

Un dinosaure normand relie les continents

Dryosaurus a traversé l'Europe pour passer d'Afrique en Amérique.

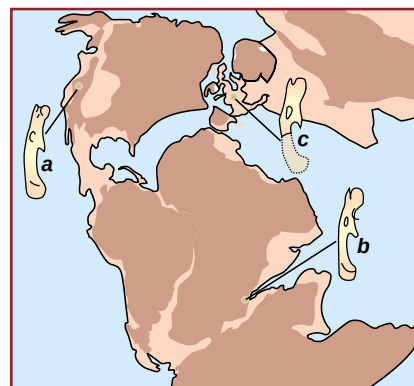
Depuis le XVIII^e siècle on connaît l'existence de reptiles fossiles dans les couches du Jurassique supérieur du Cap de la Hève, près du Havre ; le Muséum du Havre en posséda une grande collection – qui fut hélas détruite lors des bombardements de 1944. Les collections de fossiles du Cap de la Hève se reconstituent lentement, tant par les efforts du Muséum que par l'apport des paléontologues amateurs.

L'un d'entre eux, Emmanuel Cacheux, a découvert un petit fémur, peu spectaculaire mais d'un intérêt scientifique indéniable. Ce fémur a été trouvé dans les calcaires argileux du Kimmeridgien, étage du Jurassique supérieur daté de –146 à –141 millions d'années, qui constituent la base des imposantes falaises de la Hève. Ce fossile, dont son inventeur a fait don au Muséum du Havre, appartient à un petit dinosaure du groupe des ornithopodes, dont un des représentants les plus connus est sans doute *Iguanodon*, l'un des premiers dinosaures à avoir été décrits. Le fémur, par chance, est un os assez caractéristique chez les ornithopodes, et les caractères de ce fossile, notamment l'aspect des insertions musculaires sur l'os, permettent de l'attribuer au genre *Dryosaurus*. L'animal, beaucoup plus petit qu'*Iguanodon*, ne dépassait guère 2 à 3 mètres de longueur (l'animal du Havre, sans doute un juvénile, était plus petit encore), et se déplaçait principalement en position bipède. Le fémur du Cap de la Hève est le premier reste

vores provenant d'un des principaux gisements du Jurassique supérieur exploités par ses assistants, Como Bluff, dans le Wyoming. En 1894, il nomme *Dryosaurus*, le « reptile des chênes », l'un de ces animaux. *Dryosaurus altus* devient alors la première espèce, Nord-américaine, du genre *Dryosaurus*.

Au début du XX^e siècle, bien loin du Wyoming, les paléontologues du Muséum d'histoire naturelle de Berlin fouillent sur une grande échelle les gisements de dinosaures du Jurassique supérieur du Tendaguru, dans ce qui est alors l'Afrique orientale allemande (aujourd'hui la Tanzanie). Les fouilles prennent fin en 1912, mais ce n'est qu'après la Première Guerre mondiale, une fois l'Afrique orientale perdue pour l'Allemagne (mais pas pour les Anglais, qui y feront aussi des fouilles dans les années 1920), que l'étude scientifique des innombrables fossiles recueillis commence vraiment. Le paléontologue Virchow, en 1919, signale un petit dinosaure ornithopode du Tendaguru sous le nom de *Dysalotosaurus lettowvorbecki*. L'espèce est dédiée, ce n'est pas un hasard, au général Paul von Lettow-Vorbeck, qui pendant la guerre a commandé les troupes allemandes en Afrique orientale, et n'a déposé les armes qu'au début de 1919, après la fin de la guerre en Europe. À son retour à Berlin, il est non seulement accueilli en héros, mais on lui dédie un dinosaure... Ce dinosaure Est-africain ne sera finalement décrit en détail qu'en 1955 par Werner Janensch, le chef des expéditions allemandes au Tendaguru, après quelques péripéties, dont la moindre n'est pas le bombardement du Musée de Berlin pendant la Seconde Guerre mondiale.

En 1977, le paléontologue Peter Galton parvient à une conclusion surprenante, compte tenu de la grande distance qui sépare les sites du Wyoming de ceux de Tanzanie : il s'agit en fait d'un seul et même genre, qui doit prendre le nom de *Dryosaurus*, conformément aux règles de priorité de la



Le monde au Jurassique supérieur, il y a environ 145 millions d'années. *Dryosaurus* a été retrouvé dans l'Ouest américain (a), en Tanzanie (b) et depuis peu en Normandie (c). Il existait une voie de passage, l'Europe, entre l'Amérique du Nord et l'Afrique.

nomenclature zoologique. Au Kimmeridgien, il y a quelque 145 millions d'années, il existait donc une espèce de *Dryosaurus*, *Dryosaurus altus*, en Amérique du Nord, et une autre, assez similaire *Dryosaurus lettowvorbecki*, en Afrique. Comment expliquer ces similarités entre deux régions du Globe aujourd'hui bien éloignées, et séparées l'une de l'autre par l'océan Atlantique ?

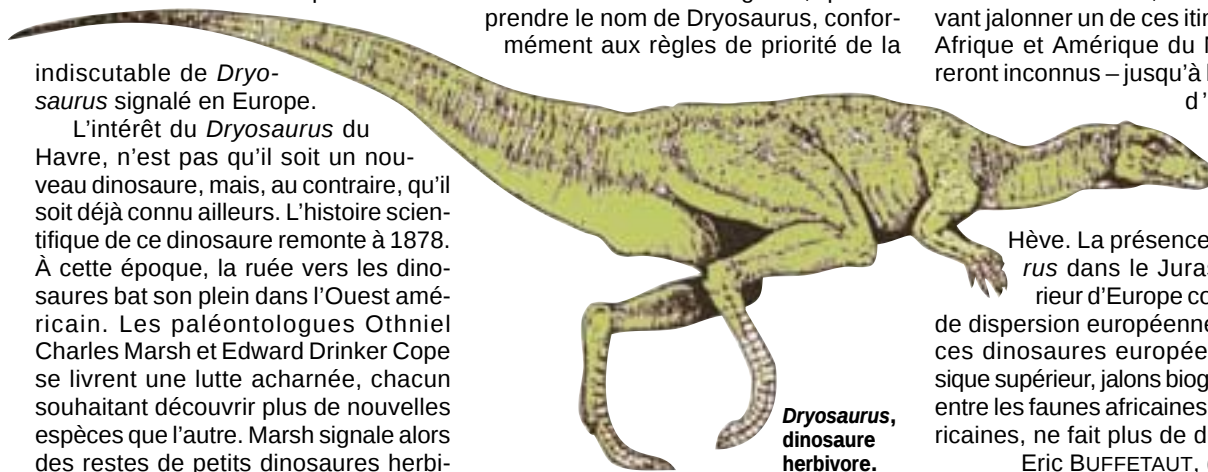
On sait qu'au Jurassique supérieur l'océan Atlantique commençait à s'ouvrir. L'Afrique et l'Amérique du Nord n'étaient déjà plus en contact direct, mais il devait y avoir des communications possibles entre ces deux continents via d'autres régions émergées. *Dryosaurus* n'est d'ailleurs pas le seul dinosaure à être connu à la fois dans l'Ouest américain et en Afrique orientale à cette époque : l'énorme sauropode *Brachiosaurus* présente la même répartition géographique. Galton envisage deux voies de passage possibles pour *Dryosaurus* entre l'Amérique du Nord et l'Afrique, qui n'obligent qu'à des traversées de bras de mer limitées : soit via l'Amérique du Sud, soit via l'Europe.

Pendant 20 ans, les fossiles pouvant jalonnier un de ces itinéraires entre Afrique et Amérique du Nord demeureront inconnus – jusqu'à la découverte d'Emmanuel

Cacheux dans les falaises du Cap de la

Hève. La présence de *Dryosaurus* dans le Jurassique supérieur d'Europe confirme la voie de dispersion européenne. L'intérêt de ces dinosaures européens du Jurassique supérieur, jalons biogéographiques entre les faunes africaines et Nord-américaines, ne fait plus de doute.

Eric BUFFETAUT, (CNRS, Paris)



indiscutable de *Dryosaurus* signalé en Europe.

L'intérêt du *Dryosaurus* du Havre, n'est pas qu'il soit un nouveau dinosaure, mais, au contraire, qu'il soit déjà connu ailleurs. L'histoire scientifique de ce dinosaure remonte à 1878. À cette époque, la ruée vers les dinosaures bat son plein dans l'Ouest américain. Les paléontologues Othniel Charles Marsh et Edward Drinker Cope se livrent une lutte acharnée, chacun souhaitant découvrir plus de nouvelles espèces que l'autre. Marsh signale alors des restes de petits dinosaures herbi-

Nids dateurs

Comment dater les œuvres rupestres gravées ou peintes avec des pigments minéraux? Les évaluations stylistiques sont imprécises et toujours relatives. Une équipe d'archéologues a évalué les âges de deux nids de guêpes fixés sur deux peintures murales de la région du Kimberley du Nord, en Australie, en mesurant depuis combien de temps le sable qu'ils contiennent était à l'abri de la lumière solaire. Résultats : 17 500 et 16 550 ans. Les peintures sont au moins aussi vieilles. Les nids de guêpes fossiles sont, de plus, un matériau de choix pour les archéologues : ils contiennent des pollens fossiles, dont l'étude renseigne sur les climat passés.

Anti-rhume social

Faites-vous des relations : vous éviterez les rhumes. Selon une équipe de l'Université Carnegie Mellon, les personnes ayant le plus de relations sociales résistent le mieux aux virus du rhume et le disséminent moins. La diversité des types de relations (familiales, amicales, professionnelles...) est plus déterminante que le nombre de personnes rencontrées. D'autres études avaient déjà montré qu'un réseau de relations étendu et diversifié augmente l'espérance de vie.

Colle à la peau

Les agrafes utilisées en chirurgie légère seront bientôt périmées. Un essai clinique a montré que l'octyl-cyanoacrylate était une colle de choix pour les tissus animaux. Les chairs ainsi raboutées s'infectent moins facilement et leur aspect est grandement amélioré. La colle est éliminée par la cicatrisation.

Un cofacteur du VIH

Le VIH a besoin d'auxiliaires pour pénétrer dans les cellules qu'il infecte. Il y a quelques mois, on a découvert une des serrures nécessaires, un récepteur des chémokines. Marc Alizon, à l'Institut Cochin et Michel Seman à l'Université Paris 7, en ont identifié une autre : une protéine synthétisée par le cytomégalo virus, un membre de la famille des herpès virus, que l'on soupçonne depuis longtemps d'être un cofacteur du VIH. Cette protéine, nommée US28, favoriserait l'infection des cellules où le VIH ne parvient normalement pas à pénétrer. Toutefois ces résultats ont été obtenus sur des cultures de cellules et on ignore si cette protéine joue le même rôle *in vivo*.

La composition de la Terre

La Terre s'est formée par accréation de météorites particulières.

Tous les géophysiciens admettent aujourd'hui que la Terre s'est formée par agrégation de petits corps célestes, les planétoïdes. Les planétoïdes qui sont restés libres sont les météorites dont certaines frappent la Terre. Pour connaître la nature de la Terre initiale, les météorites sont donc des matériaux de choix. En se fondant sur des similitudes de composition isotopique, Marc Javoy et François Guyot de l'Institut de physique du Globe de Paris et de l'Université Paris 7 ont montré que la Terre se serait formée à partir de météorites particulières, les chondrites à enstatite. Dans ce modèle, du silicium aurait été incorporé en grande quantité dans le noyau de la Terre durant sa formation. Les expériences de physique des hautes pressions corroborent cette hypothèse.

Dans la recherche des météorites ressemblant à la Terre, les géophysiciens sont gênés par la différenciation de cette dernière en un noyau, un manteau et une croûte : la Terre, au contraire des météorites, est une planète dont la composition superficielle diffère de la composition moyenne. Pourtant, certaines propriétés sont conservées lors des phénomènes de différenciation, notamment la répartition des isotopes de l'oxygène. D'où un moyen d'identification.

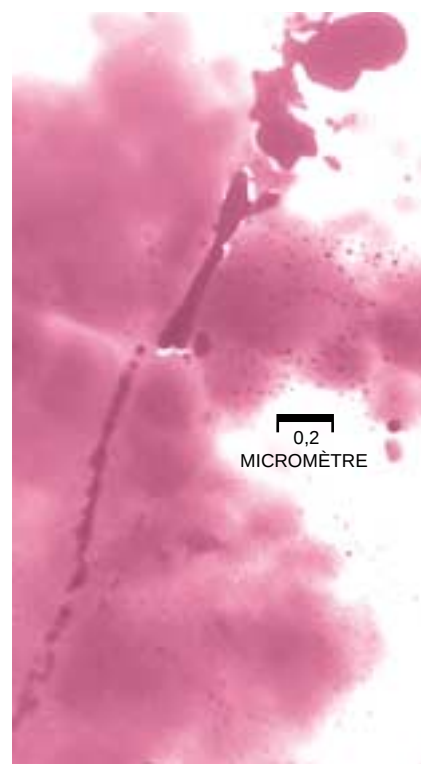
Quelles sont les météorites dont la composition isotopique de l'oxygène est proche de celle du manteau terrestre? Uniquement les chondrites à enstatite. Mélanges d'alliage de fer et de nickel, de pyroxène enstatite (un silicate de magnésium), de sulfures et de silice, ces météorites ont une composition isotopique de l'oxygène qui est, à 0,1 pour cent près, celle des roches du manteau terrestre et de la Lune. L'oxygène représentant la moitié des atomes constituant la Terre, la parenté semble indiscutable.

Toutefois, les chondrites à enstatite ont une composition chimique très différente de celle du manteau supérieur, l'enveloppe «visible» de la Terre : il faudrait donc que la composition des enveloppes cachées (manteau inférieur, noyau) soit distincte des estimations classiques. Le manteau inférieur devrait être plus riche en silicium et en fer, plus

pauvre en calcium que le manteau supérieur. De surcroît, le noyau devrait contenir plus de silicium que dans les modèles classiques. Comment cette ségrégation a-t-elle pu s'effectuer?

En mesurant le volume d'un alliage fer-silicium sous haute pression et à haute température, les chercheurs ont montré que la compression d'un mélange de silicates et de fer dissout le silicium dans le fer. Cette réaction chimique est maximale à une pression de 15 milliards de pascals (150 000 atmosphères), pression atteinte à 450 kilomètres de profondeur dans la Terre. Toutefois, au-dessus de 24 milliards de pascals (240 000 atmosphères), les silicates adoptent une structure différente, ce qui stabilise le silicium sous forme de silicate et inverse le transfert.

Lors de la formation de la Terre, la pression augmenta avec le rayon de matière accrétée. Dans les régions où la pression était proche de 15 milliards de pascals, du silicium, mais aussi du soufre et de l'oxygène, s'incorporèrent au métal en train de migrer vers le centre. Durant cette migration, le métal a été soumis à de très haute pres-



La composition chimique des météorites qui ont formé la Terre est différente de celle du noyau terrestre, différence résultant de la ségrégation. En particulier, le noyau terrestre s'est enrichi en silicium, ce que confirment les analyses de la veine métallique (sombre), observée par microscopie électronique en transmission, d'échantillons de silicate et de métal, traités à haute pression et à haute température.

sion et une partie du silicium est alors retourné dans les silicates. Cependant, au total, le métal s'est enrichi en silicium : alors qu'il comprenait jusqu'à 17 pour cent de silicium à la pression d'incorporation maximale, il en contient encore neuf pour cent lorsqu'il est au

centre, dans le noyau. Ce modèle de formation rend inutile des scénarios de formation de la Terre où plusieurs types de matériaux auraient été successivement accrétés : la proto-Terre reçoit toujours le même matériau primitif et la différenciation des enveloppes

se fait, au cours de la formation, par des réactions chimiques qui évoluent en fonction de la pression et de la température. Cependant, vers la fin de l'accrétion, des comètes ont dû tomber pour expliquer la formation de l'atmosphère et des océans.

Protéger les plages

L'ensablement est plus efficace que les enrochements.

L'érosion des plages menace les activités touristiques associées au littoral. Des deux remèdes couramment employés, la mise en place d'enrochements et l'alimentation artificielle en sédiments, le second, peu pratiqué en France, est pourtant le plus efficace.

Dans notre pays, les enrochements placés sur le haut des plages, parallèlement au rivage, ont toujours la faveur des services techniques de l'État et des collectivités locales. Ils protègent les aménagements de bord de mer, mais ils accélèrent l'érosion : d'abord, ils isolent les plages d'une réserve de sable, les dunes qui les bordent ; ensuite ils renforcent le pouvoir érosif des vagues, qui déferlent sur un obstacle au lieu de perdre progressivement leur énergie sur le plan incliné de la plage. À Oahu, une des îles Hawaïi, la plage de Mokuleia est large de seulement 13 mètre là où elle est bordée d'enrochements, contre 27 mètres là où elle ne l'est pas.

Les enrochements dénaturent les rivages, mais surtout ils ne remédient pas à la cause fondamentale de l'érosion des plages, une carence en sédiments. L'alimentation artificielle en sédiments, au contraire, corrige cette carence. Elle maintient des plages larges qui, tout en conservant leur aspect de nature, mettent les aménagements de bord de mer hors de l'atteinte des vagues et peuvent accueillir des activités balnéaires. Aux États-Unis, depuis le début des années 1950, plus de 650 kilomètres linéaires de plage, surtout sur le littoral atlantique, ont été ainsi rechargés. Aux Pays-Bas, où le gouvernement a décidé le maintien de la ligne de côte sur la position qu'elle occupait en 1990, l'alimentation artificielle en sédiments est la seule méthode utilisée : on y déplace cinq à sept millions de mètres cubes de sable par an.

On extrait le plus souvent les sédiments de gisements sous-marins proches de la plage à reconstituer : leur nature, en particulier leur granulométrie, a toute chance d'être similaire à celle des sédi-

ments déjà en place. Le transport est aussi simplifié : on peut aspirer le sable par une drague flottante et le refouler sur les plages par une conduite immergée. Les prélèvements doivent être faits à des profondeurs suffisantes, en général à plus de 20 mètres, pour que les granulats ne participent pas aux mouvements sédimentaires littoraux.

Quelle est la longévité des rechargements ainsi opérés ? Sur la côte orientale des États-Unis, la moitié du volume de matériaux apportés sur la partie émergée de la plage a disparu en moins d'un an dans 26 pour cent des cas, en un à cinq ans dans 62 pour cent des cas et en plus de cinq ans dans 12 pour cent des cas. Ces durées dépendent des caractéristiques des sédiments utilisés, de la longueur du rivage alimenté, de la période de l'année pendant laquelle l'opération est effectuée.

Les plages de fond de baie, bien délimitées par des promontoires rocheux qui réduisent les fuites latérales de sédiments, se prêtent bien à des rechargements de longue durée. Ainsi, la plage de Cannes, alimentée artificiellement en sable dans les années 1960, a nécessité ensuite peu d'entretien. Inversement, la longue côte d'Aquitaine fortement érodée, frappée par de grosses houles du Nord-Ouest qui engendrent une dérive littorale puissante vers le Sud, convient mal à des réensablements.

Le coût de l'alimentation artificielle des plages en sédiments est souvent mis en avant par ceux qui lui préfèrent les enrochements. À Châte-

laillon, en Charente-Maritime, le mètre linéaire traité est revenu à environ 16 700 francs, tandis que le prix moyen d'un enrochement est de 5 000 à 7 000 francs pour la même longueur. Le surcoût est tempéré par la plus grande valeur touristique d'une large plage à l'aspect naturel, attractive pour le public. De plus, si les coûts de réalimentation sont importants, ne faut-il pas les analyser en valeur relative ? Aux Pays-Bas, le coût annuel de l'entretien d'un kilomètre de plage rechargée est inférieur à celui de la maintenance d'un kilomètre d'autoroute.

Roland PASKOFF,
Université Lumière, Lyon



La plage de Châtelailon, en Charente-Maritime, a été reconstituée par l'apport de 300 000 mètres cubes de sable entre 1989 et 1991. La construction de digues et d'épis entreprise dès la fin du XIX^e siècle n'avait pas empêché son érosion. Les courants littoraux ont partiellement déplacé vers le Sud (en bas) le sable apporté sur la zone centrale.

Éditions Pierron - Sarreguemines