

> d'histoire naturelle, à Paris) a trouvé quatre autres espèces de paresseux marins, classées dans le même genre, mais avec des différences anatomiques significatives. L'analyse phylogénétique les situe dans un même taxon, proche des *Megatherium*. De plus, les cinq espèces de *Thalassocnus* se hiérarchisent de manière temporelle du Miocène au Pliocène, avec deux espèces anciennes, *T. antiquus* et *T. natans*, et deux bien plus récentes, *T. yaucensis* et *T. carolomartini*. Cela permet de suivre l'évolution de certains caractères adaptatifs précis qui étaient les premières déductions sur l'écologie de *T. natans*.

OS DENSES ET GROS POUMONS

Les vertébrés tétrapodes retournés à la vie aquatique – tortues, cétacés, pinnipèdes (phoques, otaries...), siréniens (lamantins, dugongs)... – présentent tous, à un degré plus ou moins fort, un squelette très dense, façonné par la pachyostose et l'ostéosclérose. La pachyostose est une augmentation du dépôt du périoste, le tissu à la périphérie des os; le volume des os s'accroît, ce qui altère parfois leur morphologie. L'ostéosclérose a pour moteur l'inhibition du renouvellement osseux, entraînant le remplissage de la cavité centrale des os. Le squelette acquiert ainsi une compacité qui devient avantageuse pour les animaux marins.

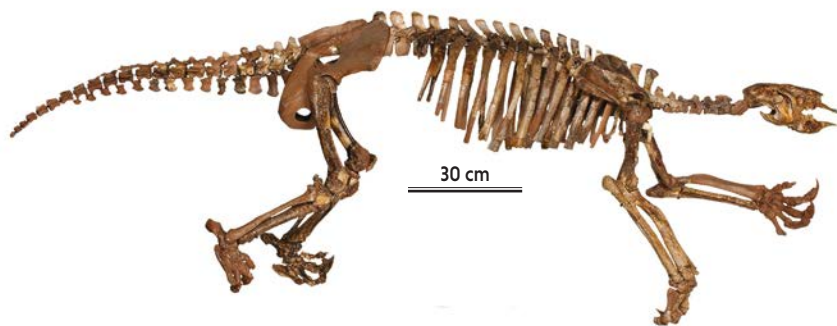
La plupart des vertébrés terrestres doivent dépenser de l'énergie pour s'enfoncer sous la surface de l'eau. La densification du squelette permet aux animaux aquatiques d'y parvenir sans effort. Étant des animaux à respiration aérienne, ils acquièrent des poumons à volume important, ce qui augmente leur temps de plongée. Or l'augmentation du poids de la cage thoracique autorise et contrebalance celle du volume des poumons. La densification des côtes régule aussi la position hydrostatique de l'animal, qui a tendance à être oblique, la tête vers le haut. Une telle densification s'observe surtout chez les animaux vivant en eaux peu profondes, car elle leur permet d'y rester stationnaires.

Les cinq espèces de *Thalassocnus* qui se succèdent temporellement illustrent cette spécialisation graduelle du squelette: l'ostéosclérose et la pachyostose s'accroissent au cours des temps géologiques, avec une adaptation à la vie aquatique qui se perfectionne sur un intervalle de temps court, de l'ordre de 4 millions d'années.

Avec les fourmiliers et les tatous, les paresseux constituent le superordre des xénarthres. Or la densification osseuse de ces animaux à habitat terrestre, surtout

UN BROUTEUR DES MERS

Plusieurs indices suggèrent que *Thalassocnus natans* broutait des herbes sous-marines. Son crâne, comparé à celui des autres paresseux, présente des différences qui prennent sens dans ce contexte: le prémaxillaire (partie antérieure de la mâchoire supérieure) est allongé, avec une extrémité spatulée et une structure spongieuse, signe d'une riche irrigation, comme dans la lèvre supérieure puissante des siréniens (lamantins, dugongs). La proportion fémur/tibia et l'insertion du fémur sur le bassin confèrent une plus grande mobilité à la patte postérieure, ce qui autorisait une nage « petit chien » et une marche sur le fond marin. Enfin, l'anatomie des vertèbres caudales, larges et laissant passer des vaisseaux sanguins de grand diamètre, prouve que la queue était très musculeuse. Elle ne servait pas au déplacement, mais contribuait à la stabilisation de l'animal lors de la nage ou de la marche.



les paresseux et les fourmiliers, est bien supérieure à celle des autres mammifères. Pourtant, l'os, plus cassant, semble un désavantage en milieu aérien. On assiste donc ici à un phénomène d'exaptation, au sens que le paléontologue américain Stephen Jay Gould lui a donné: «Un caractère [ici la densification osseuse] coopté pour un nouvel usage [faciliter la vie subaquatique].»

Les différences les plus spectaculaires entre les espèces les plus récentes de *Thalassocnus* et les autres sont l'allongement des prémaxillaires et l'élargissement de l'extrémité du crâne en une spatule, avec de puissantes lèvres facilitant le broutage. Le radius s'aplatit aussi, ressemblant à celui des phoques et otaries. Un indice, subtil mais convaincant, concerne les rayures des dents, dues aux grains de sable que l'animal ingère avec sa nourriture. Or elles sont plus nombreuses chez les espèces anciennes. Celles-ci devaient brouter sur la plage ou en eau peu profonde et agitée, tandis que les espèces récentes devaient, comme les lamantins, plonger plus profond et atteindre des eaux plus calmes.

Ces animaux ont disparu au cours du Pliocène, sans doute sous l'effet du refroidissement des eaux de la côte Pacifique sud-américaine. Pour qu'ils survivent, il aurait fallu qu'ils acquièrent, comme les cétacés, une épaisse couche de lard sous-cutanée jouant le rôle d'isolant thermique. ■

BIBLIOGRAPHIE

E. Amson *et al.*, **Osteology and functional morphology of the axial postcranium of the marine sloth *Thalassocnus* (Mammalia, Tardigrada) with paleobiological implications**, *J. Mammal. Evol.*, vol. 22, pp. 473-518, 2015.

E. Amson *et al.*, **Gradual adaptation of bone structure to aquatic lifestyle in extinct sloths from Peru**, *Proc. R. Soc. B*, vol. 281, n° 20140192, 2014.

C. de Muizon *et al.*, **The evolution of feeding adaptations of the aquatic sloth *Thalassocnus***, *J. Vertebr. Paleontol.*, vol. 24(2), pp. 398-410, 2004.

C. de Muizon et H. G. McDonald, **An aquatic sloth from the Pliocene of Peru**, *Nature*, vol. 375, pp. 224-227, 1995.

Tous les papiers se recyclent,
alors trions-les tous.

**C'est aussi
simple à faire
qu'à lire.**

La presse écrite s'engage pour le recyclage
des papiers avec Ecofolio.



L'AUTEUR



HERVÉ THIS
physicochimiste,
directeur du Centre
international de
gastronomie moléculaire
AgroParisTech-Inra, à Paris

DES QUENELLES QUI GONFLENT BIEN

Quelles sont les meilleures conditions pour faire gonfler les quenelles? Pour le savoir, il suffit de se rappeler que le mécanisme de leur gonflement est le même que celui des soufflés.



Les solutions imaginées pour faire gonfler les quenelles sont innombrables: cuissons dans une sauce légère ou, au contraire, dans une sauce épaisse; pochage préalable dans l'eau, puis cuisson dans un four, en plat à gratin; ingrédients et ustensiles très froids; présence de crème, ou de crème fouettée, ou de panade (de la farine empesée, avec eau et beurre) additionnée d'œufs... Tout y passe et nos amis cuisiniers mettent dans la même question des préparations différentes: des godiveaux, des panades aux œufs ou des préparations hybrides.

Voyons d'abord la terminologie. Les godiveaux sont obtenus par cuisson de pâtes où sont mêlées de la chair animale (viandes, poissons, crustacés) broyée ainsi que de la matière grasse, laquelle peut être de la graisse de bœuf, de rognon de bœuf, du beurre, de la crème.

Les panades sont des préparations que l'on obtient en versant de la farine dans de l'eau bouillante, éventuellement additionnée de beurre; on y ajoute parfois des œufs, et l'on prépare une pâte différente de celle des godiveaux en y ajoutant de la chair broyée. Et, bien sûr, on peut faire des pâtes en mêlant chair broyée, panade, œufs battus ou non, divers liquides, diverses matières grasses...

Ces préparations peuvent être «échaudées», c'est-à-dire déposées sous forme de quenelles dans de l'eau bouillante, ou bien cuites directement dans un four, une poêle ou une casserole.

Sans prêter aux ingrédients des vertus magiques («l'œuf fait souffler», entend-on parfois!), voyons dans quelles circonstances les quenelles gonflent.

La chair broyée libère les protéines de l'intérieur des fibres musculaires, et ces protéines coagulent quand la température augmente. L'œuf apporte aussi des protéines susceptibles de coaguler. Quant à la matière grasse – graisse de bœuf, beurre ou crème –, elle s'émulsionne dans la phase aqueuse des fibres musculaires ou du liquide ajouté et contribue à la souplesse: quand les quenelles sont chaudes, la graisse est à l'état liquide. Des mousses apportées initialement ou formées lors de la préparation apporteront des bulles d'air qui gonfleront au maximum de 30%, ce qui ne fera guère «souffler», sauf si l'on part de blanc d'œuf battu en neige, en proportion notable.

Alors, finalement, pourquoi le soufflage? Il survient surtout quand on cuit les quenelles au four, à une température à laquelle elles gratinent, soit environ 180 °C. Lors de notre dernier séminaire de gastronomie moléculaire, nous avons comparé la cuisson en sauce épaisse ou fluide et n'avons pas constaté de différence, sauf peut-être que les quenelles se tenaient mieux en sauce liquide, pour laquelle la convection permet de coaguler plus rapidement la partie externe. Mais il est plus important, pour faire

gonfler, de penser aux soufflés: nous savons que leur gonflement résulte de l'évaporation de l'eau présente dans la préparation.

D'où des règles simples: avoir de l'eau dans la préparation (le blanc d'œuf en apporte 90%, par exemple, mais la crème en contient aussi); cuire plutôt dans un plat qui conduit bien la chaleur, pour que cette dernière arrive par la base, de sorte que la vapeur soit plutôt formée dans la masse; chauffer à température assez forte pour que l'évaporation se fasse avant que la structure ne soit figée par la coagulation; servir chaud, afin que la vapeur n'ait pas le temps de recondenser, lors du refroidissement. En un mot, pensons «soufflés» pour faire gonfler! ■

LA RECETTE



- 1 Faire bouillir 25 cl de lait avec 80 g de beurre, sel, poivre et noix de muscade. Incorporer 100 g de farine et malaxer.
- 2 Dès que la pâte prend du corps, réduire le feu et travailler à la cuillère en bois jusqu'à ce que le mélange se détache des parois.
- 3 Hors du feu, ajouter 3 œufs. Bien mélanger et laisser refroidir.
- 4 Mixer 250 g de chair de poisson, saler et poivrer. Bien mélanger à la panade aux œufs.
- 5 Ajouter encore 2 jaunes d'œufs, 2 blancs d'œufs battus en neige et 40 g de crème fouettée.
- 6 Mouler les quenelles entre deux cuillères, et les pocher 10 minutes dans de l'eau frémissante (dans une poêle).
- 7 Préparer une béchamel additionnée de 50 g de crème fraîche fouettée et du fumet de poisson ou de crustacé. Assaisonner.
- 8 Disposer les quenelles sur un plat de service (métallique), les napper des sauces et enfourner à 180 °C en posant le plat sur la sole du four préchauffé. Poursuivre la cuisson pendant 15 minutes.

**OFFRE
DURÉE
LIBRE**

3 FORMULES AU CHOIX

Le magazine papier (12 numéros par an)

Le *Hors-Série* papier (4 numéros par an)

L'accès en ligne illimité www.pourlascience.fr

L'édition numérique du magazine (12 numéros par an)

L'édition numérique du *Hors-Série* (4 numéros par an)

L'accès aux archives numériques depuis 1996

Pour la Science – Service abonnements – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email : pourlascience@abopress.fr

PAG18486PP

Partie réservée au service abonnement. Ne rien inscrire

