

microscopie optique ou électronique, dans l'espoir d'observer ces lacunes ou d'autres indices de la physiologie des animaux, comme la vitesse de croissance des os. Pour reconstituer une image tridimensionnelle de l'os, on réalisait une série de coupes, que l'on observait séquentiellement, puis raboutait. Un travail difficile, fastidieux et relativement imprécis qui, pourtant, a donné quelques résultats intéressants.

Ainsi, en 1974, Armand de Ricqlès, alors à l'université Paris VII, a montré, à partir de la structure microscopique des os longs, que les dinosaures étaient probablement des animaux à température constante, et non à température variable comme les lézards et les crocodiles auxquels on les comparait.

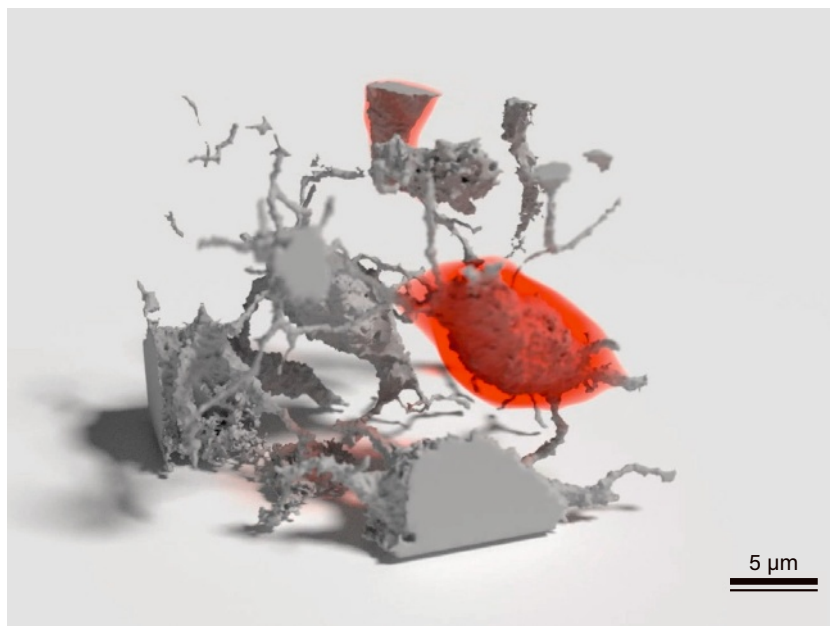
Néanmoins, la technique restait trop imprécise pour fournir des informations sur l'origine des ostéocytes. Mais une technique de tomographie nommée FIB-SEM, jusqu'à présent surtout utilisée en science des matériaux, a résolu le problème d'une manière élégante. Il s'agit d'allier un microscope électronique à balayage à une sonde ionique focalisée. Il y a donc deux faisceaux: l'un, constitué d'électrons, permet de réaliser les images; l'autre est formé d'ions gallium projetés à haute énergie sur la face de l'échantillon. Un tel faisceau est destructeur, car il pulvérise la matière. Sur la nouvelle face, les ions gallium s'insèrent dans une épaisseur de quelques nanomètres et rendent la surface amorphe. Pour réaliser la tomographie, il faut que les deux faisceaux soient bien synchronisés afin qu'une image soit prise à chaque fois que les ions gallium ont détruit une fine couche. Tout se passe donc comme si l'on effectuait des coupes sériées. On reconstitue ensuite une image tridimensionnelle de l'échantillon. Naturellement, ce dernier se trouve détruit à la fin du processus, mais ce n'est qu'un cube de moins de 50 micromètres d'arête.

## UN RÉSEAU CELLULAIRE INTERNE

L'équipe de Florian Witzmann a utilisé cette technique sur deux espèces fossiles judicieusement choisies: *Tremataspis mammillata* est un ostéostracé du Silurien terminal (il y a entre 421 et 428 millions d'années), les ostéostracés étant un groupe frère des gnathostomes; *Bothriolepis trautscholdi* est un antiarche du Dévonien terminal (il y a entre 372 et 382 millions d'années) et appartient donc au groupe le plus ancestral des gnathostomes.

## DE MYSTÉRIEUX HALOS SOMBRES

L'observation d'échantillons d'os du poisson fossile *Tremataspis mammillata* par la technique de tomographie FIB-SEM a révélé non seulement des lacunes et des canalicules (ci-dessous en gris), signes que le tissu osseux comportait bien un réseau de cellules, mais aussi, autour de certaines lacunes, une zone de faible intensité du signal (en rouge). Cette zone, structurellement altérée, ne peut être un artefact attribué à la technique ou à la fossilisation, car seules certaines régions sont concernées. Il s'agirait d'une zone de faible densité formant comme un halo sombre, contrastant avec le noir de la lacune et le gris de l'os fossile.



On observe des lacunes et canalicules chez les deux. Mais, chez *T. mammillata*, une lacune de forme ovoïde est curieusement entourée d'une zone de faible densité formant comme un halo sombre (voir l'encadré ci-dessus). Comment interpréter cette zone sombre, trouvée autour d'autres lacunes et de canalicules? Pour les chercheurs, elle est le résultat d'une ostéolyse due à un processus physiologique, c'est-à-dire d'une destruction du tissu osseux, vraisemblablement liée au métabolisme du phosphore.

Et comme on n'observe pas ce phénomène chez *B. trautscholdi*, on peut avancer que la demande en phosphore de l'organisme a été le principal acteur de la sélection des ostéocytes, dont le rôle s'est stabilisé chez les gnathostomes: les premières cellules parvenues dans le tissu osseux ont peut-être juste commencé par augmenter la surface de contact des cellules avec le tissu osseux, ce qui a pu favoriser sa dissolution en cas de déséquilibre phosphocalcique. Il reste à comprendre comment les premiers ancêtres des vertébrés luttèrent contre l'ostéoporose. ■

## BIBLIOGRAPHIE

Y. Haridy et al., **Bone metabolism and evolutionary origin of osteocytes : Novel application of FIB-SEM tomography**, *Sci. Adv.*, vol. 7, article eabb9113, 2021.

S. Giles et al., **Histology of « placoderm » dermal skeletons : Implications for the nature of the ancestral gnathostome**, *J. Morphol.*, vol. 274, pp. 627-644, 2013.

A. J. de Ricqlès, **Evolution of endothermy : Histological evidence**, *Evol. Theory*, vol. 1, pp. 51-80, 1974.