The background of the cover is a detailed illustration of a prehistoric savanna. In the center, three mammoths with large, curved tusks are wading through a shallow river. To the left, a brown bear stands on the bank. To the right, a saber-toothed cat is walking. In the distance, a group of hunters with spears and bows are visible. The sky is filled with dramatic, dark clouds, and a few birds are flying.

Le
TRIOMPHE
et le
RÈGNE
des
MAMMIFÈRES

*La nouvelle histoire,
de l'ombre des dinosaures à aujourd'hui*

STEVE BRUSATTE
auteur de *Le triomphe et la chute des dinosaures*

Le
TRIOMPHE
et le
RÈGNE
des
MAMMIFÈRES

*La nouvelle histoire,
de l'ombre des dinosaures à aujourd'hui*

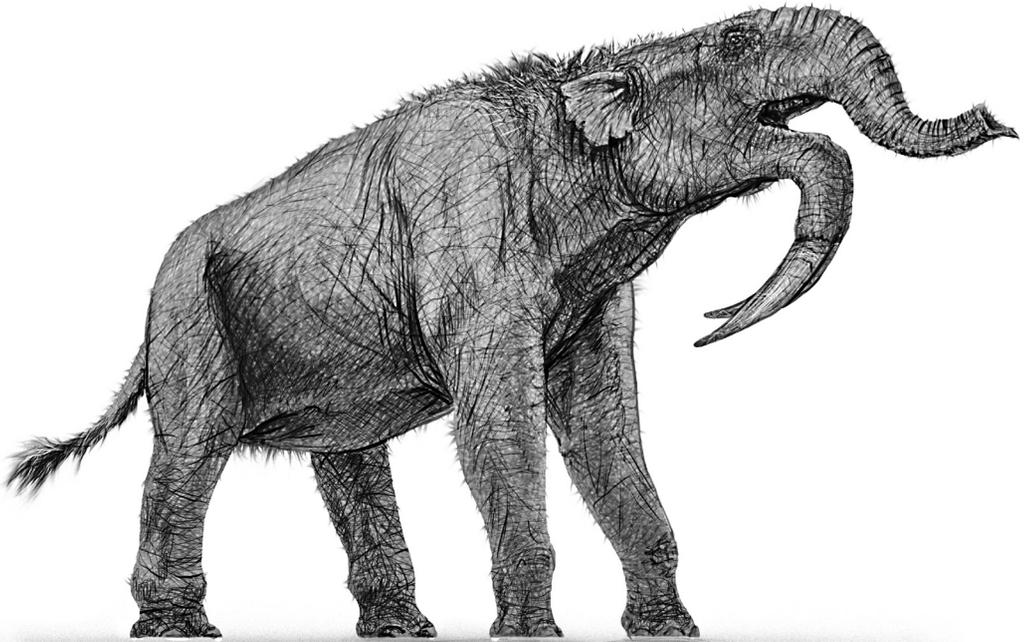
STEVE BRUSATTE

quanto

7

MAMMIFÈRES
de l'EXTRÊME

(extrait)



Deinotherium

LES PYRAMIDES DE Gizeh se dressent depuis plus de quatre millénaires, battues par le soleil et le vent du Sahara. Comme beaucoup d'anciens monuments égyptiens, ils sont bâtis avec un matériau solide : le calcaire, dont les origines sont bien plus anciennes que celles des pharaons. Ces roches dures et riches en calcium se sont formées dans les eaux chaudes et tranquilles de la mer de Téthys il y a plus de 40 millions d'années, au cours de l'Éocène. Les créatures qui vivaient dans ce monde disparu – bien avant que l'Afrique du Nord ne devienne une terre, puis un désert, puis le berceau de la civilisation humaine – ont laissé leurs traces sous forme de fossiles. Les blocs mêmes des pyramides de Gizeh regorgent de restes d'algues, de coquilles de plancton microscopique et d'escargots pétrifiés. À une centaine de kilomètres au sud-ouest, près de l'oasis du Fayoum, bordée de palmiers et irriguée par le Nil, des fossiles beaucoup plus imposants émergent des strates de l'Éocène.

L'arabe *Wadi al-Hitan* se traduit par la « Vallée des baleines ». Ce n'est pas une métaphore. Des squelettes de baleines jonchent véritablement le sol du désert, comme si un fond marin de l'Éocène avait été projeté sur la terre et transformé en pierre. La scène est aussi saisissante que déconcertante : des milliers de baleines gisant sur le sable, brûlées par la chaleur, dans l'une des régions les plus arides au monde, à plus de 150 kilomètres de la mer la plus proche où leurs congénères évoluent aujourd'hui. Ce sont des baleines hors de l'eau, une scène tout aussi improbable que si elles s'étaient trouvées sur les cratères de la lune. Beaucoup de ces squelettes sont aussi intacts que peuvent l'être des ossements anciens : des corps énormes, conservés dans une disposition parfaite, avec des têtes dentées reliées à des colonnes vertébrales légèrement arquées, des côtes dépassant sur le côté. Si l'on suit les contours sinueux du tronc, des nageoires aplaties émergent des épaules, puis les vertèbres dorsales, suivies de la queue, et enfin, à l'endroit où la queue commence à devenir plus étroite, de petits os apparaissent, détachés du reste du squelette.

Un bassin, et une jambe.

C'est bizarre. Vous ne verrez pas de pattes sur les baleines modernes. Elles n'en ont pas besoin, car elles utilisent leurs nageoires antérieures pour se diriger et leur queue cannelée pour nager. Les



Squelettes de baleines fossiles dans le désert de Wadi al-Hitan, en Égypte.
(Photos d'Ahmed Mosaad, en haut, et de Mohammed ali Moussa, en bas)

squelettes de Wadi al-Hitan – qui sont ceux de *Basilosaurus*, dont la longueur dépassait les 15 mètres, de son cousin plus petit *Dorudon*, et de quelques autres espèces – ne sont pas ceux des baleines que nous connaissons. Ils témoignent d'une époque où les baleines marchaient. Bien qu'elles vivaient dans l'océan, les espèces de Wadi al-Hitan ont conservé les jambes de leurs ancêtres terrestres qui, au cours des quelque 10 millions d'années de l'Éocène, se sont aventurés dans l'eau, ont modifié leur corps pour passer d'une ossature de coureur à longs membres à celle d'une machine à nager en forme de sous-marin, et ne sont jamais revenus sur la terre ferme. Ce faisant, ils sont devenus de plus en plus grands et de mieux en mieux adaptés aux vagues, perdant progressivement les parties de leur corps propres aux mammifères terrestres pour acquérir celles nécessaires à une existence pleinement aquatique.

Il s'agit là d'un excellent exemple, figurant dans tous les manuels de biologie du monde, de transition évolutive majeure : la transformation d'un type d'organisme en un autre, à l'apparence et au comportement radicalement différents, et dont le corps a été remodelé pour s'adapter à son nouveau mode de vie. Il ne s'agit pas là d'une simple hypothèse ; nous disposons d'une séquence de squelettes fossiles, parmi lesquels *Basilosaurus* et *Dorudon*, qui attestent de la métamorphose des baleines, étape par étape. Si quelqu'un venait à prétendre qu'il n'existe pas de « fossiles transitoires » ou de « chaînons manquants » dans les archives fossiles, parlez-lui des baleines à pattes.

Avant de plonger dans l'histoire des baleines, mettons les choses au clair et rappelons une évidence : les baleines ressemblent aux poissons. Il n'y a par conséquent aucune honte à les prendre pour des poissons géants ; je n'ai moi-même compris qu'il s'agissait de mammifères qu'au bout de plusieurs années d'école. Les baleines ressemblent à des poissons parce que l'évolution convergente a modelé les corps des uns et des autres sur la base d'un mode de vie semblable : nager, manger et se reproduire dans l'eau. Cela signifie que les baleines ne ressemblent pas beaucoup aux autres mammifères, car le passage de la terre à la mer qui s'est produit à l'Éocène a effacé ou modifié bon nombre des caractéristiques et des comportements

du « mammifère » type. Les baleines sont ainsi les moins mammaliens de tous les mammifères, mais elles sont bien des mammifères. On peut donc dire qu'elles sont les plus « non mammaliens » de tous les mammifères – mais ce sont des mammifères. Et quand on y regarde de plus près, on peut en voir les marques. Elles possèdent la mâchoire inférieure unique et les trois os de l'oreille moyenne qui définissent les mammifères, ainsi que des glandes mammaires qui leur permettent de nourrir leurs petits avec du lait. Et bien que leur peau soit lisse, elles conservent des vestiges de poils, comme des moustaches autour de la gueule, qui, chez certaines espèces, ne sont présentes que chez les nouveaux-nés. En outre, les baleines sont des mammifères placentaires : elles donnent naissance à des petits de grande taille (souvent très grands) et bien développés, nourris par un placenta. Pour preuve, elles possèdent un nombril – là où le cordon ombilical, qui prolonge le placenta, s'attache *in utero*.

Les baleines sont donc bien des mammifères, mais de quel genre ? Ou, pour le dire autrement : à partir de quel genre de mammifères terrestres ont-elles évolué ? Les penseurs se sont heurtés à cette question pendant des siècles. Aristote reconnaissait que les baleines n'étaient pas des poissons, mais à l'époque, bien avant la théorie de l'évolution, il lui était impossible de concevoir qu'elles puissent être issues d'autres espèces. Dans un rare moment de confusion, Darwin a émis l'hypothèse que les baleines avaient pu évoluer à partir d'ours qui nageaient, bouche ouverte, pour écumer les insectes à la surface de l'eau – une idée si ridicule qu'il l'a éliminée des éditions ultérieures de l'*Origine des espèces*. Lorsqu'il a dessiné son célèbre arbre généalogique des mammifères en 1945, George Gaylord Simpson a éludé la question en plaçant les baleines sur leur propre branche, loin des autres groupes. Ce n'est qu'au cours de la seconde moitié du vingtième siècle qu'un candidat prometteur au titre d'ancêtre des baleines s'est matérialisé dans les archives fossiles : des placentaires « archaïques » du Paléocène, appelés mésonychidés, dont les dents épaisses et acérées étaient similaires à celles des baleines fossiles. Mais cette hypothèse restait fragile, comme le sont souvent les relations fondées sur des similitudes dentaires, en raison du problème de l'évolution convergente.

La véritable réponse est apparue à la fin du vingtième siècle. L'énigme a été résolue à la fois par les fossiles et par le test de paternité ADN, qui dans ce cas précis – contrairement à tant d'autres dont nous avons parlé précédemment – sont arrivés à la même conclusion. Les baleines sont des artiodactyles, des membres de la famille des mammifères à sabots et à doigts pairs.

Dans un premier temps, l'ADN a montré que les baleines se situaient sur l'arbre généalogique aux côtés des vaches, des moutons, des hippopotames, des chameaux, des cerfs, des cochons et autres herbivores à sabots fendus. Les fossiles ont ensuite confirmé cette donnée: en 2001, plusieurs squelettes de baleines primitives à pattes, datant de l'Éocène, ont été découverts. Ils présentaient le trait le plus caractéristique des artiodactyles: l'astragale à double poulie de la cheville, avec une profonde rainure aux deux extrémités. Comme on l'a vu au chapitre précédent, les artiodactyles ont développé cette cheville unique lorsqu'ils sont apparus au début de l'Éocène, lors du réchauffement climatique du PETM, afin de courir rapidement sans se disloquer les chevilles. Aucun autre mammifère, pas même les plus rapides comme les chevaux ou les chiens, ne possède ce type de cheville. Bien sûr, les baleines modernes ne l'ont pas non plus, car elles ont perdu toute trace de leurs chevilles. La seule raison pour laquelle ces baleines anciennes, qui étaient en train de passer au monde aquatique et dont les membres postérieurs s'étaient déjà atrophiés au point de presque disparaître, possédaient un tel attribut est qu'elles l'avaient conservée de leurs ancêtres artiodactyles. Tout comme notre appendice, il avait eu une fonction, et bien que ce n'était plus le cas, il était toujours là. Et c'est une bonne chose, car contrairement à l'ADN, l'os de la cheville est une preuve tangible, qui a immédiatement convaincu les paléontologues les plus sceptiques que les baleines étaient bien des artiodactyles.

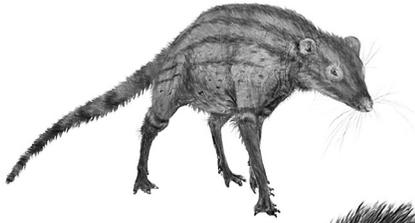
D'où la question suivante: de quel type d'artiodactyles les baleines sont-elles issues? Le test de paternité ADN apporte un début de réponse: les plus proches parents vivants des baleines sont les hippopotames. Mais les hippopotames et les baleines ne se ressemblent guère. Difficile de se représenter à quoi devait ressembler l'ancêtre commun d'une baleine bleue et d'un hippopotame de

rivière. De plus, les premiers hippopotames ont vécu au Miocène, soit plusieurs millions d'années après que *Basilosaurus* et *Dorudon* ont sillonné les mers de l'Éocène. Les hippopotames ne sont donc pas les ancêtres des baleines, mais des cousins germains. Les véritables ancêtres étaient des espèces transitoires du registre fossile, dans la séquence qui comprend *Basilosaurus* et *Dorudon*.

Et là, les paléontologues peuvent jubiler car ce sont les fossiles seulement, et non l'ADN, qui ont révélé comment les baleines sont entrées dans l'eau. Comment Bambi s'est transformé en Moby Dick.

L'histoire commence plus de 10 millions d'années avant les baleines égyptiennes, vers l'est, au cœur des vagues téthyennes. L'Inde est encore une île, mais plus pour très longtemps. Elle progresse rapidement vers le nord, à travers la voie maritime équatoriale, et se prépare à sa confrontation avec l'Asie, premier acte de ce qui mènera à la fermeture de la Téthys. Il y a entre 50 et 53 millions d'années – environ – seule une étroite bande d'eau tropicale subsiste entre les deux masses continentales. Cette région sera bientôt écrasée et ses plis formeront l'Himalaya, la ligne de suture entre les deux blocs de croûte terrestre. Mais pendant encore quelques millions d'années encore, elle restera un marigot paisible, un plancher océanique peu profond et baigné de soleil, alimenté par des rivières s'écoulant de l'Inde. Cet endroit somme toute ordinaire sera pourtant le creuset de l'une des plus grandes expériences de l'histoire de l'évolution.

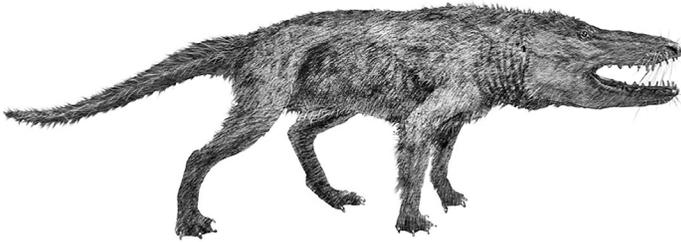
L'un des nombreux mammifères bloqués sur l'île indienne était un artiodactyle de la taille d'un raton laveur, du nom d'*Indohyus*. C'était un trotteur délicat, avec un museau de chien posé sur un corps de faon, et qui arpentait la forêt sur la pointe des orteils. Perché sur ses membres frêles, il passait sa modeste existence à mâcher des feuilles et à se cacher des prédateurs. Avec sa démarche bondissante rendue possible par sa cheville à double poulie, il pouvait distancer la plupart de ses poursuivants. Il lui arrivait cependant de se faire surprendre par un prédateur plus habile, non pas terrestre, mais aérien : un rapace. Le petit mammifère à sabots avait alors une astuce : comme le cerf-souris d'Afrique actuel, il pouvait bondir dans les cours d'eau ou les lacs, et se réfugier sous l'eau. Ce n'était pas un nageur hors pair, mais il utilisait l'eau comme une cachette



Indohyus



Pakicetus



Ambulocetus



Rodhocetus



Basilosaurus

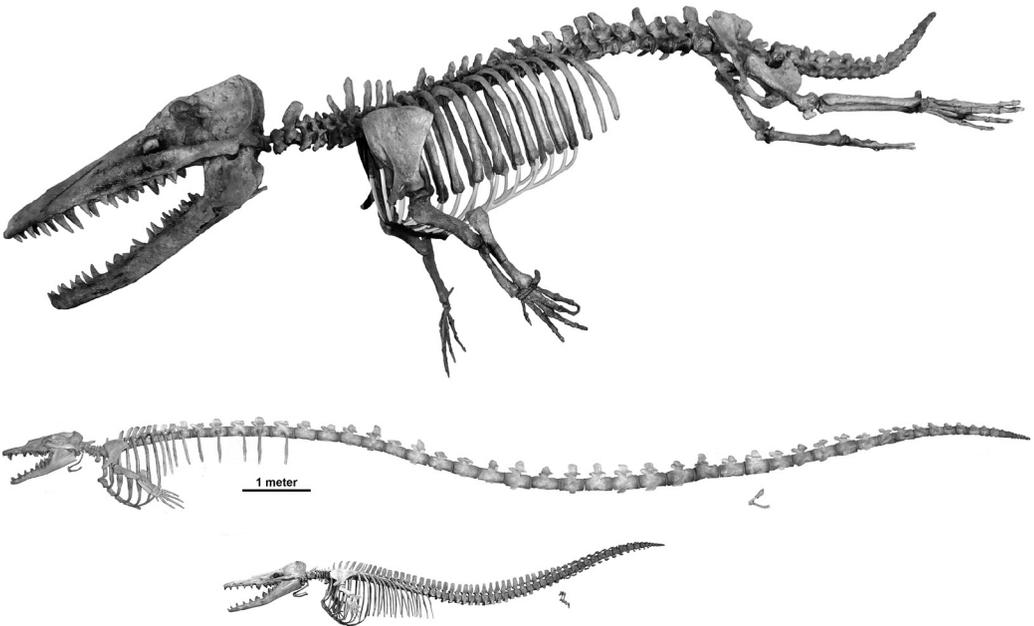
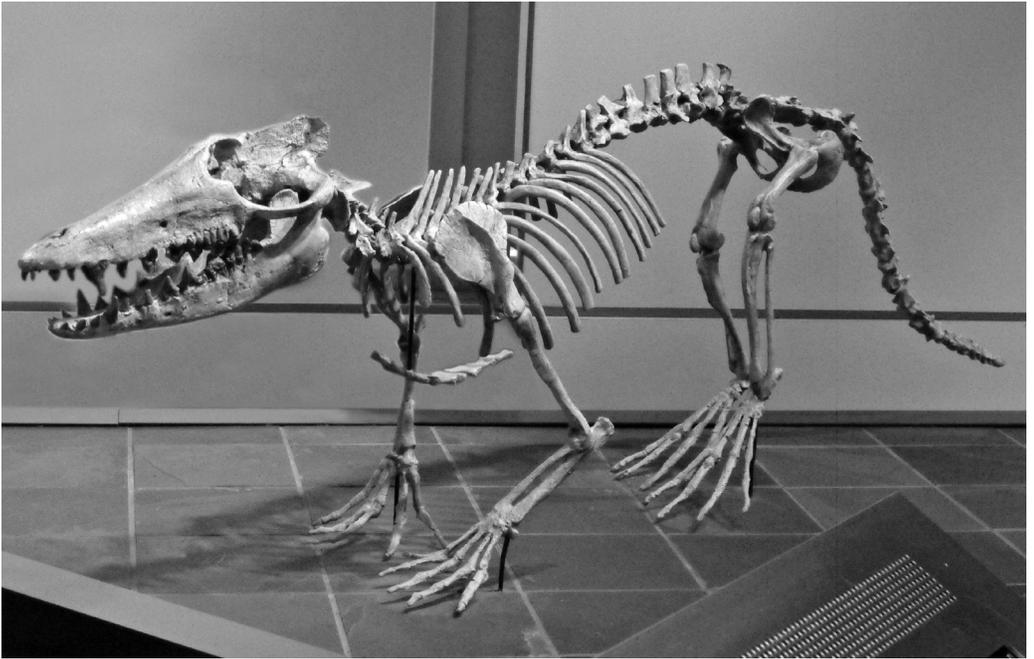
Séquence de l'évolution des baleines. (Illustration de Todd Marshall)

et en profitait peut-être pour grignoter quelques plantes aquatiques en attendant que la menace s'éloigne. Tout cela n'est bien entendu que pure fiction de ma part ; elle est toutefois étayée par des fossiles, qui éclairent non seulement le mode de vie d'*Indohyus*, mais qui montrent aussi que cette créature chétive, dont l'aspect filiforme pouvait difficilement être plus éloignée des proportions titanesques d'une baleine bleue, a bien été un précurseur des baleines.

Les premiers fossiles d'*Indohyus* ont été collectés au Cachemire – la région frontalière de l'Himalaya que se disputent l'Inde, le Pakistan et la Chine – par le géologue indien A. Ranga Rao et décrits en 1971. Ce n'était pas grand-chose – quelques dents et un bout de mâchoire seulement – et à sa mort, Rao n'avait toujours aucune idée du type d'animal qu'il avait trouvé. Mais c'était sans compter sur la persévérance de sa veuve. Elle a conservé des boîtes de pierres provenant du site du Cachemire, dont beaucoup n'avaient pas été ouvertes, et les a transmises au paléontologue américano-néerlandais Hans Thewissen. Au début, Thewissen n'avait guère d'idée non plus de ce dont il s'agissait... jusqu'à ce que son technicien fende accidentellement un crâne incrusté dans l'un des blocs rocheux. Thewissen n'en a pas cru ses yeux : la bulle creuse qui renfermait les trois os de l'oreille moyenne avait la forme d'une coque, avec une paroi intérieure épaisse et incurvée. Un os niché à l'arrière du crâne pourrait sembler anodin pour à peu près tout le monde, sauf pour un anatomiste. Une telle présence a en effet deux implications majeures.

Tout d'abord, sur le plan généalogique, cette bulle inhabituelle relie *Indohyus* aux baleines. Presque tous les mammifères possèdent une bulle délicate, parfois aussi fine qu'une coquille d'œuf, et de forme sphérique. Sauf les baleines, dont les bulles sont en forme de coquillage, et dures comme la pierre. À l'instar de la cheville à double poulie pour les artiodactyles, cette bulle tympanique particulière est la marque de fabrique des baleines. Sans ADN à disposition – *Indohyus* est un animal trop ancien pour qu'il ait pu se conserver – elle est la preuve la plus irréfutable d'appartenance à une famille que l'anatomie puisse fournir.

Deuxièmement, cette bulle nous renseigne sur le mode de vie d'*Indohyus*. Chez les baleines, elle est étrange pour une bonne



Squelettes de baleines fossiles, montrant leur passage de la terre à la mer. De haut en bas : *Pakicetus*, *Ambulocetus*, *Basilosaurus*, *Dorudon*. (Photos de Kevin Guertin, Notafly, et Voss et al., 2019, *PLoS ONE*) Barre d'échelle de 1 mètre pour les deux images du bas uniquement.

raison. Rappelez-vous que, chez tous les mammifères, ces os caverneux – placés de chaque côté de la tête – jouent le rôle de casques antibruit, en isolant les os de l'oreille moyenne quand ils transmettent le son à la cochlée, puis au cerveau. Les baleines doivent entendre sous l'eau, un milieu bien plus problématique que l'air. Elles ont par conséquent besoin d'appareils auditifs ; or l'enveloppe épaissie de la bulle ainsi que son plateau incurvé améliorent la détection des sons. Si *Indohyus* possédait de telles aides auditives, il était sans doute lui aussi parfaitement adapté à l'audition sous-marine. Ce qui concorde avec d'autres bizarreries observées chez les fossiles de Rao. Les os des membres d'*Indohyus* étaient extrêmement denses, avec des parois épaisses et de petites cavités de moelle, un caractère typique des animaux aquatiques, qui ont besoin de lest pour réduire leur flottabilité et rester immergés. Quant aux dimensions de son corps – petite tête, tronc robuste, membres effilés, mains et pieds allongés – elles sont étrangement celles d'un cerf-souris. Il menait donc sans doute une existence similaire à celui-ci, cherchant sa nourriture sur les berges des rivières et des ruisseaux et plongeant dans l'eau en cas de menace.

Si l'on considère tous ces éléments à la fois, il apparaît clairement que *Indohyus* était un mammifère terrestre qui faisait l'expérience de l'eau. Ce faisant, il a franchi le premier pas d'un long périple évolutif, qui n'a toutefois jamais été préétabli. La nature n'a pas un jour décidé de créer des baleines. L'évolution ne fonctionne pas de cette façon : elle ne planifie pas, mais agit sur le moment, en adaptant les organismes aux défis immédiats auxquels ils sont confrontés. Quand *Indohyus* s'est jeté à l'eau, il essayait simplement de fuir ou de trouver de la nourriture. Il n'avait aucune idée que ses descendants deviendraient des léviathans marins. Cependant, le Rubicon avait été franchi, et maintenant que ces petits artiodactyles avaient plongé leurs sabots dans l'eau, la sélection naturelle pouvait les transformer en nageurs plus performants.

L'étape suivante a consisté à faire quelque chose de leurs bras et de leurs jambes. Les membres en cure-dents et les doigts en sabots d'*Indohyus* ne pouvaient fournir qu'une propulsion minimale dans l'eau. Si vous avez déjà vu l'une de ces vidéos virales dans lesquelles un cerf se retrouve dans une piscine, vous savez de quoi je parle. La

réponse de l'évolution a été *Pakicetus*, le maillon suivant de cette séquence terre-mer, décrit par Phil Gingerich, le directeur de thèse de Thewissen, et que nous avons rencontré au chapitre précédent en sa qualité d'expert du réchauffement planétaire du PETM. Gingerich est également connu en tant que spécialiste des premières baleines, et *Pakicetus* est son plus beau trophée. Celui-ci faisait la taille d'un gros chien. Il avait le museau allongé et les dents acérées d'un loup, signe que son régime alimentaire était passé de végétarien à carnivore. Mais le plus frappant étaient ses membres, plus robustes que ceux d'*Indohyus*, avec des mains et des pieds qui commençaient à ressembler aux palmes d'un plongeur. *Pakicetus* était encore principalement un marcheur, dans les deux mondes : il pouvait déambuler aisément sur la terre ferme avec sa cheville à double poulie et était également capable de marcher sur le fond des cours d'eau douce peu profonds qui se jetaient dans la Téthys. Il pouvait également pagayer avec ses membres et faire légèrement onduler son corps ; il était donc une sorte de véhicule amphibie tout terrain, capable de se déplacer de multiples façons.

Pakicetus était cependant loin d'être un nageur habile, et menait une double vie entre la terre ferme et les cours d'eau. Le maillon suivant de cette chaîne évolutive, *Ambulocetus*, décrit par Thewissen, s'est quant à lui aventuré hors de l'île indienne, vers les rives salées de la côte téthyenne. De la taille d'une grosse otarie, il était nettement plus aquatique que *Pakicetus*, avec un corps plus long et plus tubulaire, des membres plus courts, et des mains et des pieds plus larges ressemblant à des pagaies. Il pouvait se propulser à travers les courants côtiers de deux manières, à l'ancienne, et de façon nouvelle : en pagayant avec les pieds et les mains, héritage de ses ancêtres terrestres, et en faisant onduler sa colonne vertébrale de haut en bas, une nouvelle capacité développée dans l'eau. Il a également élaboré un appareil auditif supplémentaire : un coussinet adipeux situé dans la mâchoire inférieure et relié à la bulle tympanique, qui recueillait les vibrations sous-marines et les transmettait à l'oreille. *Ambulocetus* – comme les baleines d'aujourd'hui – entendait littéralement au travers de ses mâchoires, une astuce évolutive qui lui permettait de pallier l'inefficacité du tympan d'un

mammifère terrestre sous l'eau (un problème dont nous pouvons faire nous-mêmes l'expérience lorsque nous essayons de parler dans une piscine). Un animal doté de capacités sensorielles et de natation comme *Ambulocetus* passait sans doute peu de temps sur la terre ferme. S'il était probablement encore capable de marcher, du moins de façon hésitante, il vivait plutôt comme un crocodile : un prédateur en embuscade préférant flâner dans les bas-fonds, et capturer les poissons avec ses dents pointues.

À ce stade, l'évolution s'était donc saisie de ce qui ressemblait à un cerf miniature pour en faire un mammifère de taille moyenne, doté de nageoires, capable d'entendre sous l'eau, ayant rompu ses liens à la fois avec la terre et l'eau douce et qui pagayait, ondulait et chassait en embuscade dans les eaux peu profondes de l'océan côtier bordant l'île indienne. Le retour en arrière n'était désormais plus possible. La terre était dans le rétroviseur. Devant, il y avait l'océan – dans sa totalité. Pas seulement les rives d'une île, mais la houle sans fin et les sombres profondeurs qui couvraient 70 % de la surface de la Terre.

Les premières baleines du monde étaient les protocétidés, dont *Rodhocetus*, une autre espèce nommée par Gingerich, était un représentant. C'étaient encore des baleines à pattes – mais plus vraiment. Leurs mains et, surtout leurs pieds étaient étrangement démesurés. Non parce qu'ils étaient des coureurs, mais parce qu'il s'agissait d'un équipement de natation. Si les protocétidés pouvaient supporter leur corps sur la terre ferme, ils étaient sans doute aussi maladroits qu'un plongeur essayant de courir avec des palmes aux pieds. Ils vivaient probablement comme des phoques, passant la plupart de leur temps dans l'eau, et se hissant de temps à autre sur les rochers pour se prélasser au soleil, s'accoupler, mettre bas et allaiter leurs petits. À part ça, la terre ne leur était pas d'une grande utilité. Quand ils ont presque totalement abandonné l'habitat terrestre de leurs ancêtres, ils se sont tournés vers l'océan. Il y a 40 millions d'années, alors que l'Inde percutait l'Asie, des protocétidés occupaient les côtes asiatiques, africaines, européennes et nord-américaines, et une espèce du nom de *Peregocetus* atteignait même la côte Pacifique de l'Amérique du Sud. Les protocétidés, et les lamantins afrothériens qui migraient à la même époque,

ont donc constitué la deuxième vague de mammifères placentaires cosmopolites avec les chauves-souris. Et tandis que ces dernières s'affranchissaient des contraintes géographiques en volant, les protocétidés faisaient de même en nageant, se propulsant à travers le globe à l'aide de leurs énormes mains et pieds palmés.

Les baleines à pattes ont ensuite cessé de marcher. Elles ont achevé leur divorce avec la terre. Les squelettes égyptiens de Wadi al-Hitan, en particulier *Basilosaurus*, illustrent ce moment critique de leur évolution : celui où elles ont franchi le cap de la vie aquatique et commencé à ressembler à ce que nous identifions aujourd'hui comme une baleine.

Basilosaurus se distingue des protocétidés sous plusieurs aspects. Pour commencer, il était gigantesque : il mesurait environ 17 mètres de long et pesait plus de cinq tonnes, soit un ordre de grandeur supérieur à celui de la plupart des protocétidés. Pour se déplacer dans l'eau, *Basilosaurus* a inventé un nouveau dispositif : une nageoire caudale, soutenue par de larges vertèbres, qui se déplaçait de haut en bas pour générer une poussée. Ce mouvement en coup de fouet n'était possible que parce que le bassin et les membres postérieurs avaient encore régressé, au point de se déconnecter de la colonne vertébrale, ce qui donnait plus de souplesse à la queue. Les pattes du *Basilosaurus* étaient minuscules, plus petites encore que celles d'un humain, mais accolées à un torse plus long que plusieurs yachts. Elles émergeaient encore du corps, mais les baleines allaient bientôt perdre tout signe extérieur de leur présence. À l'intérieur, quelques os atrophiés du bassin et des membres ne bénéficiaient d'un sursis qu'en tant qu'ancrage pour les muscles génitaux. Les membres antérieurs de *Basilosaurus* sont néanmoins restés proéminents, sous forme de larges pagaies applaties chargées d'assurer la direction, bien évidemment incapables de soutenir un corps de cinq tonnes sur la terre ferme. Le cou s'est raccourci, fusionnant avec le corps pour adopter une forme de torpille, les sinus ont envahi les os autour de l'oreille pour ajuster la pression pendant la plongée, et les narines ont commencé à se déplacer vers l'arrière pour devenir des événements. Toutes cela a permis à *Basilosaurus* de devenir un champion de la natation. Et pas n'importe quel champion : un super prédateur, qui

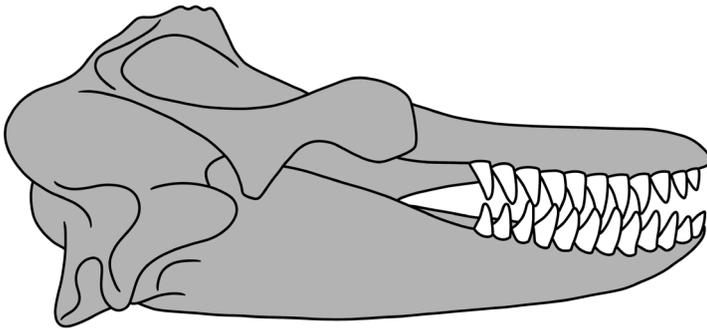
mangeait d'autres baleines, comme l'indiquent les os de *Dorudon* retrouvés dans l'estomac d'un squelette.

À la fin de l'Éocène, toutes les baleines à pattes avaient disparu. La transition était achevée : un animal terrestre était définitivement devenu un nageur exclusif, sans possibilité de retour sur la terre ferme, quelle qu'en soit la raison – pour échapper à un prédateur, manger, mettre bas, ou dormir. Dorénavant, les baleines feraient *tout* dans l'eau. Mais, comme toujours, l'évolution n'en avait pas terminé. Aux alentours de la limite entre l'Éocène et l'Oligocène, il y a 34 millions d'années, la phase suivante de l'histoire des baleines allait débiter : il était temps désormais de façonner ces animaux aquatiques pour en faire les meilleurs possible.

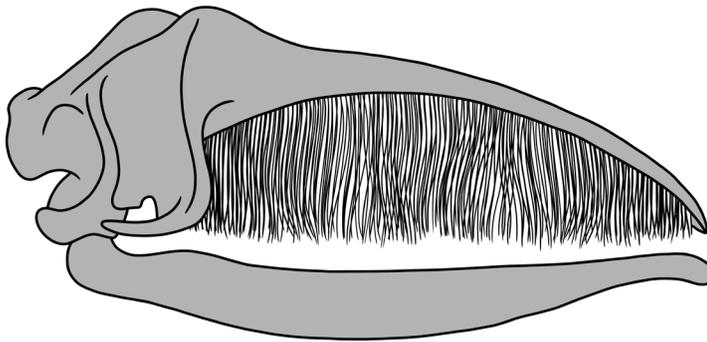
À cette époque, les baleines ont suivi deux chemins distincts, et qui mèneraient aux deux types de baleines modernes : les baleines à dents et les baleines à fanons, chacune dotées de leur propre cortège de caractéristiques anatomiques et de comportements magistralement adaptés à la vie sous-marine. Les fossiles des deux groupes commencent à apparaître autour de la limite Éocène-Oligocène. À partir de ce moment, les baleines de type moderne ont repoussé les frontières des protocétidés et de *Basilosaurus*, et se sont répandues vers les latitudes les plus élevées et les océans les plus froids. Elles se déployaient désormais dans les eaux côtières comme au large, des températures arctiques aux climats tropicaux, des eaux peu profondes à celles plus abyssales, et certaines, comme les dauphins de rivière (oui, les dauphins sont un type de baleine) se sont même aventurées dans les eaux douces, revenant dans les milieux riverains d'*Indohyus* et de *Pakicetus*. À tous points de vue, les baleines formaient désormais un empire mondial.

Aujourd'hui, les baleines à dents – qu'on appelle les odontocètes – comprennent les cachalots, les orques, les narvals, les dauphins et les marsouins. Ce sont des prédateurs féroces, au sommet de la chaîne alimentaire océanique, et qui disposent de trois armes redoutables.

Tout d'abord, leurs dents acérées, transformées à tel point qu'elles ne semblent plus être celles de mammifères. Disparues les cuspides et les crêtes complexes ; disparues les incisives, canines, prémolaires et molaires ; disparu le remplacement des dents de lait



Baleine à dents



Baleine à fanons

Crânes de baleines à dents et à fanons. (Illustration de Sarah Shelley)

par des dents d'adulte; disparue la capacité de mastication. À la place, des dents ressemblant à des chevilles coniques, destinées uniquement à trancher la viande des poissons et d'autres baleines, pour être ensuite avalée. Certaines espèces utilisent même à peine leurs dents pour se nourrir, se contentant d'avalier paresseusement leurs proies entières.

Deuxièmement, une capacité que les odontocètes partagent étonnamment avec les chauves-souris, bien que celle-ci ait évidemment évolué indépendamment: l'écholocalisation. Les odontocètes émettent des clics et des sifflements à haute fréquence en comprimant l'air à travers leurs lèvres phoniques, des renflements charnus situés dans les voies nasales juste en dessous de l'évent. Une masse graisseuse, appelée melon, qui dépasse du front, agit alors comme

une lentille acoustique. Il concentre et oriente le faisceau sonore dans l'eau ; lorsqu'il est réverbéré, il est détecté par une cochlée spécialisée dans l'oreille. Alors que les chauves-souris utilisent l'écholocalisation pour attraper des insectes ou trouver des victimes auxquelles sucer le sang, les odontocètes font usage de leur sonar pour localiser des bancs de poissons ou des calmars dans l'obscurité et la turbidité des profondeurs océaniques. Ce sens est si aigu que ces baleines n'ont plus besoin de se servir de leur odorat – elles n'en sont, en fait, plus capables.

Enfin, les odontocètes possèdent des cerveaux d'une taille stupéfiante. Celui du cachalot est le plus gros de tous les animaux sur terre, voire de tous les temps. Avec un poids d'environ dix kilos, il est cinq fois plus lourd que le cerveau humain et plus gros que celui d'un éléphant. Si l'on divise la taille du cerveau par celle du corps, pour obtenir une mesure approximative et relative de l'intelligence, le cachalot obtient le deuxième meilleur score de tous les animaux, après l'homme. Les cachalots sont suffisamment intelligents pour être plus malins que leurs proies ; ils utilisent également des outils et sont capables de se reconnaître dans un miroir.

Toutes ces facultés de prédateurs ont évolué à partir de la limite Éocène-Oligocène, bien avant les cachalots et leurs congénères actuels. Les plus anciens odontocètes fossiles, comme *Cotylocara* et *Echovenator* de Caroline du Sud, avaient des dents coniques, de gros cerveaux et des caractéristiques crâniennes associées à la production et à la détection de sons à haute fréquence. Les odontocètes ont donc développé un cerveau surdimensionné et l'écholocalisation alors qu'ils divergeaient des baleines à fanons, élaborant rapidement leur propre façon de chasser et leurs propres styles cognitifs. Au cours de l'Oligocène, et jusqu'à aujourd'hui, ils sont devenus des spécialistes du sonar toujours plus performants, avec des muscles faciaux plus grands pour produire des sons, et des melons également plus massifs pour les diffuser.

Certains odontocètes anciens surpassent de loin leurs successeurs – y compris les cachalots. *Livyatan melvillei*, baptisé en hommage à Moby Dick, rôdait dans le Pacifique au large de l'Amérique du Sud, au Miocène, il y a environ 12 millions d'années. Il était l'un

des plus grands prédateurs que la Terre ait jamais connu, avec un corps de 18 mètres et une tête de 3 mètres dans laquelle un humain aurait pu tenir sans problème – même si cela n'aurait sûrement pas été très agréable pour lui. Sa morsure était si large qu'elle aurait pu *facilement* engloutir le crâne du plus grand prédateur terrestre de tous les temps : le seul et unique *T. rex*. Et histoire d'en rajouter, ses dents, longues de trente centimètres, étaient plus épaisses que des clous de chemin de fer, parfaites pour broyer les os de ses proies, c'est-à-dire d'autres baleines, de la famille de celles à fanons. Et comme dans un film de monstres de série B, *Livyatan* partageait les mêmes eaux que le célèbre super requin *Megalodon* – et il est certain que le requin craignait la baleine !

Aussi grands *Livyatan* et d'autres odontocètes fossiles ont-ils été, aucun n'approchait, de près ou de loin, la taille des plus grandes baleines à fanons. Celles qu'on appelle les mysticètes, comprennent les baleines bleues, les baleines franches, les petits rorquals et les baleines à bosse. Leurs squelettes présentent des têtes démesurées et des mâchoires minces et dénudées arquées loin vers l'extérieur, comme si elles formaient le bord d'une poubelle ou d'un panier de basket-ball. Vous ne trouverez pas trace d'une seule dent le long de ces mâchoires robustes, car les mysticètes ont perdu celles en forme de chevilles de leurs ancêtres pour les remplacer par ce qui leur a donné leur nom : des fanons, un ensemble de plaques de kératine – la matière de nos ongles – étroitement espacées et semblables à des rideaux, suspendus à la voûte de la gueule. Les fanons permettent aux mysticètes de faire ce dont aucun autre mammifère n'est capable : se nourrir par filtration, en extrayant les petites proies de l'eau. La façon de faire de certaines espèces pour s'alimenter est impressionnante : leur mâchoire inférieure bascule à 90°, et leur gueule s'ouvre en un gouffre béant. Elles engloutissent alors une quantité colossale d'eau de mer, et utilisent ensuite leur langue et les muscles de leur gorge pour expulser l'eau et la faire passer à travers les fanons, capturant au passage et en une seule fois des milliers (ou plus) d'organismes planctoniques. C'en est presque paradoxal : les plus grands animaux de tous les temps se nourrissent de proies minuscules – avec gloutonnerie toutefois...

Ces baleines n'ont pas besoin d'utiliser l'écholocation pour repérer leur nourriture, ni leurs gros cerveaux pour chasser. Tout ce qu'elles ont à faire est de sillonner la colonne d'eau qu'elles occupent et, à l'occasion, d'ouvrir la gueule.

Les archives fossiles révèlent un tournant dans l'évolution des mysticètes. Les plus anciens, comme *Mystacodon* au Pérou et *Llanocetus* en Antarctique, qui datent de l'Éocène, avaient encore des dents. Certaines ressemblaient aux chevilles coniques des odontocètes, d'autres à des éventails élaborés de cuspides rayonnant vers l'extérieur à partir d'un pic central. Ils n'avaient pas de fanons et ne pouvaient donc se nourrir par filtration, mais ils étaient déjà beaucoup plus grands que les autres baleines de l'époque. *Llanocetus*, par exemple, mesurait au moins 8 mètres de long, ce qui en faisait l'une des plus grandes baleines jusqu'à ce que d'autres mysticètes et odontocètes, comme *Livyatan*, deviennent gigantesques au Miocène. Les fanons et l'alimentation par filtration ont donc évolué après que les mysticètes et des odontocètes ont divergé, et ce n'est pas grâce à cela que les mysticètes sont devenus aussi grands, du moins pas au début. Les fossiles montrent en effet que les premiers mysticètes à dents étaient des mordeurs, puis qu'ils ont perdu leurs dents et se sont mis à se nourrir par aspiration, avant d'ajouter des fanons à leurs mâchoires dénudées et d'acquérir la nouvelle faculté de se nourrir par filtration. Comme pour la transition de la marche à la nage chez les baleines ancestrales, le passage des dents aux fanons, et de la morsure au filtrage, a été un processus progressif, qui s'est déroulé par étapes.

À partir du moment où l'alimentation par filtrage avec fanons a évolué, les mysticètes ont eu la capacité de devenir de plus en plus gros. Contrairement aux odontocètes, toujours dépendants de l'abondance de calmars, de poissons et d'autres baleines pour se nourrir, les baleines à fanons disposent d'une réserve presque illimitée de plancton, qu'elles engloutissent sans dépenser beaucoup d'énergie. Elles peuvent rester passives et se gaver de crustacés, en particulier lors des « floraisons » saisonnières ou dans les zones de remontée d'eau, quand les nutriments provenant des profondeurs de l'océan viennent nourrir des essaims de krill. Les baleines bleues

– non seulement les plus grandes à l'heure actuelle, mais aussi les plus grandes ayant jamais existé – sont des mysticètes. Elles sont l'aboutissement d'une tendance à long terme, débutée à la limite de l'Éocène et de l'Oligocène, et qui s'est poursuivie sans relâche jusqu'à aujourd'hui : l'apparition de baleines de plus en plus gigantesques. Cela diffère radicalement de l'histoire de l'évolution des mammifères terrestres, où, comme on l'a vu, les éléphants et les rhinocéros ont atteint leur taille maximale à la limite de l'Éocène et de l'Oligocène et n'ont jamais été plus grands depuis.

Cela voudrait-il dire que des léviathans plus massifs encore que les baleines bleues pourraient un jour voir le jour ? Ces mammifères de l'extrême pourraient-ils devenir encore plus extrêmes ? On peut en prendre le pari, sans grand risque de se tromper... Pour autant que les baleines bleues et leurs cousins mysticètes parviennent à traverser le tourbillon actuel de changements climatiques et environnementaux, à échapper à l'extinction, et à trouver suffisamment de plancton dans les océans du futur.



Nous, humains, sommes les héritiers d'une dynastie régnant sur la planète depuis près de 66 millions d'années : les mammifères. Notre lignée comprend des tigres à dents de sabre, des baleines à pattes, des éléphants gigantesques, des tatous de la taille d'une voiture, des ours des cavernes lourds comme trois grizzlis, et même d'autres types d'humains, comme les Néandertaliens.

L'humanité et tous les autres mammifères avec lesquels nous partageons la planète aujourd'hui ne sont en effet que les quelques survivants d'un arbre généalogique tentaculaire que le temps et les extinctions massives ont élagué. Comment en sommes-nous arrivés là ?

Avec la verve et l'enthousiasme qui ont fait de son précédent livre, *Le triomphe et la chute des dinosaures*, un succès mondial, Steve Brusatte reprend l'histoire où elle s'est arrêtée.

Il raconte les premières heures de notre lignée, il y a 325 millions d'années, et montre comment les mammifères se sont adaptés à l'ère des dinosaures avant de s'approprier le monde. Il nous immerge dans les écosystèmes disparus qu'ils ont occupé, raconte les périodes glaciaires, les catastrophes volcaniques et les extinctions massives qu'ils ont affronté et décrit les raisons à l'origine de leur succès.

Ce faisant, ce sont les aventures de femmes et d'hommes d'exception que nous découvrons, qui, d'hier à aujourd'hui, ont reconstitué cette épopée à l'aide d'indices fossiles et de technologies de pointe.

L'histoire fascinante et insoupçonnée que Steve Brusatte conte ici n'est nulle autre que la nôtre. Celle de notre monde et de nos origines, mais aussi celle de notre avenir.



STEVE BRUSATTE est paléontologue à l'université d'Édimbourg en Écosse et spécialiste de l'évolution des dinosaures. Il a parcouru le monde à la recherche de fossiles et nommé plus de 15 nouvelles espèces (dont le tyrannosaure Pinocchio rex); il est également l'auteur de travaux novateurs sur l'origine et l'extinction des dinosaures. Originaire d'Ottawa, dans l'Illinois, il est diplômé de l'université de Chicago, de l'université de Bristol et docteur de l'université de Columbia. En parallèle de son activité de recherche, il est consultant pour la BBC et la 20th Century Fox, et dirigera l'équipe de consultants scientifiques sur le prochain *Jurassic Park*.

24.50 €

ISBN 978-2-88915-554-5



9 782889 155545 >

quanto

www.editionsquanto.com

