



7. LES GORFOUS SAUTEURS (a), les albatros à bec jaune (b), les manchots royaux (c), les otaries à fourrure (d) et les éléphants de mer (e) dont on étudie le comportement alimentaire, sont également des auxiliaires océanographiques pour l'analyse des caractéristiques physiques et biologiques de l'océan Austral.

qui sont des prédateurs visuels, se nourrissent pendant la journée aux dépens de poissons regroupés en bancs serrés en profondeur, alors que les otaries femelles, plus aptes à voir la nuit et munies de vibrisses sensorielles, plongent exclusivement la nuit à de faibles profondeurs, où elles capturent les poissons qui migrent en surface pour se nourrir dès la nuit tombée.

Nous avons également reliés les techniques de pêche des prédateurs avec des paramètres d'océanographie physique, telles la bathymétrie et les températures de surface, et des paramètres biologiques, telles les données satellitaires de chlorophylle de surface et la répartition spatiale des myctophidés : nous avons ainsi déterminé les zones préférentielles d'alimentation des oiseaux et des otaries (voir la figure 5). Ces études nous renseignent sur la plasticité écologique des prédateurs selon les variations de leur environnement.

L'alliance de l'écologie et de l'électronique progressera encore dans les années à venir ; elle dépasse déjà l'étude des seuls oiseaux et mammifères marins. L'utilisation d'appareils miniaturisés et la détermination du régime alimentaire permet de collecter des informations sur la biologie des proies elles-mêmes : les prédateurs deviennent alors des bio-indicateurs des ressources marines (voir *Oiseaux de mer bio-indicateurs*, par Yves Cherel, Henri Weimerskirch, Christophe Guinet et Pierre Jouventin, *Pour la Science*, juillet 1995). Ils peuvent également recueillir

à moindre coût des informations précieuses en océanographie physique.

À partir des données acquises sur des grands albatros de Crozet équipés de balises Argos et d'enregistreurs de température à la patte, on a reconstitué une carte des températures de surface du sud de l'océan Indien, dans une zone où les mesures *in situ* nécessaires à la validation des données satellitaires sont rares et coûteuses à obtenir.

De même, par leur capacité de plongée et leurs longs voyages alimentaires, les éléphants de mer sont de bons auxiliaires pour échantillonner les paramètres physiques dans les 1 000 premiers mètres de la colonne d'eau, tels que la température, mais aussi, avec la mise au point de nouveaux capteurs, la salinité et la concentration en chlorophylle.

Les nouveaux moyens d'étude des prédateurs marins apportent des infor-

mations importantes pour leur conservation. Les populations d'albatros et de pétrels de l'hémisphère Sud déclinent, car les oiseaux se blessent avec les appâts des palangres, ces lignes de fond munies de cordelettes aux extrémités desquelles sont fixés des hameçons. Lors de la mise à l'eau des lignes, les palangriers tuent ainsi, chaque année, plusieurs dizaines de milliers d'oiseaux en haute mer et près des côtes. La localisation satellitaire indique les zones marines à protéger prioritairement. Elle met en évidence une fois de plus le besoin d'une législation internationale au-delà des eaux nationales et des zones d'intérêt économique qui ne couvrent souvent qu'une petite partie des zones d'alimentation des oiseaux. Ceux-ci sont protégés sur leurs zones terrestres de reproduction, mais pas en haute mer.

Yves CHEREL, Christophe GUINET et Henri WEIMERSKIRCH sont écologues au Centre d'études biologiques de Chizé, du CNRS (www.cebc.cnrs.fr).

R. GENTRY et G. KOOYMAN, *Fur Seals. Maternal Strategies on Land and at Sea*, Princeton University Press, 1986.

B. LE BŒUF et R. LAWS, *Elephants Seals. Population Ecology, Behavior and Physiology*, University of California Press, 1994.

R. WILSON, *Foraging Ecology*, in *The Penguins*, pp. 81-106, Oxford University Press, 1995.

G. ROBERTSON et R. GALES, *Albatross Biology and Conservation*, Surrey Beatty and Sons, 1998.

H. WEIMERSKIRCH, Y. CHEREL, F. CUENOT-CHAILLET et V. RIDOUX, *Alternative Foraging Strategies and Resource Allocation by Male and Female Wandering Albatrosses*, in *Ecology*, vol. 78, pp. 2051-2063, 1997.

T. WILLIAMS, R. DAVIS, L. FUIMAN, J. FRANCIS, B. LE BŒUF, M. HORNING, J. CALAMBOKIDIS et D. CROLL, *Sink or Swim : Strategies for Cost-efficient Diving by Marine Mammals*, in *Science*, vol. 288, pp. 133-136, 2000.

La découverte des naines brunes

GIBOR BASRI

Moins massives que les étoiles, mais plus massives que les planètes, les naines brunes semblaient être des objets astronomiques rares. De nouveaux recensements indiquent que ces objets sont peut-être aussi répandus que les étoiles.

Une naine brune est une étoile ratée. Dans une étoile, les réactions de fusion thermonucléaire entre les noyaux d'hydrogène libèrent d'énormes quantités d'énergie qui s'opposent à l'effondrement de la matière dû à la gravitation. Grâce à ces réactions, qui commencent dès que la température atteint trois millions de degrés, l'étoile brille. Or la température du cœur croît avec la pression gravitationnelle et, donc, avec la masse de l'objet. Ainsi, pour briller, un astre doit avoir au moins 75 fois la masse de la planète Jupiter, soit environ sept pour cent de la masse du Soleil. Les naines brunes sont des corps qui ont une masse inférieure ; elles sont plus massives que les planètes géantes, mais pas assez massives pour briller comme des étoiles.

Pendant des dizaines d'années, les naines brunes ont été le «chaînon manquant» de l'astronomie : on pensait qu'elles existaient, mais personne n'en avait observé. En 1963, à l'Université de Virginie, Shiv Kumar avait prédit que la contraction gravitationnelle, qui crée les étoiles à partir de grands nuages de gaz et de poussières,

créerait également de nombreux objets plus petits, des «naines brunes». Ce nom est trompeur, car les naines brunes apparaissent rouges, et non brunes, mais on avait déjà nommé «naines rouges» les étoiles dont la masse est inférieure à la moitié de celle du Soleil.

Au milieu des années 1980, les astronomes ont commencé la recherche systématique des naines brunes, mais ils n'ont découvert les premières qu'en 1995. Depuis, on en a trouvé des dizaines d'autres. Les observateurs et les théoriciens poursuivent aujourd'hui l'exploration. Combien y a-t-il de naines brunes ? Quelle est la gamme de leur masse ? Ont-elles toutes été créées de la même manière ?

La découverte des naines brunes fut tardive, parce que ces objets sont peu lumineux. Pendant leur formation, tous les objets liés par la gravitation (étoiles, planètes et naines brunes) émettent de la lumière : celle-ci résulte de l'échauffement dû à la libération d'énergie au cours de la contraction gravitationnelle. Dans les étoiles, le rayonnement issu de la fusion de l'hydrogène prend le relais du rayonnement engendré par la contraction.

Lorsque cette fusion est amorcée, la taille et la luminosité de l'étoile restent constantes, le plus souvent pendant des milliards d'années. Dans les naines brunes, l'hydrogène ne fusionne pas et la luminosité décroît rapidement, tandis que la matière se contracte et se refroidit, émettant l'essentiel de son rayonnement dans le proche infrarouge (voir l'encadré de la page 57). Comme la luminosité des naines brunes est faible dès leur formation et qu'elle diminue ensuite, des astronomes pensaient que ces astres constituaient une part notable de la «matière noire», cette mystérieuse matière invisible dont la masse est bien supérieure à celle des objets lumineux de l'Univers.

Où chercher ces astres peu brillants ? On a d'abord pensé à les regarder près d'étoiles connues. Plus de la moitié des étoiles de notre Galaxie sont dans des systèmes binaires (où deux étoiles sont en orbite autour de leur centre de gravité commun), et les astronomes soupçonnaient que de nombreuses étoiles apparemment seules avaient pour compagnon une naine brune encore indécélée. Pour voir des naines brunes, on prévoyait ainsi

1. LA NAINE BRUNE GLIESE 229B émet une lueur rougeâtre sur le dessin de la page ci-contre. On pense que cet objet est légèrement plus petit que Jupiter, mais environ 10 fois plus chaud, et 30 à 40 fois plus massif. Le compagnon de l'étoile naine rouge Gliese 229A (vue d'artiste page ci-contre) a été découvert en 1995. Les astronomes ont détecté la naine brune sur des clichés du télescope de 1,5 mètre de diamètre de l'Observatoire du mont Palomar (en médaillon de gauche) et du Télescope spatial Hubble (médaillon de droite) : c'est la petite tache que l'on distingue près de la naine rouge. Gliese 229B se trouve en réalité à plus de six milliards de kilomètres de son étoile compagnon (une distance supérieure à la distance entre Pluton et le Soleil).

