



UNE POSSIBLE RÉSURRECTION

Le niveau de la mer Morte baisse aussi parce que les Usines de la mer Morte, en Israël, et la Compagnie arabe de potasse, en Jordanie, détournent l'eau de la partie Nord du lac, au moyen d'un canal qui l'achemine vers le Sud. L'eau s'écoule alors dans de vastes bassins artificiels qui se déversent les uns dans les autres, dans l'ancienne partie Sud du grand lac [1, en bleu, et 2, en vue rapprochée]. L'évaporation laisse des dépôts de minéraux concentrés et de sels tels que brome, magnésium et potasse [3], tous exploités par les entreprises d'extraction. En raison de la forte concentration en brome, l'air de cette région contient les concentrations d'oxyde de mercure (HgO) parmi les plus élevées de la planète (le brome et ses oxydes favorisent l'oxydation du mercure).

Si les conditions actuelles persistaient, le niveau de la mer Morte atteindrait – 550 mètres d'ici l'an 2200. Cette baisse pourrait être enrayée grâce à un projet de canalisations qui achemineraient de l'eau en provenance de la mer Rouge. Au long de ses 180 kilomètres, des usines de dessalement produiraient 900 millions de mètres cubes d'eau douce par an, dont la majeure partie rejoindrait le Jourdain. Il resterait 1,1 milliard de mètres cubes d'eau saumâtre, que l'on injecterait dans la mer Morte. Des centrales hydroélectriques pourraient au passage se servir de la dénivellation pour produire de l'électricité. Une étude de faisabilité, financée à hauteur de 17 millions de dollars par la Banque mondiale et réalisée par le bureau d'études français Coyne et Bellier de Suez, s'est achevée en 2011. Si ce projet voyait le jour, le niveau de la mer Morte pourrait être stabilisé à environ – 420 mètres d'ici l'an 2050.

Mais il n'est pas certain que l'eau obtenue après dessalement puisse se substituer à l'eau du Jourdain. Cette eau traitée et l'eau salée du lac pourraient ne pas se mélanger et former des couches. La prolifération d'algues et de bactéries est aussi un scénario envisageable, qui amènerait le lac, de couleur turquoise, à tirer sur le rouge. Des expérimentations réalisées par des microbiologistes et industriels dans de petits réservoirs semblent l'indiquer [4], mais les tests ne sont pas encore probants ou doivent être reproduits de façon indépendante.

Or sauver la mer Morte pourrait être bénéfique à bien des égards. Des biologistes ont récemment découvert une nouvelle forme de métabolisme dans certains micro-organismes présents dans l'eau. Des chercheurs ont aussi transplanté les gènes d'un champignon local sur une souche de levure qui, par la suite, a montré une forte résistance au stress salin, ainsi qu'à la chaleur et au stress oxydant. Ce gène permettrait peut-être de cultiver des sols dont la haute teneur en sel empêche actuellement toute activité agricole, et ainsi apporter la sécurité alimentaire à des millions de personnes vivant sur des terres salinisées, un peu partout dans le monde.

■ BIBLIOGRAPHIE

Pour le projet de canalisation mer Rouge-mer Morte : www.foeme.org et www.worldbank.org

S. Abu Ghazleh, A. M. Abed et S. Kempe, *The dramatic drop of the Dead Sea : background, rates, impacts and solutions*, dans *Macro-engineering Seawater in Unique Environments* (éds. : V. Badescu et R. B. Cathcart), pp. 77-105, Springer, 2011.

La mer Morte racontée

D. Ariztegui, M. Stein, Z. Ben-Avraham et N. Waldmann

Des carottes de sédiments longues de plusieurs centaines de mètres ont été récemment prélevées au fond de la mer Morte. Leur analyse, qui devrait préciser 200 000 ans d'évolution géologique et climatique du lac, a d'ores et déjà révélé quelques surprises.

La mer Morte, à la frontière entre Israël, la Jordanie et la Cisjordanie, est un site exceptionnel. Les eaux de ce lac de quelque 800 kilomètres carrés sont environ dix fois plus salées que celles des mers : 275 grammes de sel par litre, contre 20 à 40 grammes par litre dans les océans. La densité élevée de l'eau permet ainsi aux vacanciers de s'y baigner en flottant, tout en lisant un journal pour des photographies de souvenir. Par endroits, le lac est jonché de spectaculaires concrétions de sels ayant précipité (voir la figure 1).

Et cette région, flanquée de majestueuses montagnes désertiques, a marqué l'histoire des hommes : en témoignent le piton de Massada (Metsada en hébreu) où, en l'an 73, un millier de zélotes juifs ont résisté des mois au siège des Romains avant de se donner collectivement la mort, les célèbres « manuscrits de la mer Morte » découverts à partir de 1947, ou des épisodes bibliques tel celui de la femme de Loth changée en statue de sel.

Le grand lac salé subit depuis quelques décennies une baisse de niveau importante et

inquiétante, principalement due à la surexploitation des eaux du Jourdain qui l'alimente et à l'industrie de l'extraction de minerais. Son avenir est de ce fait menacé (voir *La mer Morte vivra-t-elle ?*, page 22). Mais à défaut d'avenir, la mer Morte a au moins un riche passé, qui va bien au-delà des périodes historiques.

Au cours des temps géologiques, cette pièce d'eau a connu plusieurs épisodes distincts, liés à une histoire climatique et tectonique agitée. Tout récemment, dans le cadre d'une campagne internationale de forage, de longues carottes de sédiments ont été prélevées dans le fond du lac afin de préciser l'histoire géologique de la mer Morte. Leur analyse n'est pas encore achevée. Mais, comme nous allons le voir, ces carottages ont déjà apporté des renseignements inédits sur les avatars du lac salé.

L'actuelle mer Morte se situe dans le bassin du même nom, à la plus basse altitude continentale de la planète (424 mètres sous le niveau de la mer en 2011), à la frontière entre le désert du Sahara et les zones climatiques

L'ESSENTIEL

■ La mer Morte est un site exceptionnel, dont le passé géologique et climatique est riche.

■ De longues carottes de sédiments ont été prélevées au fond de ce lac salé en 2010 et 2011.

■ Selon les premières analyses, le lac se serait asséché il y a 120 000 ans, et des traces d'activité microbienne subsistent jusqu'à 130 mètres sous le fond.

© SABIR SULTAN/epi Cortis



par ses fonds



1. LA SALINITÉ DE LA MER MORTE
étant très élevée, la forte évaporation
fait précipiter des cristaux de sel.
Des structures parfois spectaculaires
se forment, comme ici dans la partie Sud,
très peu profonde, du lac.



2. CETTE VUE DU PROCHE-ORIENT, prise de la navette spatiale américaine *Discovery* le 16 juillet 2006, montre distinctement la mer Morte, avec sa partie méridionale qui ne subsiste qu'au travers des bassins artificiels destinés à l'extraction de minerais. La mer Morte est reliée au lac de Tibériade par la vallée du Jourdain. Les deux points rouges indiquent les sites de forage, où ont été prélevées des carottes de sédiments.



3. SUR LES POURTOURS DE LA MER MORTE, l'érosion est importante et les effondrements de terrain sont fréquents. En de nombreux endroits, les strates géologiques sont alors apparentes. On y observe parfois des structures spectaculaires, telles ces « séismites » créées par des tremblements de terre.

méditerranéennes. La superficie du lac a considérablement varié au cours des temps géologiques, avec une alternance de progressions durant les ères glaciaires et de régressions au cours des périodes interglaciaires (telles que l'Holocène actuel).

En fait, il y a plusieurs millions d'années, il ne s'agissait pas d'un lac, mais d'une lagune formée à la suite de la montée du niveau de la mer (voir l'encadré page ci-contre). Ce n'est qu'avec le retrait de la mer que cette lagune s'est fermée et a laissé place à un lac. Lors de la glaciation la plus récente, le lac, au maximum de son étendue, constituait le « lac Lisan » ; il remplissait le bassin de la mer Morte de son actuel site jusqu'au lac de Tibériade (ou mer de Galilée), au Nord de la vallée du Jourdain. Le lac Lisan succédait à des lacs plus vastes encore, le lac de Gomorrhe puis celui de Samra, correspondant aux périodes glaciaires précédentes.

Une histoire inscrite dans les sédiments

Les variations successives du niveau du lac ont entraîné des modifications de la composition chimique de ses eaux au fil du temps, notamment des modifications de la salinité. Cette histoire est inscrite et préservée dans les sédiments qui se sont déposés, lesquels représentent donc un moyen unique pour explorer l'expansion et la régression du désert et des zones climatiques de type méditerranéen, ainsi que les relations entre le climat des hautes latitudes et le climat tropical.

Mais les sédiments du bassin de la mer Morte racontent bien d'autres histoires. La formation du bassin résulte de l'activité de la faille du Levant, aussi appelée faille de la mer Morte, qui sépare la plaque arabe de la plaque africaine, la première se déplaçant vers le Nord et la seconde vers le Sud. Par conséquent, tout le bassin est situé dans une région tectonique active, souvent secouée par des séismes qui laissent leur empreinte dans les sédiments (voir la figure 3). L'identification des couches correspondantes et leur datation offrent aux scientifiques la possibilité d'établir une stratigraphie des séismes, ce qui permet notamment d'estimer leur fréquence.

Par ailleurs, le bassin de la mer Morte a été un lieu de passage des hommes préhistoriques lors de leur migration hors d'Afrique, et des groupes humains y ont vécu de l'époque paléolithique jusqu'à nos jours. Une reconstitution plus précise

de l'histoire climatique et tectonique de la région aiderait à démêler l'impact de ces changements sur le développement de ces cultures humaines et sur leurs migrations.

On comprend ainsi que les couches sédimentaires exposées sur le pourtour de la mer Morte, étudiées depuis plusieurs décennies, aient apporté aux scientifiques de précieuses informations relatives au paléoclimat, à la tectonique, à la paléosismologie, au paléomagnétisme et à l'histoire humaine.

Le grand intérêt des sédiments lacustres du bassin de la mer Morte en tant qu'archives environnementales est illustré par les sédiments du dernier lac glaciaire – le lac Lisan – exposés le long des rives de l'actuelle mer Morte (voir la figure 4). La formation du lac Lisan comporte jusqu'à une quarantaine de

LES AUTEURS

Daniel ARIZTEGUI est professeur au Département de géologie et de paléontologie de l'Université de Genève, en Suisse.

Mordechai STEIN est professeur à la Commission géologique d'Israël.

Zvi BEN-AVRAHAM est professeur au Département de géophysique et de sciences planétaires de l'Université de Tel-Aviv, et directeur fondateur de l'École L. H. Charney de sciences marines de l'Université de Haïfa, en Israël.

Nicolas WALDMANN est maître-assistant à l'École L. H. Charney de sciences marines de l'Université de Haïfa.

mètres de dépôts sédimentaires couvrant près de 60 000 ans (d'environ 75 000 à 17 700 ans avant notre ère). Les conditions qui régnaient lors de cette ère glaciaire y sont enregistrées avec une résolution temporelle atteignant quelques mois (une saison).

En effet, la formation du lac Lisan fait apparaître un dépôt périodique de couches d'épaisseur millimétrique où alternent du carbonate inorganique, qui précipitait au cours des saisons sèches sous l'effet de l'évaporation, et des matériaux détritiques, qui s'accumulaient lors des saisons humides, après avoir été entraînés des hautes terres voisines par l'érosion hydrique ou éolienne. La formation inclut également des couches clastiques associées aux tempêtes ou aux baisses de niveau du lac, des couches de

L'ÉVOLUTION DU BASSIN DE LA MER MORTE

Le bassin de la mer Morte est le plus grand et le plus profond des bassins de décrochement formés le long de la faille du Levant, ou même le long d'autres failles transformantes continentales. Au cours du Miocène, il y a environ 23 millions d'années, le bassin était rempli de dépôts fluvio-lacustres, constituant la « formation de Hatzeva ». Plus tard, durant le Pliocène, il y a environ 5 millions d'années, avec la montée

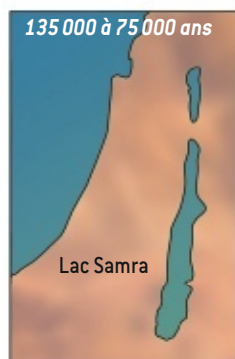
du niveau des océans, la mer Méditerranée a pénétré dans le bassin, formant la lagune de Sodome où se sont déposées d'épaisses couches successives de sel.

Lorsque la lagune s'est séparée de la mer en raison de la baisse du niveau de celle-ci, une étendue lacustre s'est formée et a occupé le bassin, à laquelle on a donné différents noms selon l'époque considérée : le lac de Gomorrhe du milieu

à la fin du Pléistocène (de plus de 740 000 à 135 000 ans), le lac de Samra de la dernière période interglaciaire (135 000 à 75 000 ans), le lac Lisan de la dernière glaciation (de 75 000 à 17 700 ans environ), et la mer Morte de l'Holocène actuel.

Alors que le lac Lisan de la dernière glaciation et la mer Morte de l'Holocène ont été largement étudiés au cours des dernières décennies, ce qui a apporté de riches infor-

mations sur les changements paléoenvironnementaux, on sait peu de choses de leurs prédécesseurs glaciaires et interglaciaires, qui ne sont exposés que de façon fragmentaire le long des rives de l'actuelle mer Morte. Ces lacunes dans l'histoire du bassin devraient être comblées grâce aux informations fournies par les sondages et les carottes extraites des zones centrales plus profondes du lac actuel.



Il y a environ cinq millions d'années, au début du Pliocène, le niveau des mers a augmenté de plusieurs dizaines de mètres. Les eaux de la Méditerranée ont alors pénétré dans les terres et formé une lagune, la lagune de Sodome. Plus tard, la baisse du niveau de la mer a transformé la lagune en un ou plusieurs lacs, dont la mer Morte et le lac de Tibériade sont les derniers avatars.