

Quand la Manche était un fleuve

La Manche n'a pas toujours été un bras de mer. Durant le dernier million d'années, voire avant, elle a le plus souvent ressemblé à une grande plaine sillonnée de multiples rivières.

Gilles Lericolais

Ce matin-là, le réveil d'Inutavunga fut rude. Dans l'abri où il s'était installé pour la nuit, sur ce qui allait devenir l'île de la Manche d'Alderney, la température avait chuté. Cependant, ce n'était pas le froid – fréquent en été – qui le gênait, mais la neige. Il avait beau scruter la vaste plaine gelée qui s'étendait devant lui, il n'apercevait plus le troupeau. Pourtant, la veille, les rennes paissaient sur la toundra qui borde le Grand fleuve, et ne semblaient pas sur le départ. La neige sans doute... Comment les retrouver? C'est en scrutant les abords du Grand fleuve qu'il en vint à se demander ce qu'il y avait au-delà...

Un fleuve géant

Cela s'est peut-être passé, il y a 20 000 ans dans la Manche. La Terre connaissait alors un maximum glaciaire, et d'énormes calottes de glace recouvraient la Scandinavie, la mer du Nord, la moitié de l'Angleterre et l'Irlande. Cinquante millions de kilomètres cubes de glace écrasaient l'hémisphère Nord, ce qui libérait des eaux de fonte drainées par de grands fleuves vers l'océan, situé 120 mètres sous son niveau actuel. L'un de ces grands fleuves – le plus puissant d'Europe – se trouvait dans la grande plaine périglaciaire qui constitue aujourd'hui la Manche. Ce fleuve est peu connu, et c'est seulement dans les années 1980 que Jean-Paul Auffret, de l'Université de Caen, en a réalisé la première cartographie. Racontons son histoire géologique, du moins telle qu'il est possible de la reconstituer aujourd'hui.

Ce fleuve géant, les géologues le nomment le fleuve Manche, mais on pourrait aussi le nommer « fleuve de l'Ouest », car il est le premier de la série de grands cours d'eau qui constituent le système de drainage des Alpes et de l'immense calotte glaciaire qui recouvre le Nord du continent eurasiatique tous les... 100 000 ans environ (le fleuve Manche, le Danube, le Don, la Volga, etc.). Ainsi, la Manche a périodiquement convoyé une grande partie des eaux de l'Europe occidentale, puisqu'il lui est arrivé

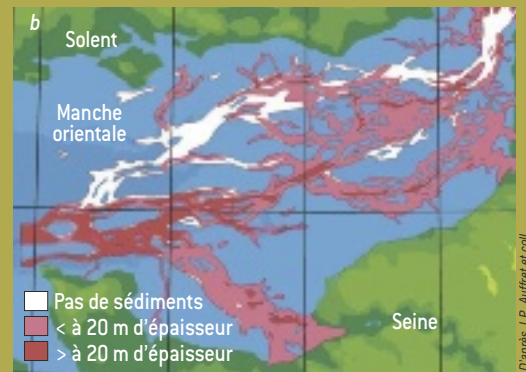
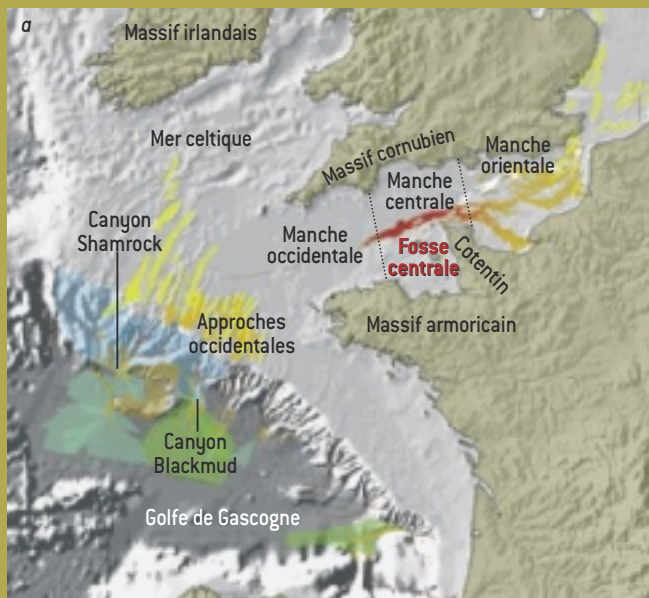
Bruno Bourgeois



Angleterre

France

1. Le fleuve Manche tel qu'il fut sans doute à l'apogée de l'une des neuf grandes glaciations qui se sont produites au cours du dernier million d'années. Il y a 20 000 ans, par exemple, la région de la Manche était une vaste plaine périglaciaire, où serpentaient de nombreuses rivières à cours lent, qui sont les fleuves que nous connaissons aujourd'hui. La Manche redevenait un bras de mer au moment des déglaciations, qui font remonter le niveau marin.



2. Le paysage sous-marin de la Manche (a) comporte trois régions : la Manche occidentale face à l'Atlantique ; la Manche centrale, où se trouve la Fosse centrale ; la Manche orientale, caractérisée par un fourmillement de paléochenaux (b). Cette fosse et ces chenaux ont été encombrés de sédiments par les cours d'eau, qui après chaque glaciation, coulent de nouveau au fond de la Manche (en c, la terminaison occidentale de la Fosse centrale, cartographiée par bathymétrie, une technique de mesure des profondeurs).

D'après J. P. Auffret et coll., Ann. de l'Institut Océanographique, V. 56, p. 21-35.

de rassembler celles de la Seine, de la Somme, de la Solent (Angleterre) et sans doute de la Tamise, du Rhin, de la Weser, de l'Elbe. Comme la Scandinavie et une grande partie des îles britanniques étaient recouvertes de glace quand cela s'est produit, le Nord de la France connaissait alors un climat périglaciaire. De l'autre côté de l'Atlantique, une calotte glaciaire encore plus vaste, l'inlandsis des Laurentides, recouvrait les territoires des États-Unis et du Canada actuels, jusqu'à la latitude des Grands Lacs. On pense qu'au Nord de la Sibérie, un autre inlandsis s'étendait aussi sur les actuelles mers de Barents et de Kara.

La dernière déglaciation s'est amorcée il y a 20 000 ans, et s'est accélérée il y a environ 15 000 ans. Le processus n'a rien eu de régulier : il comprenait des périodes de débâcle accélérée, de stagnation, des refroidissements de plusieurs siècles, etc. Pour finir, l'inlandsis scandinave aurait disparu il y a 8 000 ans, et celui des Laurentides il y a 7 000 ans seulement. En tout, l'ensemble du dernier cycle glaciaire a duré 100 000 ans, et nous comprenons assez bien son déroulement. Des cycles de glaciation-déglaciation comparables et de même durée se sont succédé tous les 100 000 ans depuis 900 000 ans environ.

À chaque fois, le premier effet de la déglaciation est de décharger la croûte terrestre des régions portant les calottes de glace, ce qui provoque la remontée de cette croûte (un phénomène nommé rebond isostatique). Le second est de faire monter le niveau de la mer (un phénomène nommé glacio-eustatisme), et par conséquent de faire disparaître le fleuve Manche pour un certain temps. Pour comprendre comment est apparu ce grand fleuve et comment il se réinstalle régulièrement en Manche, il faut aller loin dans le passé.

Commençons toutefois par camper le paysage. Lorsqu'on a compris qu'au moment des glaciations, le niveau de la mer se retire jusqu'au rebord du plateau continental et que la mer quitte la Manche, il paraît simple de prendre son crayon bleu et de dessiner des cours d'eau qui partent de l'embou-

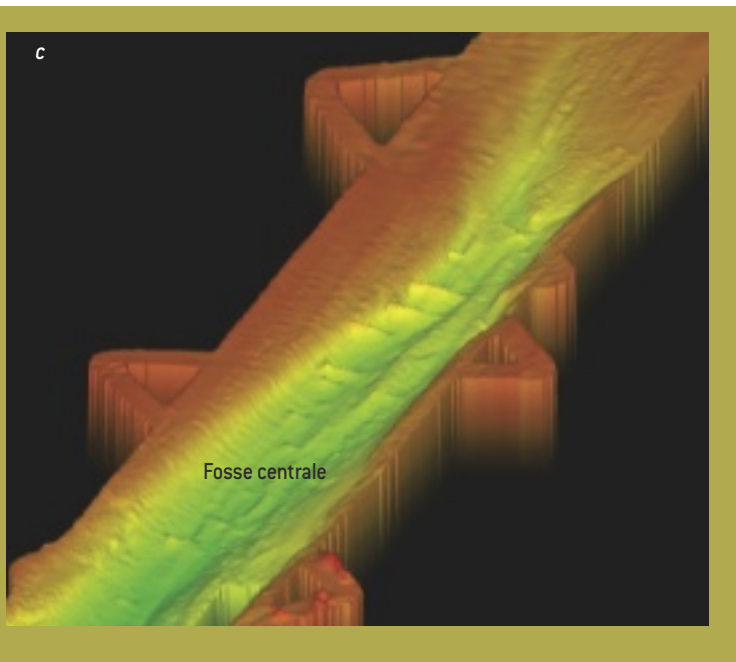
chure actuelle de chaque grand fleuve (Seine, Somme, Tamise, Rhin, etc.) et s'unissent en Manche pour former un seul grand fleuve rejoignant l'ancien rivage situé aujourd'hui à -120 mètres de profondeur. Toutefois, la cartographie réelle de cet ancien cours d'eau est plus étrange : elle fourmille d'anciens chenaux dans la partie haute, tandis que la partie basse, celle qui va de la ligne reliant les extrémités de la Bretagne et de Cornouaille jusqu'aux approches occidentales, en est complètement dépourvue, sauf sur l'extrême bord du plateau continental. On peut donc diviser le système Manche en trois parties : la Manche orientale, la Manche centrale et la Manche occidentale (voir la figure 2a).

La Manche orientale présente un tracé dense, mais cohérent, de grandes paléovallées toutes connectées aux fleuves actuels ; à l'exception d'une vallée vide – la vallée septentrionale – qui, à la différence des autres, ne présente pas de remplissage alluvial et dont l'origine reste inexplicquée.

Un delta sur le rebord du continent

En Manche centrale, l'ensemble de ces paléovallées se rejoint dans une étrange fosse : le *Hurd Deep* des Anglais, que nous nommons en France la Fosse centrale (voir la figure 2a). Cas particulier en Manche, cette vallée est limitée par des reliefs de failles et se caractérise par un remplissage sédimentaire important, puisqu'il a plus de 170 mètres d'épaisseur. L'origine d'une telle structure ne saurait être seulement fluvio-marine : elle est aussi tectonique.

Étonnamment, la Manche occidentale ne semble avoir gardé aucune trace de vallée. Son fond assez plat est recouvert d'une mince couche sédimentaire, toujours mobile. Il faut aller jusqu'au rebord de la plateforme continentale, au niveau des grands bancs de la mer Celtique, pour retrouver des traces du fleuve sous la forme de paléovallées enfouies sous les grands bancs sableux de la mer Celtique. Ces structures ressemblent aux dépôts sédimentaires que l'on rencontre dans les deltas soumis à une forte influence des marées,



comme dans la baie de Somme ou dans celle de la Seine. Ils témoignent de la mise en place d'un delta ou d'un estuaire chaque fois que le niveau marin baissait de plus de 100 mètres.

Le paysage étant campé, quelle est son histoire ? Pour répondre à cette question, il faudrait résoudre un problème de sédimentologie, c'est-à-dire déterminer les âges et les profondeurs des sédiments dans les principaux chenaux fossiles du fleuve Manche. Cela n'a pas été fait, mais une reconnaissance des chenaux fossiles à l'aide de sondeurs bathymétriques se poursuit depuis les années 1970. Ces sonars multifaisceaux, embarqués à bord de navires océanographiques, émettent des ondes acoustiques vers le fond et mesurent les temps d'aller-retour afin de déterminer la profondeur (voir la figure 2c). Méthode utilisée aussi dans la Manche, la « sismique réflexion » exploite la réflexion des ondes acoustiques aux interfaces entre niveaux géologiques, ce qui livre par exemple le nombre des niveaux sédimentaires, leurs profondeurs et leurs épaisseurs. Malheureusement, les données bathymétriques et de sismique réflexion dont nous disposons ont été obtenues dans des zones de petites dimensions par rapport à l'étendue du fleuve Manche. Elles suffisent cependant pour étudier le réseau de vallées préservées sur le fond de la mer et pour

rechercher l'origine des nombreux chenaux comblés ou non de sédiments. Ces données morphologiques mises à part, nous n'avons pas assez d'éléments pour estimer les paramètres hydrologiques, à commencer par le débit du fleuve, que nous aimerions comparer aux débits des fleuves actuels d'Europe occidentale. Combien de fleuves faut-il prendre en compte pour approcher le débit du fleuve Manche ? En l'absence de forages pénétrant au moins de 100 mètres dans les sédiments de la Fosse centrale, nous ne pouvons que formuler des hypothèses.

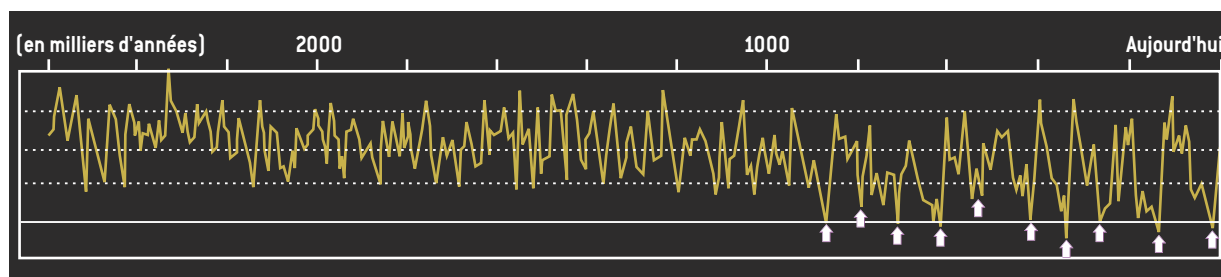
Un fait certain, cependant, est qu'entre 70 et 30 millions d'années, des carbonates de calcium précipitaient au fond de la mer peu profonde occupant la région de la Manche. Ils ont formé la craie du fond de la Manche et des belles falaises blanches qui la bordent. Au Tertiaire moyen, c'est-à-dire entre 65 et 24 millions d'années, divers mouvements tectoniques ont comprimé cette vieille couverture sédimentaire crétacée, et y ont créé des lignes de failles (voir la figure 4a). Ce qui a donné la Fosse centrale.

Plus précisément, d'après les données sismiques obtenues dans le cadre de l'exploration pétrolière, les fondations du système de drainage de la Manche seraient apparues entre la fin de l'Oligocène (36 à 23 millions d'années) et le début du Miocène (23 à 5 millions d'années), donc il y a quelque 23 millions d'années. Cette période correspond à un événement géologique particulier : la fin de la surrection de la barrière Weald-Artois. Cette élévation du terrain crayeux constituant le substrat de la Manche a formé un barrage en travers de la Manche orientale, et a obstrué l'accès à la mer du Nord (voir la figure 4b).

L'histoire débute par une barrière

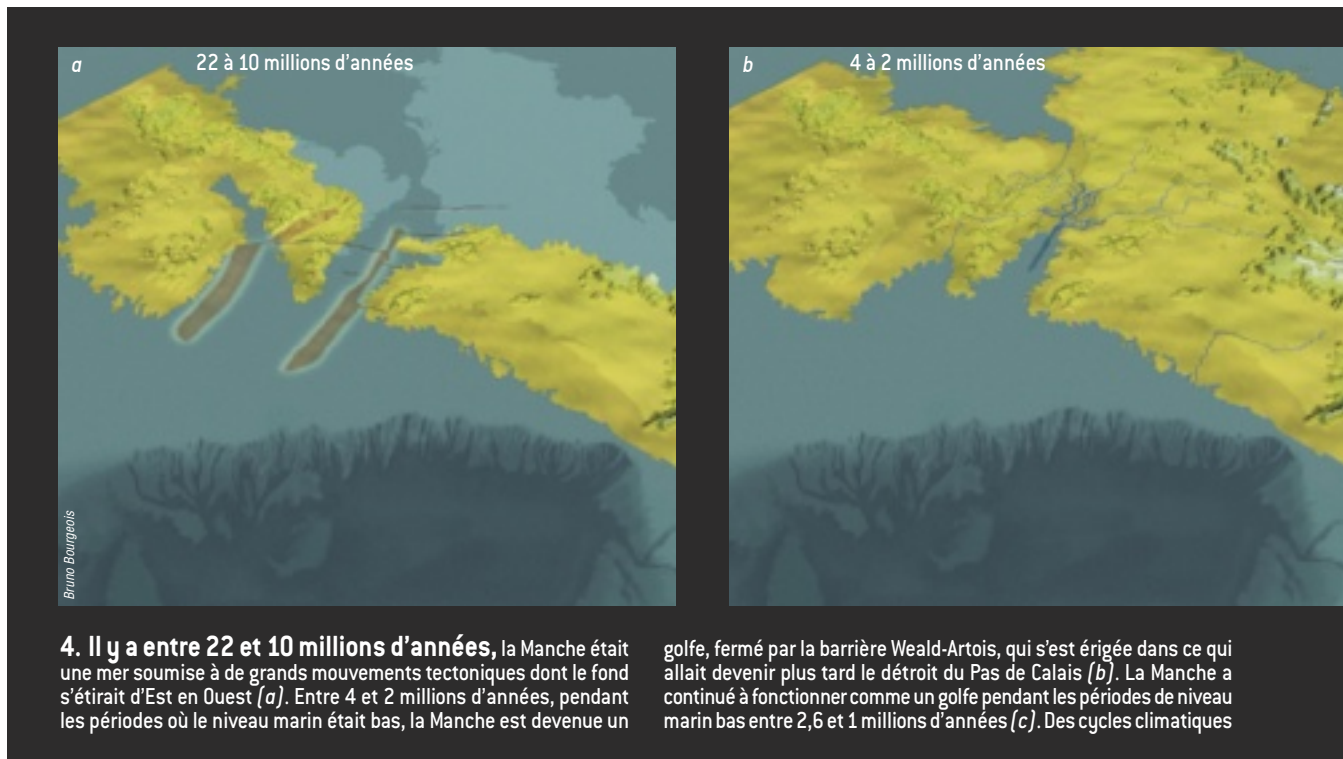
La formation de la barrière Weald-Artois marque le début de l'histoire du fleuve Manche, puisqu'elle est concomitante de la continentalisation des bassins sédimentaires marins de Paris et de Londres, c'est-à-dire du moment où ces bassins ont été intégrés à l'Europe émergée. Ces deux grandes régions sont alors exondées (asséchées), et deviennent des bassins-versants du fleuve Manche. Celui-ci commence à établir son cours en Manche orientale, où il recueille principalement les eaux de la Seine, de la Loire, de la Solent (en Angleterre) et peut-être d'une proto-Tamise (on ignore de quel côté de la barrière de Weald-Artois se jetait alors la Tamise).

Entre 23 et 2 millions d'années, la Manche occidentale fonctionne en permanence comme un golfe (voir la figure 4b).



3. Les grandes glaciations apparaissent de façon récurrente il y a 2,6 millions d'années environ, reflétées par le niveau marin que l'on déduit de l'étude des sédiments marins. Les niveaux les plus bas correspondent aux maxima glaciaires, les plus hauts aux périodes inter-

glaciaires. On constate que l'amplitude des glaciations a augmenté il y a 900 000 ans, quand ont commencé à se succéder des cycles climatiques de 100 000 ans (*flèches*). Le dernier maximum glaciaire s'est produit il y a 20 000 ans.



4. Il y a entre 22 et 10 millions d'années, la Manche était une mer soumise à de grands mouvements tectoniques dont le fond s'étirait d'Est en Ouest (a). Entre 4 et 2 millions d'années, pendant les périodes où le niveau marin était bas, la Manche est devenue un

golfe, fermé par la barrière Weald-Artois, qui s'est érigée dans ce qui allait devenir plus tard le détroit du Pas de Calais (b). La Manche a continué à fonctionner comme un golfe pendant les périodes de niveau marin bas entre 2,6 et 1 millions d'années (c). Des cycles climatiques

Quand, au cours d'une glaciation, la Manche s'assèche, elle ne le fait que dans ses parties orientale et centrale, mais pas en Manche occidentale. Le fleuve Manche se jette alors dans la Fosse Centrale devenue un lac, qui a pu épisodiquement communiquer avec l'Atlantique. Au moment de la crise messinienne – une baisse importante du niveau marin qui, il y a entre cinq et six millions d'années, a asséché la Méditerranée –, le fleuve a sans doute dépassé la Fosse. Comme l'a montré Jean-François Bourillet, de l'IFREMER, le fleuve se jetait à cette époque dans l'Atlantique au niveau du rebord de pente des canyons Shamrock et Black-Mud (voir la figure 2a).

Cycles glaciaires de 100 000 ans

Les glaciations, qui jouent un rôle si central dans l'histoire de la Manche, ne se sont pas toujours produites. Le phénomène serait apparu il y a 30 millions d'années, mais sous une forme mineure. De véritables glaciations accompagnées de calottes sur tout l'hémisphère Nord n'apparaîtront qu'il y a 2,6 millions d'années, accompagnées des premières grandes variations du niveau océanique. Entre 2,6 et 1 millions d'années, la périodicité des glaciations était de 40 000 ans, et le niveau marin ne descendait que d'une cinquantaine de mètres, de sorte que seule la Manche orientale était découverte (voir les figures 3 et 4c).

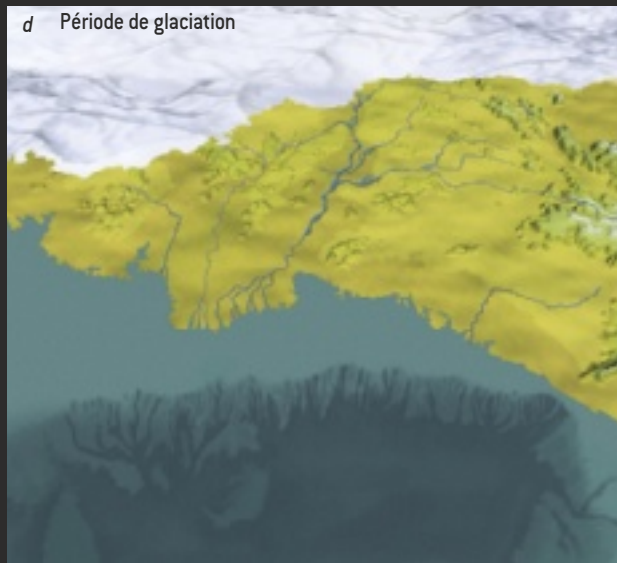
Trois paramètres astronomiques contrôlent le niveau d'ensoleillement de la Terre et, par là, les entrées en glaciation : l'excentricité de l'orbite terrestre (plus ou moins elliptique), l'obliquité terrestre (l'inclinaison de l'axe de la Terre sur le plan de son orbite) et la précession des équinoxes (rotation de l'axe terrestre autour de la perpendiculaire au plan de l'orbite). L'obliquité terrestre variant selon

un cycle qui dure environ 40 000 ans, c'est probablement ce paramètre qui a imposé le rythme des glaciations entre 2,6 et 1 millions d'années.

Il y a environ 900 000 ans, une révolution géologique se produit : les cycles glaciaires gagnent nettement en amplitude, et adoptent un rythme de 100 000 ans (voir la figure 3). Est-ce parce que l'influence de l'excentricité terrestre, avec son cycle de 100 000 ans, devient prépondérante ? Quoi qu'il en soit, des glaciations nettement plus froides sont désormais séparées par des périodes interglaciaires beaucoup plus chaudes. Au maximum de chaque glaciation, le niveau marin chute beaucoup plus – au-delà de 100 mètres sous son niveau le plus élevé – de sorte que la Manche se découvre jusqu'au rebord de la plateforme continentale.

Lors de chaque grande déglaciation, le système fluvial s'active. Les fleuves secondaires ondulent au fond de la Manche avant de rejoindre le cours d'eau principal, lequel se jette dans la Fosse centrale (voir les figures 1 et 4d). Soulignons qu'il se peut fort bien que l'un des méandres creusés face à la Somme ou à la Solent lors d'une déglaciation soit remplacé par un autre lors de la déglaciation suivante. C'est sans doute ce qui explique la complexité du réseau fossile révélé par la sismique réflexion en Manche orientale. Pour rendre compte des nombreuses phases de sédimentation ainsi révélées et confirmées par les quelques carottages disponibles, un processus puissant et périodique doit nécessairement intervenir : une gigantesque débâcle déclenchée tous les 100 000 ans par la fonte des épaisses calottes de glace couvrant la mer du Nord et le Nord de l'Europe occidentale, et le retour régulier mais violent de l'Atlantique en Manche.

Malgré la rareté des (probables) restes de delta fossile en Manche occidentale, il est vraisemblable que pendant ces grandes périodes de baisse du niveau marin, le fleuve Manche



de 40 000 ans dominaient alors les allées et venues de l'Atlantique dans le golfe de la Manche. Ces cycles ont adopté un rythme de 100 000 ans il y a environ 900 000 ans. De plus leur amplitude a augmenté, ce qui a renforcé la fonte des glaces, le ruissellement et

l'érosion. La conformation probable de la région de la Manche pendant une période de bas niveau marin [d] suggère que le fleuve Manche débouchait probablement avec d'autres fleuves dans la fosse atlantique parallèlement à ce qui allait devenir la Cornouaille anglaise.

atteignait les approches occidentales, et que son embouchure s'y installait (voir la figure 1). Parmi les dix dernières glaciations, cinq, dont la dernière, eurent assez d'ampleur pour assécher complètement le « pays de la Manche ». Lorsque les eaux de l'Atlantique baissaient de plus de 100 mètres, cette partie de la plaque continentale européenne qui reliait la France à l'Angleterre se découvrait alors et les eaux de fonte ruisselantes sur un sol gelé se retrouvaient dans la Seine, la Somme, le Rhin, la Tamise, etc., puis pour tout ou partie dans le fleuve Manche. Celui-ci se jetait dans un lac géant situé dans la partie centrale de la Manche (la Fosse centrale), avant de déborder et d'aller paresseusement rejoindre l'Atlantique.

La Fosse centrale, un lac tampon

Même s'il était paresseux, un cours d'eau de l'importance du fleuve Manche aurait dû laisser plus de traces en Manche occidentale. Pourquoi n'est-ce pas le cas ? Plusieurs facteurs l'expliquent. Le premier est l'existence de la Fosse centrale : ce grand lac tampon recueillait les eaux vives des débâcles, les privait de l'essentiel de leur énergie et donc de leur pouvoir d'érosion, avant de les relâcher sur la plateine occidentale.

Or, et c'est le deuxième facteur, cette plaine était gelée, et l'on sait que le permafrost (sol gelé) est fragile et par suite résiste peu à une forte érosion, ce qui était le cas lorsque l'Atlantique et ses fortes vagues revenaient. Le fait que la puissante houle de cet océan soit en mesure de raboter le plateau continental est attesté par plusieurs exemples : face à la Gironde, mais aussi à la Loire et à la Charente, les incisions fluviales du plateau disparaissent complètement à partir de 60 mètres de profondeur, pour laisser place à un fond sous-marin lisse.

En résumé, les bouleversements tectoniques qui se sont produits en Manche ont été prépondérants dans la formation du grand système fluvial qu'a été la Manche. Il y a 2,6 millions d'années, une sorte de gigantesque marée revenant tous les 40 000 ans, puis tous les 100 000 ans, s'est enclenchée. Elle a libéré périodiquement la Manche des eaux marines, mais l'a soumise au ravinement fluvial, et à celui des vagues et des marées à chaque retour de l'Atlantique.

L'histoire paraît plausible. Mais elle est si sommaire que l'on peut se demander si elle explique vraiment le paysage décrit plus haut. L'existence du fleuve Manche est-elle même avérée ? L'absence de cicatrices sur toute la Manche occidentale (ou sur la plus grande partie) a longtemps laissé bon nombre de géologues et de géographes sceptiques. Ainsi, Alec James Smith, de l'Université de Londres, émit en 1985 l'hypothèse que les nombreux chenaux observés au fond de la Manche orientale résulteraient du débordement catastrophique d'un barrage rempli d'eau de fonte situé au niveau du Pas de Calais. Nous n'y croyons pas : certains des nombreux paléochenaux de la Manche orientale présentent trop de méandres pour qu'ils soient dus à un événement unique. Ils résultent plutôt de la répétition de cycles de sédimentation pendant lesquels les fleuves creusaient le socle crayeux, avant le retour de la mer et avec elle du ravinement dû aux marées.

Comment, sinon, expliquer la complexité du système fluvial de la Manche orientale et de son remplissage sédimentaire ? Soulignons en effet la diversité du remplissage des trois paléovallées confluentes du fleuve Manche (voir la figure 2b). On constate que la vallée septentrionale est dépourvue de sédiments, ce qui suggère qu'elle a drainé lors de chaque glaciation une région glaciaire dont les eaux de fonte



François Swartier

5. Les falaises de craie blanche (ici à Ault dans la Somme) sont typiques de la Manche orientale et, en France, de la Manche centrale. Elles seraient un vestige de la barrière Weald-Artois. La brusque vidange d'un immense lac proglaciaire coincé entre la calotte de glace

nord-européenne et cette barrière naturelle y aurait creusé un canal initial que la mer a ensuite longuement érodé. La présence dans le détroit de Calais d'un long chenal dépourvu de tout sédiment, comparable à ceux qui se forment sous les cataractes, semble confirmer ce scénario.

n'étaient pas chargées de sédiments ; aux mêmes périodes, la paléovallée de la Somme semble avoir drainé des eaux pauvres en sédiments fins, ce qui correspond à une situation périglaciaire ; finalement, la paléovallée de la Seine drainait pendant les périodes froides des eaux chargées d'alluvions, ce qui est typique d'une région plus tempérée. C'est cette diversité sédimentaire, reproduite à chaque période climatique froide stable, qui a convaincu les géologues de l'existence du fleuve Manche.

Des points à éclaircir

Le consensus est aujourd'hui assez large, mais nombre de points restent mystérieux. Le principal ? L'existence d'une curieuse vallée septentrionale dépourvue de remplissage sédimentaire. En 1988, Philip Gibbard et d'autres chercheurs proposaient que celle-ci ait été creusée lors de la vidange, il y a 400 000 ans, d'un lac proglaciaire (d'eaux de fonte) situé à l'emplacement de la mer du Nord (voir la figure 5). Le barrage constitué par l'axe Weald-Artois reliant Calais à Douvres aurait alors cédé et provoqué une crue si puissante que la vallée septentrionale aurait été incisée, mais jamais comblée de sédiments tant les eaux de fonte – par ailleurs pauvres en sédiments – s'y écoulèrent rapidement. C'est envisageable – après tout, le Bosphore a été créé par la Méditerranée se vidant dans la mer Noire asséchée par la glaciation –, mais cela reste une hypothèse. Peut-être en saurons-nous bientôt davantage sur le rôle des contraintes tectoniques dans le secteur du Pas de Calais et leur implication sur le système Manche grâce aux nouvelles analyses que réalise Brigitte Van Vliet-Lanoë.

Autre point mystérieux, même s'il semble explicable par l'érosion due à l'Atlantique : la disparition presque complète du paléodelta en Manche occidentale. Ce sont plus

particulièrement les équipes de J.-F. Bourillet et celles de Sébastien Zaragosi et Frédérique Esnault, à l'Université de Bordeaux 1, qui font progresser la question, à partir d'une série de carottes prélevées entre 2003 et 2004 par le navire *Marion Dufresne* de l'Institut Paul-Émile Victor. Grâce à de multiples analyses, notamment isotopiques et microfau-niques, ils ont reconstitué le régime hydrologique et le climat dans l'estuaire supposé du fleuve Manche lors du dernier maximum glaciaire. En 2006, sur une des carottes étudiées par l'équipe de S. Zaragosi, Guillemette Ménot du CEREGE, à Aix-en-Provence et leurs collègues, ont mis au point une nouvelle technique d'analyse de carotte sédimentaire : on recherche des molécules caractéristiques, d'une part, d'eubactéries et d'archéobactéries vivant dans le sol (donc terrestres) ; d'autre part, d'archéobactéries marines. À partir de la découverte d'une alternance de ces molécules dans les strates de cette carotte prélevée en haut de la pente des approches occidentales de la Manche, ils ont établi une séquence sédimentaire, dans laquelle sont visibles des dépôts répétés d'alluvions. Cette avancée prouve définitivement qu'un puissant fleuve a existé en Manche. Une existence, dont Inutavunga, lui, ne doutait certainement pas...

Gilles LERICOLAIS est géologue au Département des géosciences marines de l'IFREMER à Brest.

J.-F. BOURILLET et al., *The fleuve Manche : the submarine sedimentary features from the outer shelf to the deep-sea fans*, in *Journal of Quaternary Science*, vol. 18, pp. 261-282, 2003.

G. LERICOLAIS et al., *The quaternary channel river : seismic stratigraphy of its palaeo-valleys and deeps*, in *Journal of Quaternary Science*, vol. 18, pp. 245-260, 2003.

P. L. GIBBARD, *The history of the great northwest European rivers during the past three million years*, in *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A*, vol. 318, pp. 559-602, 1988.