de mise au point, et des prototypes réalistes ne seront construits que si des innovations majeures résolvent les problèmes techniques éventuels. D'ici là, les fabricants de disques durs continueront d'apporter encore quelques améliorations aux disques durs magnétiques classiques.

Aujourd'hui, le prix du bit de mémoire diminue de 1,5 pour cent chaque semaine. L'industrie ne maintiendra un tel rythme que si elle parvient à remplacer les disques durs magnétiques. Néanmoins, personne ne sait quelle technique s'imposera. Les grandes sociétés, prudentes, explorent simultanément plusieurs systèmes.

La plupart des experts pensent que l'effet superparamagnétique ne bloquera pas le développement de l'informatique. Une arrivée tardive de produits de stockage plus performants sera sans doute compensée par l'association intelligente de plusieurs disques. De telles associations existent depuis les années 1980, utilisées lorsqu'un seul disque ne peut répondre aux besoins de certaines sociétés.

Une autre approche prometteuse consiste à placer les disques et les grappes de disques dans des réseaux de systèmes de mémoire, que l'on peut modifier afin de répondre aux appétits de stockage croissants. Ce «service de stockage» livrera automatiquement aux utilisateurs des applications avec la taille et le type de mémoire dont ils ont besoin.

Malgré l'extension des coûts de gestion, ces améliorations constituent un moyen de répondre à court terme aux besoins des sociétés et des consommateurs en matière d'espace de stockage pour leurs informations, en attendant que les dispositifs de haute capacité soient disponibles sur le marché.

DES CAILLOUX DANS LES CHOSSES SÛRES

DIDIER NORDON

**Des cailloux
dans les choses sûres**



Didier Nordon épingle les scientifiques et les politiques qui extraient de la science plus qu'elle ne dit. Nul doute que chacun reconnaîtra dans ces piques... le défaut de son condisciple.

144 pages - 70 F

Code 1897

**POUR LA
SCIENCE**
DIFFUSION BELIN

Bon de commande en p. 90

Jon TOIGO est consultant en informatique.

John C. MALLINSON, *Magneto-Resistive Heads : Fundamentals and Applications*, Electromagnetism Series, contributions by Isaak D. Mayergoyz, Academic Press, 1995.

Kanu G. ASHAR, *Magnetic Disk Drive Technology : Heads, Media, Channel, Interfaces and Integration*, IEEE Press, 1997.

Shan X. WANG, et A.M. TARATORIN, *Magnetic Information Storage Technology*, Electromagnetism Series, Academic Press, 1999.

Magnetic Recording : The First 100 Years, sous la direction de Eric D. Daniel, C. Denis Mee et Mark H. Clark, IEEE Press, 1999.

Holographic Data Storage, sous la direction de Hans J. Coufal et Demetri Salitis, Springer-Verlag TELOS, 2000.

Les myxines, charognards océaniques

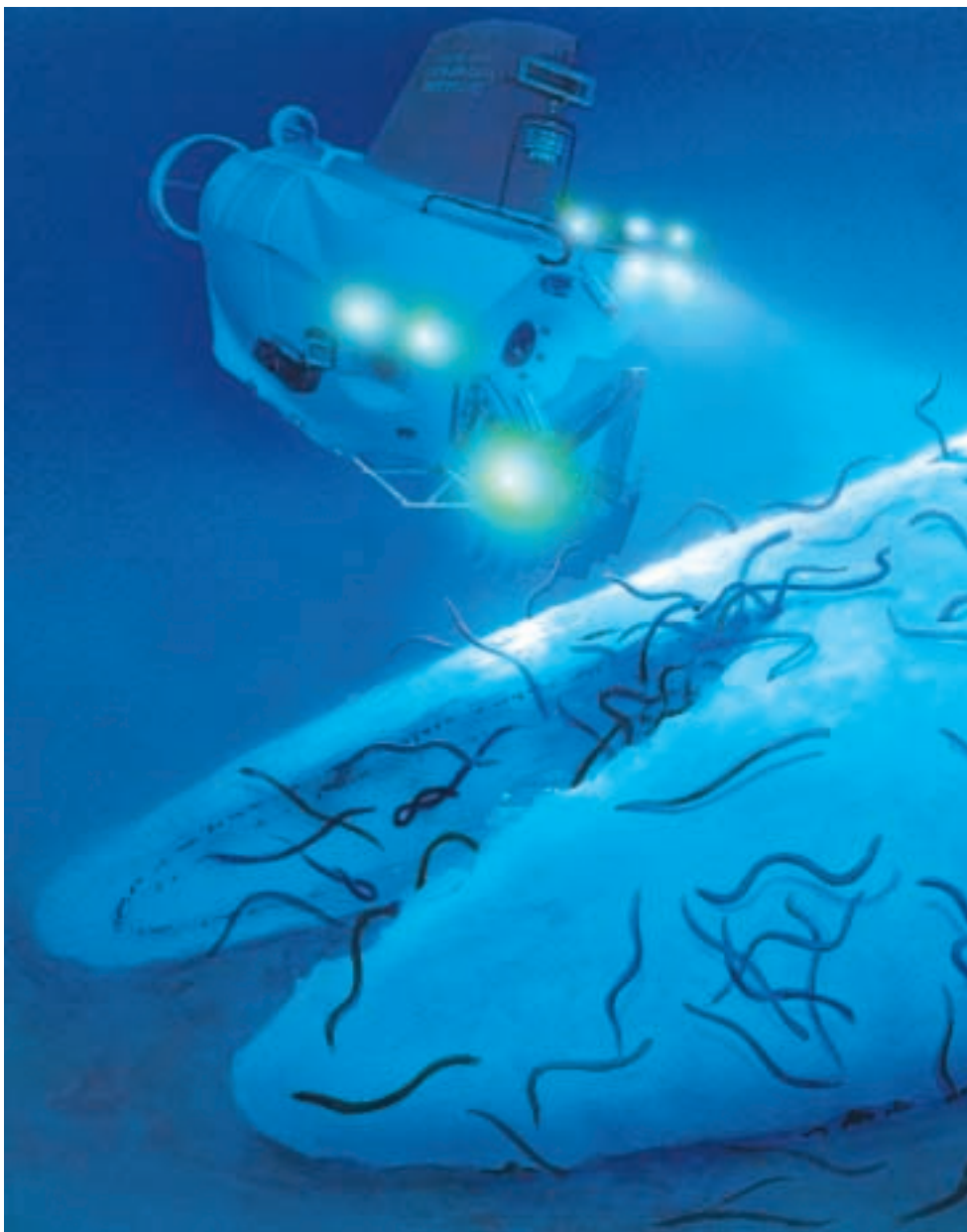
FREDERIC MARTINI

Naguère confondues avec les lamproies, les myxines ressemblent probablement aux premiers animaux qui ont possédé un crâne, précédant ainsi les plus anciens animaux ayant une colonne vertébrale.

Après une heure de descente dans une obscurité quasi complète, notre sous-marin de recherche glisse sur le fond vaseux de l'océan, environ 1 700 mètres sous la surface du Pacifique, au large des côtes californiennes. Le pilote allume les projecteurs, éclairant un épais nuage de sédiment soulevé par notre arrivée. Pendant quelques minutes, nous attendons que les particules se redéposent, mais le sonar indique une grosse masse à environ 240 mètres devant nous. En nous approchant, nous découvrons le cadavre d'une baleine grise de 30 tonnes. Il grouille de centaines de myxines, longues d'une cinquantaine de centimètres, qui rongent méthodiquement le lard blafard.

Ces scènes cauchemardesques fascinent les biologistes qui s'intéressent aux myxines, car elles donnent un aperçu saisissant de la vie de ces créatures étranges et visqueuses. Pendant des années, les habitudes des myxines et leur place dans l'arbre évolutif de la vie sont restées mystérieuses. Aujourd'hui, on sait que les myxines semblent avoir peu changé au cours des 330 derniers millions d'années ; par plusieurs aspects, elles ressemblent aux premiers craniates (les ani-

1. LES MYXINES grouillent sur cette baleine morte, au fond de l'océan Pacifique, au large des côtes californiennes. Les biologistes découvrent que les myxines, qui ont peu changé pendant les 330 millions d'années de leur évolution, jouent un rôle important dans les écosystèmes des fonds océaniques, à la fois comme prédateurs et comme charognards.



maux possédant un crâne). La lignée évolutive conduisant à l'homme (et à tous les autres vertébrés) s'est probablement séparée de celle des myxines il y a environ 530 millions d'années. En outre, on sait aujourd'hui que les myxines sont abondantes dans les fonds océaniques et qu'elles y jouent un rôle écologique important.

Boules gluantes de la mer

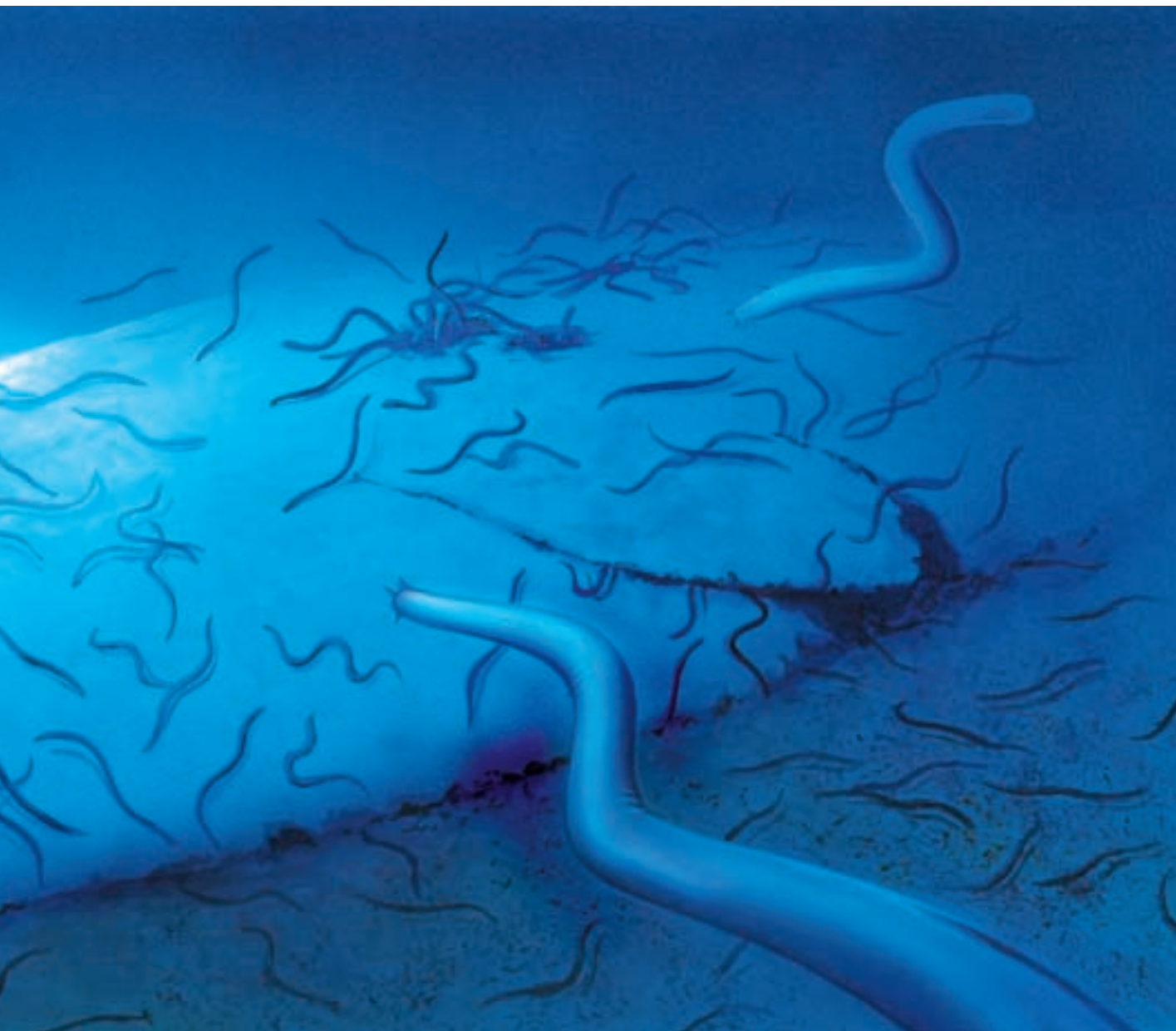
Les myxines sont étonnamment visqueuses : grâce à leurs 200 glandes à mucus, les adultes sécrètent, en quelques minutes, assez de mucus pour transformer un seau de sept litres d'eau en une bouillie gélatineuse. Les animaux s'adaptent aux

circonstances : ils produisent peu de mucus quand ils se nourrissent sur un cadavre, mais, quand ils sont attaqués ou capturés, toutes leurs glandes sont actives. Le mucus blanc et visqueux qu'elles sécrètent gonfle plusieurs centaines de fois en absorbant l'eau de mer, formant une boule gluante qui enrobe les branchies de poissons prédateurs et les étouffe ou, au moins, les chasse. Cependant, malgré cette fonction, le mucus semble aussi gêner les myxines ; pour s'en débarrasser, elles font avec leur queue un nœud qu'elles font glisser vers la tête.

On confond souvent les myxines et les anguilles, car ces deux animaux sont allongés et cylindriques. Toutefois les myxines ne sont pas des anguilles ; ces

dernières sont des poissons osseux, aux yeux proéminents, qui ont des paires de nageoires pectorales et pelviennes, un squelette rigide, des écailles osseuses et de fortes mâchoires. Comme les autres poissons osseux, les anguilles respirent par des branchies attachées à des os, nommés arcs branchiaux, et recouvertes par un volet osseux, l'opercule.

Les myxines sont de constitution et de fonction bien plus simples (voir les figures 2 et 3). Elles n'ont pas de véritables yeux ni de nageoires paires, et leur ébauche de squelette comprend seulement un axe longitudinal rigidifié (la corde), fait d'un tissu qui ressemble au cartilage, et plusieurs éléments cartilagineux plus petits, dont un crâne rudimentaire. Les myxines



Rob Wood

n'ont pas d'écailles ; elles ont une peau épaisse et glissante, et de grosses glandes à mucus. Elles n'ont pas de mâchoires et elles respirent grâce à une série de petites poches qui diffèrent des branchies de tous les autres poissons actuels.

Les myxines occupent les eaux marines de l'ensemble du Globe, à l'exception des mers arctiques et antarctiques. Bien que vivant toujours près du fond des océans, ces animaux peuvent vivre à différentes profondeurs. La température de l'eau semble limiter l'habitat des myxines, qui préfèrent des eaux à moins de 22 °C. Dans les froides zones côtières au large de l'Afrique du Sud, du Chili et de la Nouvelle-Zélande, les myxines montent en surface : elles ont été retrouvées dans des bassins formés par la marée sur le littoral. Cependant, dans les mers tropicales, les myxines sont rarement à moins de 600 mètres de profondeur.

On connaît 60 espèces de myxines, dont la plupart appartiennent à deux genres principaux : *Eptatretus* et *Myxine* (de nombreuses espèces de ces genres ne sont connues que par un seul spécimen). Le genre *Eptatretus*, avec environ 37 espèces, comprend la plus grande myxine connue, *Eptatretus carlhubbsi*, qui atteint 1,4 mètre de long et pèse plusieurs kilogrammes. Les espèces d'*Eptatretus* ont, sous la peau, des vestiges d'yeux, recouverts par une peau translucide. Leur tête porte également la trace de lignes latérales, des structures sensorielles qui s'étendent sur

toute la longueur des faces latérales des poissons osseux. Les *Eptatretus* occupent individuellement des terriers permanents creusés dans le fond océanique, et rôdent parmi les fonds rocheux, sableux ou vaseux.

Les individus du genre *Myxine*, qui comprend une vingtaine d'espèces, ont un habitat plus spécialisé qu'*Eptatretus*. Ils sont plus minces, ont des yeux encore plus dégénérés, sans tache translucide, et ne présentent pas de ligne latérale. Ces animaux vivent dans des terriers transitoires, et on les trouve toujours près d'un sédiment meuble et vaseux.

Les myxines mangent de petites proies vivantes ou se comportent en charognards. Pour se nourrir, elles avancent un appareil buccal très efficace, formé de deux plaques dentaires portant chacune deux rangées courbes de pointes cornées. Articulées sur la ligne médiane, ces plaques s'ouvrent et se ferment comme un livre. Pour saisir une proie (vers marin, poisson mort ou main du pêcheur), la myxine déploie son appareil buccal, provoquant ainsi l'ouverture du «livre», puis presse les plaques dentaires contre la proie. Quand la myxine rétracte son appareil buccal, le «livre» se referme, et les pointes se faisant face saisissent et déchirent la chair, la portant dans la bouche ; le crochet placé au-dessus des plaques dentaires évite que les proies vivantes ne s'échappent en se tortillant entre deux morsures.

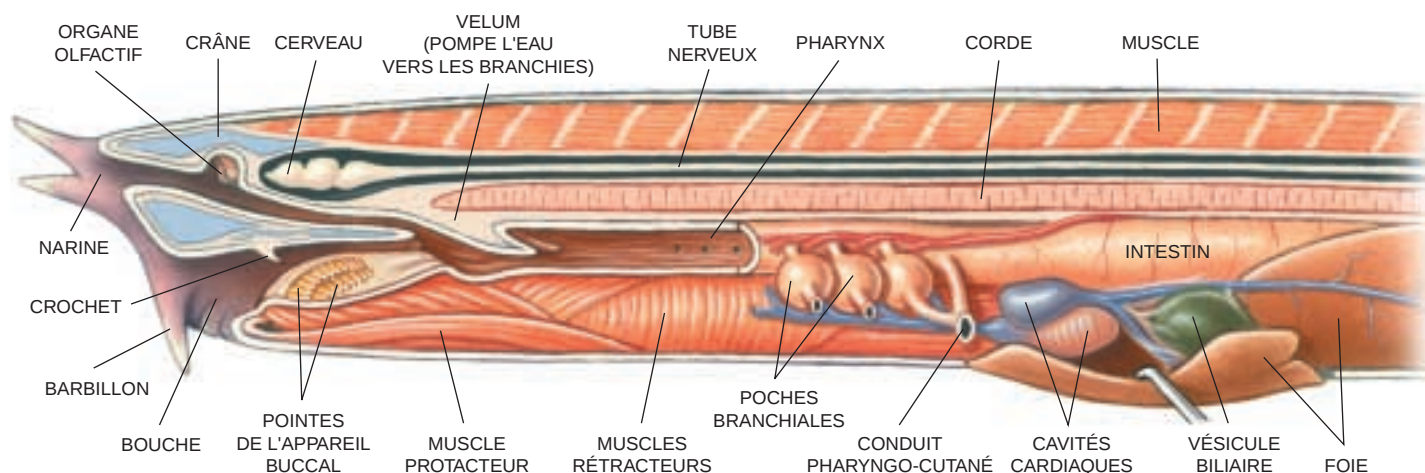
Ce type de comportement convient bien lorsque la myxine

attaque des vers marins au corps mou et à la peau mince, mais les pointes cornées ne percent pas les écailles des poissons ou la peau des baleines. Lorsqu'elles se nourrissent sur un gros cadavre, et à moins que d'autres charognards n'aient déjà ouvert la voie, les myxines empruntent le chemin le plus simple, pénétrant dans le corps par la bouche, les branchies ou l'anus. Elles consomment alors les tissus mous de l'intérieur, pour ne laisser que la peau et les os. Plus d'un pêcheur a sorti une belle prise qui s'est révélée être une enveloppe vide pleine de myxines.

On connaît mal la reproduction des myxines. Les gonades se forment dans un repli de tissu, du côté droit de la cavité abdominale. Un ovaire s'élabore dans les deux tiers antérieurs du repli chez les femelles ; chez les mâles, le testicule apparaît dans le tiers postérieur (on a observé des individus comportant les deux types de gonades). Les femelles, qui, chez certaines espèces, sont 100 fois plus nombreuses que les mâles, produisent en une fois 20 à 30 œufs, riches en vitellus et protégés par une coquille. Les œufs mûrs sont directement libérés dans la cavité abdominale. Ces œufs, dont le diamètre est compris entre deux et sept centimètres selon les espèces, ont en général un filament recourbé à chaque extrémité ; grâce à ce crochet, ils s'accrochent les uns aux autres et sont expulsés en chaîne. Chez les mâles, le testicule produit du sperme qui est ensuite libéré dans la cavité abdominale. Les œufs ou le

2. LES VUES ANATOMIQUES de la partie antérieure (à gauche) et postérieure (à droite) d'une myxine du Pacifique soulignent à la fois les spécificités de l'animal et les autres caractères plus généraux (comme le crâne) qui persistent chez des animaux plus évolués (la

partie centrale, environ un tiers de la longueur de l'animal, n'a pas été représentée). Comme chez plusieurs espèces de myxines, ce spécimen possède à la fois un ovaire et un testicule, qui libèrent œufs et spermatozoïdes dans le cloaque.



sperme quittent alors la cavité abdominale par un orifice débouchant dans le cloaque, cavité qui reçoit et expulse également les urines et les fèces.

La vie sexuelle des myxines demeure un mystère quasi total. Nous supposons que les myxines femelles pondent leurs œufs avant qu'ils soient ensuite fécondés par les mâles, mais nous ignorons où, quand et comment la fécondation se produit. Nous ne savons pas non plus pourquoi les femelles sont plus nombreuses que les mâles et quelle est la fréquence de production des œufs.

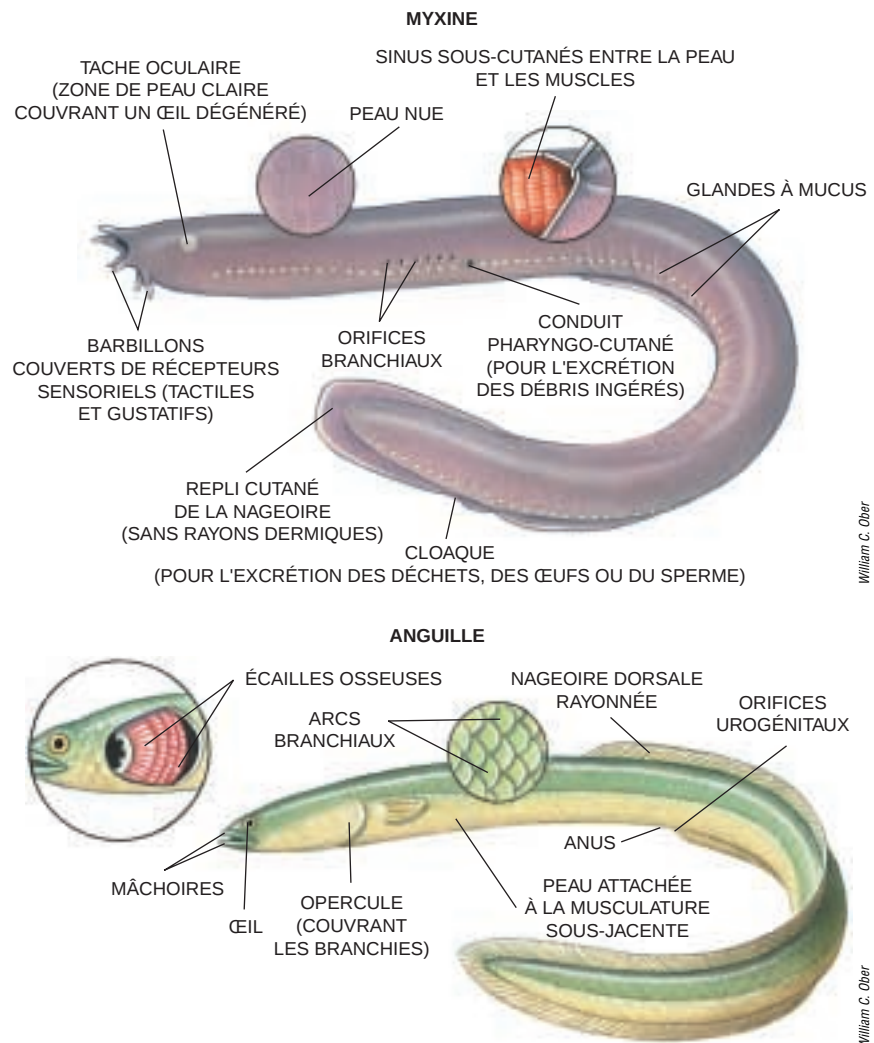
Le développement embryonnaire de la myxine demeure également obscur. Malgré plus de 100 années de recherches, seulement trois œufs fécondés du genre *Myxine* ont été découverts, et ils étaient abîmés. La situation est à peine meilleure pour les autres genres de myxines : environ 200 œufs fécondés du genre *Eptatretus* ont été recueillis dans la baie de Monterey, en Californie, entre 1896 et 1942, mais aucun n'a été trouvé depuis. Pourquoi, également, n'a-t-on trouvé aucun juvénile de myxine (de moins de 170 millimètres de long)? Où sont-ils? Que mangent-ils? À quelle vitesse grandissent-ils? À quel âge sont-ils mûrs sexuellement?

Des fossiles vivants

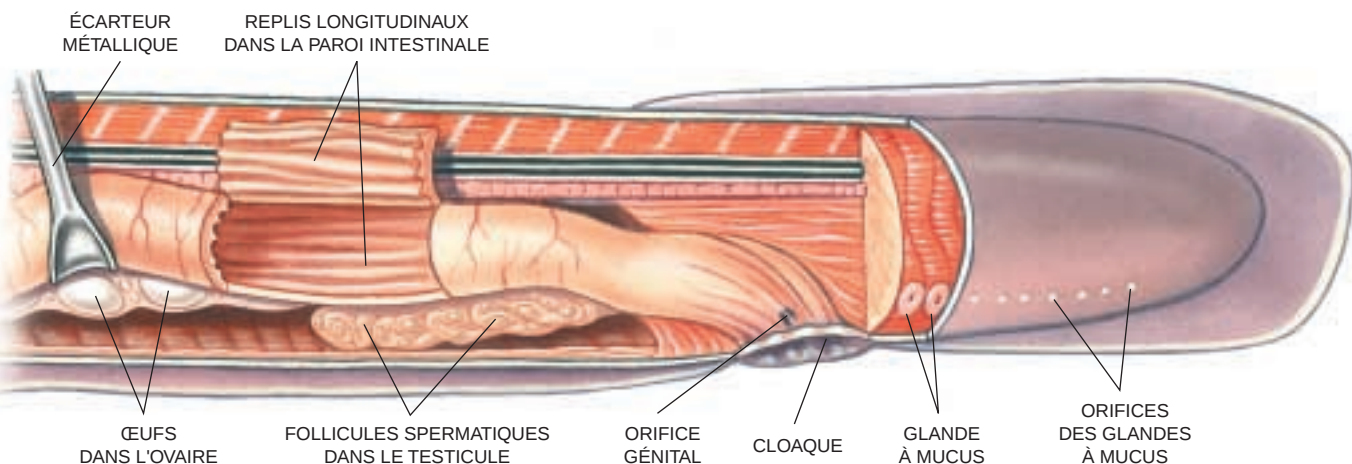
En raison de la biologie énigmatique des myxines, leur parenté avec les autres groupes fut longtemps controversée. Par exemple, en 1758, le célèbre biologiste Carl von Linné classa les myxines avec les vers plutôt qu'avec les poissons ; or nous savons maintenant que les myxines et les vers sont des animaux très éloignés. Aujourd'hui, les biologistes

reconnaissent que les myxines sont comme des machines à remonter le temps. Le terme de «fossile vivant» a été souvent utilisé pour qualifier le cœlacanthe, poisson rare des profondeurs océaniques qui possède des

nageoires à lobe charnu et qui fut capturé pour la première fois en 1938 au large de l'Afrique du Sud, dans l'archipel des Comores. Toutefois, les cœlacanthes sont des nouveau-nés évolutifs à côté des myxines : ils ont



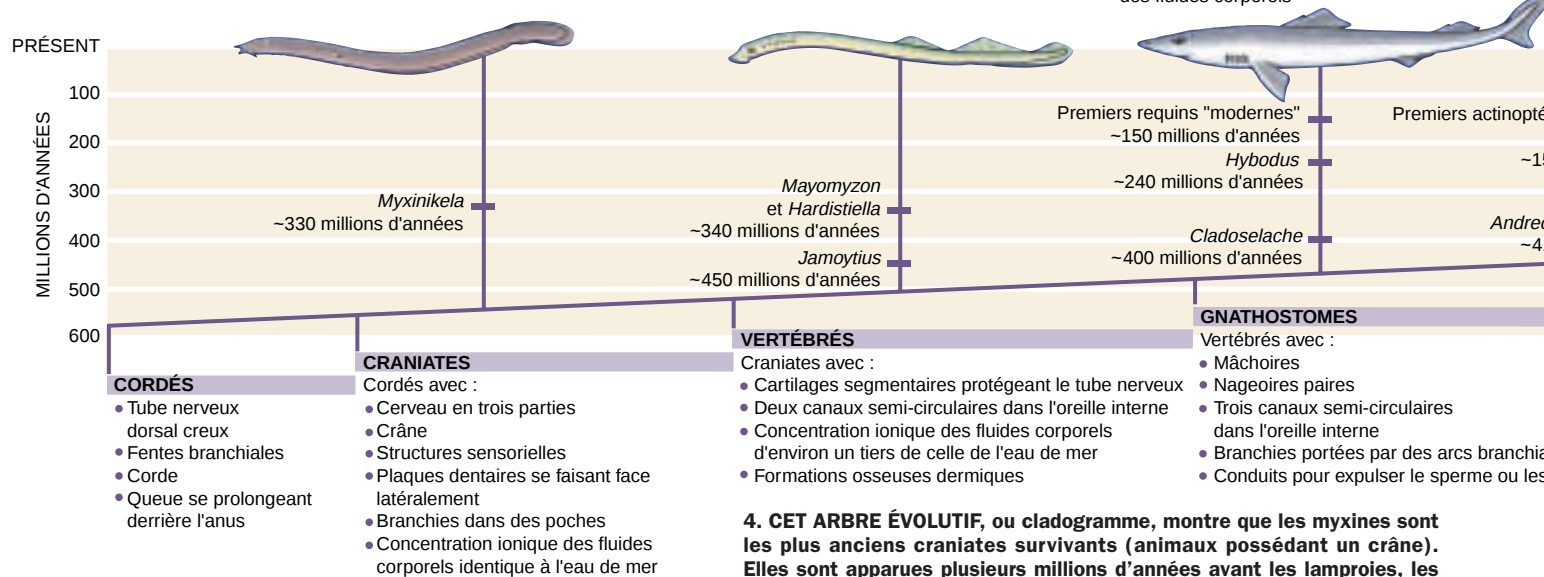
3. MALGRÉ LEUR FORME SIMILAIRE, la myxine du Pacifique (en haut) et l'anguille du genre *Anguilla* (en bas) sont bien différents : l'anguille est un poisson osseux plus évolué. La myxine n'a pas de mâchoires, de nageoires paires, d'yeux, d'écaillés, de rayons dans la nageoire dorsale, d'arcs branchiaux ni d'opercules.



Yeux dégénérés, lignes latérales réduites, barbillons, glandes à mucus, récepteurs chimiques particuliers. conduit pharyngo-cutané

Stades larvaires et métamorphose complexe,
disque buccal suceur, vie parasitaire
(chez les adultes). régression du squelette osseux

Écailles caractéristiques, claspers (organes copulateurs) chez le mâle, pour la fécondation interne, augmentation de la concentration ionique des fluides corporels



Ces dernières années, les études cladistiques (qui classent les animaux selon des caractères communs) ont conduit à la rénovation des anciennes méthodes de philogénie. Les biologistes reconnaissent aujourd'hui qu'il est impossible de dire si l'ancêtre d'un

En comparant les fossiles et les animaux actuels, les biologistes établissent des diagrammes (nommés cladogrammes) qui montrent les relations de parenté entre les organismes. Un cladogramme des cordés indique

Alors que les myxines retrouvaient une position assainie dans l'arbre de la vie, on a découvert leur rôle dans les écosystèmes complexes des fonds océaniques. On sait aujourd'hui que ces animaux sont plus abondants qu'on ne le pensait. À partir des rapports de captures dressés entre 1987 et 1992, nous estimons que la densité de population de *Myxinikela glutinosa* atteint 600 000 par kilomètre carré dans le golfe du Maine. Au large des côtes californiennes, elle serait analogue, aux profondeurs comprises entre 600 et 800 mètres.

ACTINOPTÉRYGIENS (POISSONS À NAGEOIRES RAYONNÉES)

Spécialisations :

Écailles caractéristiques, nageoire dorsale rayonnée s'articulant sur des éléments squelettiques à l'intérieur du corps



rygiens "modernes" (téléostéens)
50 millions d'années

lepis et Lophosteus
10 millions d'années

OSTÉICHTYHENS

Gnathostomes avec :

- Squelette interne osseux
- Poumon ou vessie natatoire relié au tube digestif
- Musculature spécifique pour les mâchoires de la région branchiale

Jana Breining et William C. Ober

aux
œufs

poissons cartilagineux et les poissons à nageoires rayonnées (les fossiles sont indiqués en italiques).

Nous connaissons aussi mieux les proies des myxines : bien que chaque myxine consomme peu d'énergie, on calcule que les animaux qui occupent un kilomètre carré de fond océanique consomment chaque année l'équivalent calorique de 18 tonnes de crevettes, de 12 tonnes de vers marins ou de 10 tonnes de poissons. Une telle quantité sert seulement à garder les animaux en vie ; quand ils nagent ou creusent leur terrier, leurs demandes énergétiques sont quadruplées, voire quintuplées. En mangeant les déchets rejetés par les

chalutiers, les myxines recyclent les cadavres de vertébrés marins, y compris les baleines.

À Hawaii, Craig Smith a observé que les myxines récupèrent environ 90 pour cent de l'énergie contenue dans des petits paquets d'appâts déposés sur le fond à 1 200 mètres de profondeur. Prédateurs ou nécrophages, les myxines sont aussi les proies d'un nombre surprenant d'animaux marins : on les a retrouvées dans le système digestif de morues, de roussettes, de pieuvres, de cormorans, de marsouins, de phoques, d'éléphants de mer et de certains dauphins.

Le commerce des myxines

En de nombreux endroits du monde, les myxines font aujourd'hui l'objet d'une pêche florissante, et le marché des articles en cuir provenant de peaux de myxines tannées se développe. Ces produits, fabriqués principalement en Corée du Sud, sont vendus sous l'appellation « cuir d'anguille ».

Lisse et grasse au toucher, la peau de myxine est composée d'une couche épidermique superficielle, au-dessus d'un derme structuré par des couches denses de collagène. Au cours de la préparation du cuir, l'épiderme est éliminé et le derme est utilisé dans la production de sacs à main, de chaussures, de portefeuilles, de portemonnaie, de porte-documents... La peau s'enlève facilement des animaux, car elle n'est attachée aux muscles sous-jacents que le long d'une ligne

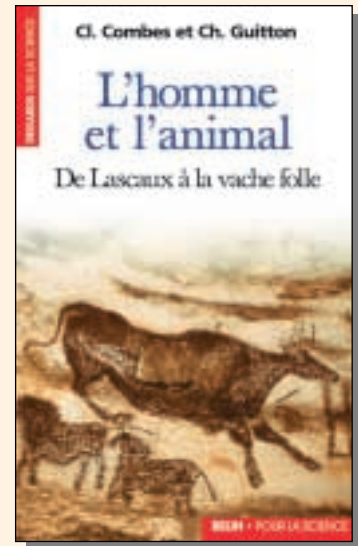
Myxines et molécules

Si l'état rudimentaire de certains organes des myxines (yeux, lignes sensorielles) peut être dû à une régression secondaire, la plupart de leurs caractères anatomiques et physiologiques montrent clairement un état plus primitif que leurs homologues chez les lamproies et les vertébrés à mâchoires. Cette observation étaye fortement la théorie selon laquelle les myxines ont divergé bien avant l'ancêtre commun de ces derniers.

Avec le perfectionnement des phylogénies moléculaires, fondées sur la comparaison des séquences de divers gènes, les résultats ont été plus

mitigés : si certaines études confirment les résultats de l'anatomie et de la physiologie, d'autres replacent les myxines dans la position systématique où les avaient mises les naturalistes du XIX^e siècle, comme proches parentes des lamproies, formant ainsi le groupe des cyclostomes. Aujourd'hui, on ne s'explique pas la raison de ces résultats contradictoires. Ils pourraient être dus à la très grande ancienneté de ces deux groupes, qui complique les alignements des séquences génétiques.

Philippe JANVIER
Laboratoire de paléontologie,
M.N.H.N., Paris



L'homme et l'animal

Claude Combes,
Christophe Guitton

«160 pages brillantes d'érudition, de profondeur et d'ouverture d'esprit.»

Philippe Dorchies,
professeur de parasitologie,
La Dépêche vétérinaire

...

«Une promenade plaisante, claire et documentée, guidée conjointement par un biologiste et un vétérinaire.»

Eurêka

...

«Un livre riche et divertissant alliant philosophie et sciences grand public publié par deux scientifiques de l'université de Perpignan.»

Midi Libre

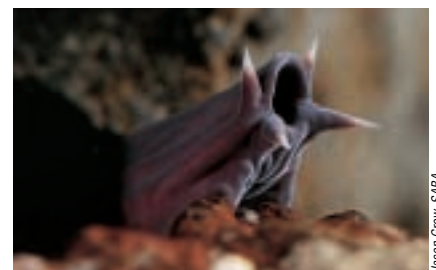
Code P012 • 95 F
160 pages

Voir bon de commande
page 90





Jason Grow, SABA



Jason Grow, SABA



Jason Grow, SABA



John B. Heiser, Cornell University

5. MYXINES de l'Aquarium de San Francisco (à gauche et en haut à droite). Le plaque dentaire est disséquée au milieu à droite. En bas à droite, on voit le gel produit par une myxine qui vient d'être pêchée.

médiane dorsale et le long de la surface ventrale, au niveau des glandes à mucus. Ainsi, chaque myxine fournit une longue bande présentant une zone plissée, le long de la ligne médiane, marquant l'emplacement des insertions musculaires.

La demande de peaux de myxines a fait fleurir des entreprises sur toutes les côtes de l'Amérique du Nord. La bande de peau doit avoir une largeur minimale (environ cinq centimètres), mais elle ne doit pas être trop épaisse. Toutes les espèces ne conviennent donc pas : certaines sont trop petites ou trop minces, d'autres trop larges, et d'autres encore ont la peau trop épaisse.

La pêche est simple : on appâte des nasses, reliées à une ligne de fond, avec à peu près n'importe quoi, du hareng endommagé aux déchets de cuisine. Laissées en place pendant une nuit, ces nasses peuvent être de gros seaux munis d'un couvercle ou des fûts percés de petits trous sur les côtés. Une fois à l'intérieur, la plupart des myxines sont piégées dans l'appât et dans leur propre mucus. Dans des zones non exploitées, on a compté plus de 100 myxines prises au cours de la première heure de pose de la nasse sur le fond.

Toutefois les myxines ont été excessivement pêchées ; certaines espèces se sont raréfiées, et les pêcheurs ont dû capturer des espèces qu'ils délaissaient jusqu'alors. En Nouvelle-Angleterre, les pêches annuelles de myxines, nulle en 1991, ont atteint 1950 tonnes en 1996. Pendant ces cinq années, près de 50 millions de myxines ont été traitées et envoyées à l'étranger. Les pêcheurs rejettent les myxines de moins de 500 millimètres de long (la longueur minimale convenant pour le cuir) qui meurent quand elles sont rejetées dans les eaux plus chaudes de la surface. Aussi, le véritable impact de la pêche sur les populations de myxines est bien supérieur à celui indiqué uniquement par les captures. Depuis 1996, la pêche de la myxine a décliné, leur taille moyenne a diminué, ainsi que le nombre moyen par nasse.

La raréfaction des myxines ne cessera pas, car, sur la plupart des côtes, les myxines sont considérées comme des « espèces sous exploitées » et leur exploitation est en général autorisée sans restriction. Ainsi, en Nouvelle-Angleterre, la pêche à la myxine était considérée comme une industrie en pleine expansion quand les autres pêches s'effondraient.

Bien que les myxines soient plus abondantes qu'on ne le pensait naguère, ces espèces sont trop mal connues pour qu'on en propose une exploitation durable. En attendant, les États devraient imposer des mesures simples (les nasses devraient avoir des trous qui laisseraient s'échapper les jeunes spécimens) pour diminuer l'impact des pêches sur les populations. En réduisant considérablement le nombre de n'importe quelle espèce, même les plus modestes myxines, nous accomplissons une expérience à grande échelle sur l'écosystème. Quelles en seront les conséquences ?

Frederic MARTINI travaille à l'Université de Manoa, à Hawaï.

The Biology of Myxine, sous la direction d'Alf Brodal et Ragnar Fänge, Universitetsforlaget, Oslo, 1963.

David JENSEN, *The Hagfish*, in *Scientific American*, vol. 214, n° 2, pp. 82-90, février 1966.

Aubrey GORBMAN et al., *The Hagfishery of Japan*, in *Fisheries*, vol. 15, n° 4, pp. 12-18, juillet 1990.

The Biology of Hagfishes, sous la direction de J.M. Jørgensen, J.P. Lomholt, R.E. Weber et H. Malte, Chapman & Hall, 1998.

