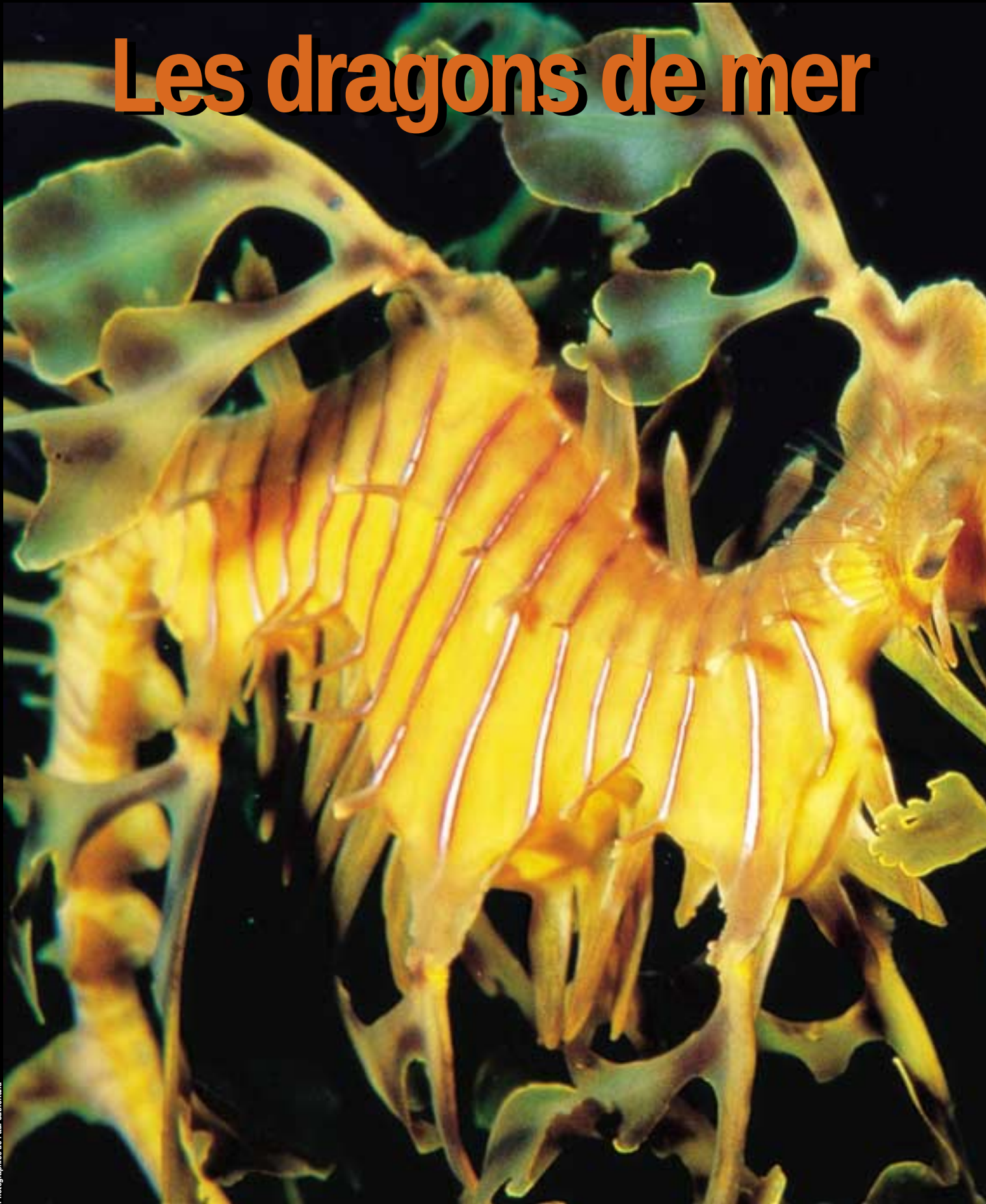


Les dragons de mer



Photographies de Paul Suterland

*Ces hippocampes
qui ressemblent
à des algues
sont une des rares
espèces marines
où les mâles
incubent les œufs.*

L'eau est calme, limpide, mais sombre. Nous plongeons de nuit, au large des côtes Sud-Ouest australiennes, dans une eau glaciale, à la recherche de créatures étranges : des dragons de mer, *Phycodurus eques*. Nous voulons capturer un mâle portant des œufs pour notre programme d'élevage, à Perth.

Phycodurus eques, le dragon de mer feuillu, et son cousin plus commun *Phyllopteryx taeniolatus*, le dragon de mer commun, sont les seuls hippocampes qui ressemblent à des algues. Comme les hippocampes et les aiguilles de mer, les dragons appartiennent à la famille des Syngnathidés, caractérisés par un squelette externe, formé d'une série d'anneaux qui entourent le corps de l'animal, et par un long museau tubulaire dépourvu de dents. Les dragons de mer ont, sur le corps, des excroissances caractéristiques en forme d'algues. Les appendices des *Phycodurus* sont plus larges et plus plats que ceux des *Phyllopteryx*, plus filiformes. Ces deux créatures sont localisées sur les côtes du Sud de l'Australie, surtout au large de l'archipel de la Recherche, où nous plongeons. Ces immenses îles granitiques, où la végétation est clairsemée, sont un refuge pour de nombreux animaux exotiques, dont certains ne vivent qu'à cet endroit.

1. LES DRAGONS DE MER vivent au large de la côte Sud-Ouest de l'Australie. Les adultes mesurent quelque 50 centimètres de long. Les dragons sont de proches parents des hippocampes et des syngnathes, des animaux caractérisés par une cuirasse de plaques osseuses qui recouvre leur corps et par un museau tubulaire. De surcroît, ce sont les mâles qui incubent les œufs.



Sous la surface, les parois granitiques s'enfoncent verticalement sur plusieurs centaines de mètres dans une obscurité totale.

Alors que je continue à descendre, je croise un banc de poissons sangliers aux allures préhistoriques, chacun mesurant près de 50 centimètres de longueur. À 15 mètres de profondeur, un rocher couvert d'algues apparaît dans le faisceau de ma torche. J'approche, mais je n'observe que des algues (des laminaires et des sar-

gasses)... Un coup d'œil derrière moi aussi : je suis soulagé de ne voir aucun de ces requins blancs qui occupent ces eaux. Nous plongeons la nuit, car on repère plus facilement les dragons de mer dans l'étroit faisceau d'une torche que pendant la journée, où le fourmillement des animaux marins gêne la recherche. Quelques minutes plus tard, j'en localise un, mais ce n'est qu'un dragon de mer commun.

Après une heure dans ces eaux sombres à 15 °C, mes doigts et mes

pieds sont si engourdis que je décide d'abandonner. Un dernier coup d'œil avant de remonter pour prendre une bonne douche brûlante... et je découvre soudain ce que je suis venu chercher : un mâle adulte de dragon de mer feuillu, d'une trentaine de centimètres, portant des œufs.

Les *Phycodurus* et leurs cousins de la famille des Syngnathidés sont les seules espèces aquatiques du monde où ce sont les mâles qui portent les œufs et qui les incubent dans un repli cutané, sous la queue. Les œufs, sur ce mâle, sont bien développés : ils ont au moins trois semaines et sont fermement fixés et couverts d'algues. Ce type de comportement reproducteur servirait à cacher les œufs à d'éventuels prédateurs.

Heureusement ce mâle est à faible profondeur (cinq mètres). Si la profondeur avait été supérieure, nous aurions dû le remonter très lentement vers la surface, afin que son organisme s'adapte à la diminution de la pression. L'animal stressé aurait risqué de perdre ses œufs.

Une fois le *Phycodurus* remonté, nous le transférons le plus rapidement possible dans nos installations de Perth, le seul aquarium, en Australie, à présenter ces animaux extraordinaires. Nous prenons toutes les précautions pour ne pas le stresser (ces hippocampes ne supportent pas les changements trop brusques d'éclairage). Après une journée d'acclimatation, nous introduisons dans l'aquarium des crevettes de quelques millimètres de long : le *Phycodurus* commence, presque immédiatement, à les manger. Les dragons de mer imitent les algues qui dérivent et les crevettes s'y font prendre : par une extension rapide d'une articulation de la partie inférieure de leur museau, ils créent une aspiration qui entraîne les crevettes.

Après une semaine passée dans l'aquarium, les œufs recouverts d'algues commencent à éclore. Les bébés hippocampes sont des répliques miniatures de leurs parents. À la naissance, les *Phycodurus* mesurent environ 20 millimètres. Adultes entre 12 et 18 mois, ils atteignent quelque 50 centimètres. Les 210 œufs que porte le mâle capturé mettent dix jours à éclore ; dans la nature, ces éclosions échelonnées permettent aux nouveau-nés d'occuper un territoire plus vaste et de trouver de la nourriture sans entrer en compétition avec les autres petits de la



2. LES MÂLES portent les œufs pendant quatre à cinq semaines, dans des replis cutanés, sous la queue. On connaît mal le cycle reproducteur des dragons ; on ignore, par exemple, le nombre de portées par an, ou comment les mâles fécondent les œufs qu'ils récupèrent des femelles.



3. LES JEUNES DRAGONS DE MER éclosent encore attachés à un petit sac vitellin, qui contient les réserves nutritives nécessaires à leur survie durant les premiers jours de leur vie. Les nouveau-nés nagent et chassent pour se nourrir presque immédiatement.



4. EN SE FONDANT à leur environnement, les dragons de mer feuillus évitent leurs prédateurs. Comme on les distingue difficilement, ceux qui veulent les contempler plongent la nuit, pour les observer dans le faisceau lumineux d'une torche.

même portée.

Nous en perdons dix dans un filtre de l'aquarium, mais les autres survivent et prospèrent dans leur nouvel habitat. Plusieurs semaines plus tard, nous n'avons plus assez de crevettes pour nourrir ces 200 *Phycodurus*, et nous décidons d'en réintroduire sur le site de capture du père. Leurs chances de survie sont élevées, car c'est surtout au cours des toutes premières semaines de leur vie qu'ils sont menacés par les poissons qui s'en nourrissent. La plus grosse menace, ce sont plutôt les orages qui les rejettent sur le rivage. En général, les *Phycodurus* vivent entre cinq et sept ans.

Le rituel de l'accouplement

En 1997, deux ans après ma plongée dans l'archipel de la Recherche, la région abdominale d'une des jeunes femelles commence à grossir. Elle passe beaucoup de temps avec l'un des mâles dont la queue s'est gonflée de fluide. C'est un signe que l'accouplement va commencer : je me prépare à filmer cette première observation d'un accouplement de dragons de mer.

Pendant les jours suivants, les deux

Phycodurus s'enlacent, entremêlant leurs appendices foliaires, montant et descendant dans l'eau. Ils se penchent à gauche, puis à droite, vers le haut, puis vers le bas, en une sorte de ballet sous-marin. Quelques semaines après, les œufs sortent de l'abdomen de la femelle. Des amas de trois à cinq œufs d'un orange vif tombent sur le fond de l'aquarium. Au bout d'une heure, environ 150 œufs sont pondus, mais aucun n'a touché la queue du mâle.

Après la ponte, la femelle semble épuisée, flottant inerte à la surface. Le lendemain, elle recommence à nager et à se nourrir.

Malheureusement, les œufs sont perdus, le mâle n'en ayant pas récupéré un seul. Les autres dragons présents dans l'aquarium ont-ils perturbé l'accouplement ? À ce jour, nous ignorons encore comment se passe un transfert réussi des œufs de la femelle au mâle.

Nous espérons maintenir notre population de *Phycodurus* sans faire de nouveaux prélèvements dans la nature. Nous rejeterons dans l'océan les jeunes nés en captivité (nous l'avons déjà fait deux fois) et, bien sûr, nous espérons en apprendre davantage sur ces

créatures magnifiques, sur leur cycle de reproduction et sur leur biologie. Si le nombre de *Phycodurus* venait à diminuer, nous pourrions repeupler les zones menacées.

Cependant, pour éviter une telle diminution, diverses associations ont obtenu du gouvernement australien que l'espèce *Phycodurus* soit protégée. Selon les lois australiennes qui viennent d'entrer en application, les Syngnathidés ne devront plus être exportés sans autorisation gouvernementale, et seuls pourront l'être les spécimens élevés en captivité ou capturés lors de campagnes autorisées.

De telles mesures devraient empêcher de nombreux Syngnathidés australiens d'être vendus comme curiosités ou comme aphrodisiaque dans les herboristeries asiatiques. Un meilleur contrôle des spécimens vendus pour les aquariums privés et publics devrait également améliorer la protection de ces créatures. Les aquariums sont très intéressés par les *Phycodurus* (selon la rumeur, le Japon en aurait acheté un pour 25 000 francs). Malheureusement, beaucoup meurent dès qu'ils sont retirés de leur milieu naturel. En outre, les

Les dragons
se confondent
avec des algues à la dérive,
ce qui les aide
à capturer leurs proies.



5. ANIMAL OU VÉGÉTAL? Les dragons de mer, maîtres du camouflage, ressemblent à des algues à la dérive. Cette tactique leur permet de se faufiler jusqu'à leurs proies, des petites crevettes. Quand leur camouflage ne suffit pas à les protéger de leurs prédateurs (requins ou gros poissons), ils repoussent parfois l'attaque grâce à plusieurs longues épines disposées le long du corps.



6. LES PHYLLOPTERYX, un autre type de dragons des mers, sont plus courants et ont moins d'appendices foliaires que leurs cousins *Phycodurus*, mais ils ont à peu près la même taille. Les mâles de cette espèce portent aussi les œufs pendant quatre à cinq semaines au cours de l'été. Ils vivent au large des côtes Sud de l'Australie.

Phycodurus et autres Syngnathidés sont menacés par la pollution et par la pêche intensive d'autres espèces : les Syngnathidés sont capturés accidentellement dans les filets.

Nous participons à la création d'un vaste programme australien de recherche sur les dragons de mer. Initialement, ce programme avait pour objectif de surveiller les populations sauvages de dragons de mer, mais, aujourd'hui, les hippocampes et les syngnathes sont également sous surveillance. Nous espérons préciser les zones d'habitation de ces populations et leur taille, en réunissant les observations des plongeurs, des pêcheurs et des promeneurs qui trouvent ces animaux rejetés par la mer sur le rivage.

Paul GROVES travaille à l'aquarium *Le monde sous-marin (Underwater World)*, à Perth, en Australie.

Paul Zahl, *Dragons of the Deep*, in *National Geographic*, vol. 153, n° 6, pp. 838-845, juin 1978.

Neville COLEMAN, *Australian Sea Life, South of 30 Degrees*, Doubleday, 1987.

Rudie H. KUITER, *Coastal Fishes of South Eastern Australia*, University of Hawaii Press, 1993.

Les nouvelles sources de rayons X

MASSIMO ALTARELLI • FRED SCHLACHTER • JANE CROSS

Un rayonnement X un milliard de fois plus brillant que celui du Soleil révèle la structure de la matière.

Les sources de rayons X sont sans doute les systèmes techniques qui ont le plus progressé depuis le début des années 1960. Même les microprocesseurs, dont le nombre de transistors double tous les deux ans environ, n'ont pas évolué aussi vite.

La caractéristique exacte qui a été améliorée, dans les sources de rayons X, est leur brillance, c'est-à-dire l'intensité lumineuse par unité de surface de la source et par unité d'angle solide (l'angle solide mesure la dispersion autour d'une direction principale). Les rayons X les plus brillants sont émis par des électrons que l'on fait tourner à des vitesses proches de celle de la lumière dans des anneaux de plusieurs centaines de mètres de diamètre. Les machines de la génération la plus récente, que l'on construit depuis cinq ans, produisent un rayonnement un milliard de fois plus brillant que celui du Soleil et presque 100 fois plus brillant que le rayonnement des machines qui ont été construites auparavant. Malgré leur coût élevé (entre 100 millions et 1 milliard d'euros chacune), huit des nouvelles sources fonctionnent déjà, et deux autres seront bientôt mises en service. Elles s'ajoutent aux 40 machines plus anciennes qui fonctionnent dans le monde.

À quoi servent des rayons X très brillants ? En raison de leur courte longueur d'onde, on peut les utiliser pour sonder de petits objets, de la taille des molécules, voire des atomes. En outre, dans de nombreuses situations, plus la brillance est grande, plus les détails observables sont petits. Enfin, comme les intensités sont considérables, on peut filtrer les faisceaux et ne conserver que des longueurs d'onde très proches d'une valeur fixée, afin d'exciter sélectivement

une molécule à une fréquence particulière, par exemple. Le rayonnement émis par les sources puissantes de rayons X couvre les longueurs d'onde nécessaires pour étudier les structures atomique et électronique de la matière, qui déterminent presque toutes les propriétés d'un matériau : sa résistance, son magnétisme, sa réactivité chimique, sa conductivité thermique ou sa conductivité électrique.

Le rayonnement synchrotron

Depuis plus d'un siècle, avec l'établissement des équations fondamentales de l'électromagnétisme par James Maxwell, puis les travaux de Joseph Larmor et d'A. Liénart, on sait que les particules chargées émettent un rayonnement électromagnétique chaque fois que leur vitesse varie, en valeur ou en direction. Des particules qui se déplacent sur une trajectoire circulaire à une vitesse constante émettent donc un rayonnement continu, le rayonnement synchrotron. Il fut nommé ainsi parce que la première observation en a été faite, il y a 50 ans, dans un accélérateur de particules nommé synchrotron. Toutefois, il est émis dans des conditions variées : on a ultérieurement découvert qu'il est produit naturellement dans l'espace, par exemple dans la nébuleuse du Crabe, où des électrons sont accélérés à des vitesses proches de celle de la lumière dans des champs magnétiques intenses.

Un synchrotron est constitué d'une enceinte annulaire où l'on fait le vide, d'une circonférence qui atteint plusieurs kilomètres ; des aimants répartis sur la circonférence dévient et focalisent un faisceau de particules électriquement chargées qui tournent dans l'enceinte.

Lorsque les particules circulent à des vitesses bien inférieures à celle de la lumière, elles émettent dans toutes les directions un rayonnement peu intense et de basse fréquence ; lorsque leur vitesse s'approche de celle de la lumière, l'intensité et la fréquence du rayonnement émis augmentent, et le faisceau est alors émis tangentiellement à la trajectoire des particules. Son intensité est particulièrement grande pour les particules de faible masse, tels les électrons.

Pour obtenir des rayons X très brillants, on utilise des synchrotrons spécialisés, nommés anneaux de stockage, où des électrons circulent pendant des heures sur la même orbite, à une vitesse constante, voisine de celle de la lumière (99,9999996 pour cent de la vitesse de la lumière dans la source synchrotron européenne, à Grenoble, l'ESRF). Les particules acquièrent leur vitesse dans un accélérateur annexe, souvent un autre synchrotron, avant d'être injectées dans l'anneau de stockage (voir la figure 2).

Comme l'émission du rayonnement synchrotron fait perdre de l'énergie aux électrons, on les accélère dans des cavités radiofréquence, réparties autour de l'anneau de stockage, où règne un champ électromagnétique oscillant. Cette accélération a lieu 350 millions de fois par seconde, quand les paquets d'électrons traversent la cavité, au maximum d'intensité du champ électromagnétique. Chaque paquet d'électrons a l'épaisseur d'un cheveu et environ un centimètre de long. Des centaines de paquets tournent simultanément dans l'anneau de stockage, tel un chapelet de minuscules perles enfilées sur un collier géant.

En fait, les anneaux de stockage sont de forme polygonale, avec jusqu'à 50 sections droites reliées par des