

la reconnaissance générale des dangers du tabagisme passif chez les non-fumeurs et des effets pharmacologiques de la nicotine sur les circuits neuronaux de la récompense – effets souvent comparés par les scientifiques à ceux de la cocaïne ou de l'héroïne. Dès lors, le gouvernement ne pouvait plus s'accommoder de la liberté individuelle des fumeurs, considérés jusque-là comme libres de leur choix et inoffensifs. Il ne pouvait plus se contenter d'informer le public sur les dangers du tabagisme, en espérant que la rationalité des fumeurs, leur désir de rester en bonne santé et leur souci de ne pas nuire à autrui feraient le reste. S'en est suivi un ensemble de mesures restrictives visant à inciter les fumeurs existants à arrêter (ou à moins fumer) et les non-fumeurs à ne pas commencer, telles que l'interdiction de la publicité pour les cigarettes, l'imposition d'un âge minimum légal pour l'achat de tabac, l'augmentation du prix des cigarettes et l'interdiction de fumer dans de nombreux lieux publics. En France, l'État a cédé son monopole sur la production et la vente de cigarettes en 1995. Dans les pays anglosaxons, ces mesures ont été accompagnées d'une campagne antitabac musclée qui a entraîné une dégradation de l'image des fumeurs et des cigarettes. Les fumeurs ont été de plus en plus assimilés à des drogués et les cigarettes à de pseudo-sérings libérant dans le cerveau des doses de nicotine.

Dans ce nouveau contexte sociétal restrictif, hostile et stigmatisant où l'on ne pouvait plus nier ou dénier les dangers du tabagisme, nombre de fumeurs ont choisi, avec succès, de s'abstenir – pour la majorité sans aide médicale ou professionnelle. En revanche, d'autres ont continué à fumer, s'exposant aux conséquences psychosociales négatives créées par les nouvelles mesures restrictives et la stigmatisation. Avant ce basculement contextuel historique, rien ne permettait de distinguer ces deux grandes classes de fumeurs. Tout s'est passé comme si le changement de contexte sociétal, en poussant des millions de fumeurs à l'abstinence, avait exposé au grand jour une classe de fumeurs pathologiques bien réelle, mais

restée jusque-là invisible et muette. Est-ce à dire que la persistance d'un comportement de consommation dans un contexte sociétal restrictif, hostile et stigmatisant serait la marque tant recherchée distinguant l'addiction de la normalité ?

Ce n'est pas si simple. Il est vrai que l'abstinence volontaire exclut du diagnostic de l'addiction les fumeurs capables de s'arrêter de leur propre chef. Cependant, le statut pathologique des fumeurs persistants malgré un contexte sociétal restrictif, hostile et stigmatisant est plus ambigu. Parmi ces fumeurs résistants, tous n'ont pas nécessairement développé une compulsion pathologique et perdu le contrôle de leur consommation. Beaucoup continuent à fumer sans désir d'abstinence, sans regret ni souffrance. Certains parce qu'ils jugent avoir de bonnes raisons de continuer à fumer, même s'ils sont en désaccord avec le reste de la société. D'autres parce qu'ils ont peu d'alternatives accessibles pour obtenir de la satisfaction ou du plaisir. D'autres encore parce que la cigarette les aide à soulager une souffrance ou un handicap psychologique qu'ils ne savent pas soulager autrement. Or sans désir personnel d'abstinence ou de modération, pas de tentatives d'arrêt et sans

La persistance d'un comportement de consommation dans un contexte sociétal restrictif serait-elle la marque tant recherchée distinguant l'addiction de la normalité ?

tentative d'arrêt, pas d'incapacité d'arrêter, de conflit de motivation, de souffrance ni de demande d'aide.

Selon cette analyse, le désir persistant de s'abstenir et l'incapacité d'arrêter malgré un contexte sociétal restrictif, hostile et stigmatisant marquerait la ligne de démarcation entre comportements de consommation normal et pathologique. Seuls les consommateurs désirant l'abstinence, mais ne pouvant y parvenir sans aide professionnelle, souffriraient d'une addiction. Cela dit, l'absence du désir d'abstinence dans un contexte sociétal restrictif, hostile et stigmatisant ne garantit pas en soi l'absence d'une addiction. Il est en effet possible que certains consommateurs vivent

dans un environnement social « protégé » où la stigmatisation de leurs comportements et les conséquences psychosociales négatives associées ne seraient pas suffisamment prégnantes pour faire naître chez eux un désir d'abstinence. En d'autres termes, un désir d'abstinence couplé à une incapacité d'arrêter indiquent bien qu'il y a addiction, mais l'absence de ce désir n'atteste pas nécessairement l'absence d'addiction.

Doit-on restreindre l'accès au sucre ?

Ces nuances expliquent pourquoi l'extension du concept d'addiction à tous les comportements de consommation hédonistes reste délicate et doit se faire avec prudence. Ignorer ces nuances et négliger cette prudence reviendrait à bafouer les libertés individuelles, y compris celle de se nuire à soi-même en connaissance de cause et sans nuire aux autres. Dans les sociétés de consommation modernes, la ligne à ne pas franchir entre le normal et le pathologique se situe bien dans le désir personnel du consommateur de s'abstenir ou de limiter sa consommation. Nous avons vu avec l'exemple du tabagisme que la société peut se transformer radicalement pour provoquer et entretenir ce désir chez les consommateurs. Elle n'a toutefois pas le droit de contraindre les personnes résistantes, car leur résistance n'est pas nécessairement causée par une addiction, sauf bien sûr si cette résistance nuit à autrui.

Dans le cas de la possible addiction au sucre, cela signifie qu'on ne pourra trancher la question qu'après basculement du contexte sociétal actuel, favorable à la consommation de sucre raffiné ajouté, vers un contexte sociétal restrictif, hostile et stigmatisant. Si dans ce nouveau contexte, certains consommateurs éprouvent le désir de s'abstenir ou de limiter leur consommation, mais sont dans l'incapacité d'y accéder sans aide, alors on pourra parler d'addiction au sucre. Le grand enjeu est de savoir si les éléments de preuve scientifique sur les dangers du sucre (épidémiologiques, expérimentaux, cliniques) sont suffisants pour justifier un tel basculement sociétal. ■

La mer Morte vivra-t-elle ?

Eitan Haddok

L'irrigation et l'extraction de minerais conduisent à l'assèchement de la mer Morte. Mais en s'associant, Israël, la Jordanie et l'Autorité palestinienne peuvent encore sauver cet exceptionnel lac salé.

L'ESSENTIEL

- Le niveau de la mer Morte est aujourd'hui de 426 mètres au-dessous de celui de la mer. Il diminue d'environ un mètre par an. La baisse est due au captage des eaux pour l'irrigation et à l'évaporation accélérée mise en place pour extraire des minéraux.
- Des milliers de cavités, ou dolines, sont engendrées par le retrait des eaux salées souterraines et l'effondrement du sol qui s'ensuit.
- Un système de canalisations construit sur 180 kilomètres pourrait acheminer de l'eau à partir de la mer Rouge. Des chercheurs testent l'impact qu'aurait le mélange des eaux sur la vie marine.

LA MER MORTE SE SITUE DÉSORMAIS à 426 mètres au-dessous du niveau de la mer, et ses eaux baissent d'un mètre par an. Par endroits, le rivage a reculé de plus d'un kilomètre. Plus de 3 000 dolines se sont formées sur le pourtour du lac. Depuis quelques années, ces cavités naissent au rythme d'environ une tous les deux jours. Certaines sont remplies d'eau salée, d'autres non.



1

La mer Morte est un lieu mystérieux. Point émergé le plus bas du globe, censé abriter les sites bibliques de Sodome et Gomorrhe, ses eaux et minéraux sont réputés pour leurs bienfaits. Et en dépit de son nom, ce lac salé constitue une source de vie microbienne remarquable. Mais on sait que son avenir est gravement menacé. Après des siècles de stabilité – due à un subtil équilibre entre l’approvisionnement en eau douce du Jourdain et une forte évaporation sous l’implacable soleil du Proche-Orient –, la mer Morte est en train de disparaître.

Les Jordaniens à l’Est, les Israéliens à l’Ouest, les Syriens et les Libanais au Nord, tous détournent massivement l’eau du fleuve avant même qu’elle n’ait atteint le lac salé. En pratiquant par évaporation l’extraction des précieux minéraux que recèle le lac, Israël et la Jordanie précipitent sa fin. Des milliers de cavités – les dolines – se forment sur les rivages, là où la mer s’est retirée, condamnant le tourisme et le développement économique sur son pourtour. Car qui peut prédire où le sol se dérobera ? Qui peut prendre le risque que soient engloutis des immeubles, des routes, des personnes ?

Conscients de voir périr sous leurs yeux un inestimable trésor naturel et culturel, Israéliens, Jordaniens et Palestiniens ont proposé l’installation d’un gigantesque système de canalisations qui alimenterait la mer Morte en eau provenant de la mer Rouge, au Sud.

Aujourd’hui, des scientifiques examinent la compatibilité des eaux et les conséquences que ce mélange aurait sur la chimie et la biologie de cette mer, qui pourrait se teinter de rouge si des algues y prolifèrent. Les représentants politiques tentent, eux, d’évaluer la réelle volonté de leurs nations d’assurer le financement de ce projet pharaonique estimé à dix milliards de dollars, auquel s’opposent les défenseurs de l’environnement. Quant aux États confrontés eux aussi à ce type de grandes étendues d’eau salée – la mer d’Aral, la mer Caspienne ou le Grand Lac salé aux États-Unis –, ils espèrent pouvoir en tirer des enseignements pour leur propre compte.

Sauf mention contraire, toutes les photographies sont de Etan Haddok





EFFONDEMENTS À TOUT VA

Les dolines (1) peuvent mesurer jusqu'à 25 mètres de largeur et 15 mètres de profondeur. Elles peuvent apparaître d'un seul coup, engloutissant des randonneurs, des édifices ou des routes (3). Elles résulteraient du principe de dissolution : à mesure que l'eau salée souterraine se retire, de l'eau plus douce arrive, entre en contact avec la croûte salée qui s'est déposée et la dissout, provoquant l'effondrement de la surface.

Certaines dolines sont remplies d'eau salée, d'autres non. Parfois, elles se forment le long d'une ligne de faille superficielle (2) qui permet l'infiltration d'eau douce. La compréhension de ces phénomènes permettrait d'expliquer l'étrange apparition de dolines en Floride (États-Unis), au Guatemala, en Allemagne et en Espagne.

La mer Morte se vide d'abord parce que l'approvisionnement en eau du Jourdain est passé d'environ 1,3 milliard à 30 millions de mètres cubes par an. L'évaporation dépasse désormais l'apport en eau douce. Le lobe Sud de la mer Morte a complètement disparu. Cette déperdition d'eau fluviale est due au pompage effectué par Israël, la Jordanie, la Syrie et le Liban pour leurs besoins agricoles et domestiques. Certaines canalisations ne servent plus à rien, le Jourdain étant par endroits à sec (4).

■ L'AUTEUR



Eitan HADDOK est photographe et journaliste spécialisé en sciences de la Terre.

Il vit en région parisienne.

■ À ÉCOUTER

Jeudi 3 janvier 2013, Eitan Haddok reviendra sur la situation de la mer Morte dans la partie « Actualités » de l'émission **La marche des sciences**, sur France Culture de 14h à 15h. www.franceculture.com



①



NASA et USGS

②



③



④





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.**

© ABIR SULTAN/epa/Corbis

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

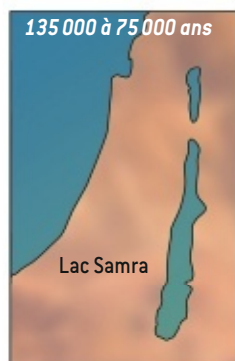
du niveau des océans, la mer Méditerranée a pénétré dans le bassin, formant la lagune de Sodome où se sont déposées d'épaisses couches successives de sel.

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.



Nicolas Waldmann

4. DANS LES TERRES BORDANT LA MER MORTE, sont exposées à l'air des couches géologiques formées de sédiments qui se sont déposés dans le lac Lisan, le prédécesseur du lac actuel, et dans le lac Samra, plus ancien. Les dépôts du lac Lisan se sont accumulés sur une hauteur pouvant

atteindre une quarantaine de mètres et correspondent à une période allant de 75 000 à 17 700 ans avant notre ère. Les carottes récemment prélevées au fond de la mer Morte permettent de sonder un passé encore plus reculé, allant jusqu'à 200 000 ans avant notre ère.

gypse liées à des périodes d'extrême sécheresse et de baisses du niveau d'eau, ainsi que des « couches mixtes » emmêlées, dues à des tremblements de terre.

Les couches de carbonate peuvent être datées en utilisant des techniques radiométriques (chaîne de désintégrations radioactives de l'uranium, carbone 14). En combinant les datations radiométriques et le dénombrement des couches, on peut alors démêler l'histoire hydrologique, climatique et tectonique du Proche-Orient jusqu'à une résolution saisonnière. Les recherches effectuées sur les dépôts lacustres accessibles sur la terre ferme ont ainsi fourni aux géologues de nombreuses informations. Cependant, ces dépôts de sédiments présentent d'importantes limitations. Lesquelles ?

Tout d'abord, même dans les parties les mieux préservées de la formation du Lisan le long des rives de la mer Morte, certains intervalles de temps ne sont pas représentés, soit parce que l'érosion a détruit les strates correspondantes, soit parce que le niveau du lac lors de ces périodes était plus bas que le niveau actuel. Les dépôts correspondant à ces intervalles manquants devraient cependant être présents dans les fonds de la mer Morte.

Ensuite, les dépôts sédimentaires associés aux ères glaciaires plus anciennes (époques du lac de Gomorrhe ou de celui de Samra, remontant à 740 000 ans au moins,

■ BIBLIOGRAPHIE

M. Stein *et al.*, *Deep drilling at the Dead Sea*, *Scientific Drilling*, vol. 11, pp. 46-47, 2011.

N. Waldmann *et al.*, *Northward intrusions of low- and mid-latitude storms across the Saharo-Arabian belt during past interglacials*, *Geology*, vol. 38, pp. 567-570, 2010.

C. Migowski *et al.*, *Holocene climate variability and cultural evolution in the Near East from the Dead Sea sedimentary record*, *Quaternary Research*, vol. 66, pp. 421-431, 2006.

Y. Bartov *et al.*, *Catastrophic arid episodes in the Eastern Mediterranean linked with the North Atlantic Heinrich events*, *Geology*, vol. 31, pp. 439-442, 2003.

Z. Ben-Avraham *et al.*, *Holocene stratigraphy of the Dead Sea : Correlation of high-resolution seismic reflection profiles to sediments cores*, *J. Geophys. Res.*, vol. 104 [B8], pp. 17617-17625, 1999.

dont les niveaux étaient plus élevés que celui du lac Lisan) sont moins bien conservés que ceux de la formation du Lisan, et leur stratigraphie est encore plus incomplète. On s'attend à ce que ces dépôts soient mieux préservés à l'intérieur du lac.

Enfin, les dépôts des périodes interglaciaires, correspondant à des climats chauds et secs, sont totalement inaccessibles en raison des bas niveaux des lacs à ces époques. Ils ne sont accessibles que dans les parties les plus profondes de la mer Morte.

Forer sous 300 mètres d'eau saturée en sel

C'est pour ces raisons que, au début des années 1990, un groupe de chercheurs a proposé de prélever une longue carotte de sédiments par un forage dans les fonds du lac actuel. Une telle opération permettrait d'obtenir une séquence continue et non perturbée de sédiments, issue de la partie la plus profonde du lac, qui n'a probablement jamais été émergée. De nombreux problèmes logistiques et financiers se sont posés dans ce point chaud (pas uniquement sur le plan géologique...) du globe. En dépit des difficultés, le groupe de recherche a convaincu plusieurs autres scientifiques de l'intérêt du projet, en les invitant à participer à l'entreprise. Des scientifiques d'Israël, des États-Unis et d'Allemagne ont sollicité le

soutien de l'ICDP (*International Continental Scientific Drilling Program*, Programme scientifique international de forages continentaux) ; ce programme met en commun des ressources allouées par différents États afin de financer des projets de recherche innovants. Le projet a fini par rassembler une équipe internationale impliquant des organismes de différents pays : Israël, l'Allemagne, le Japon, la Jordanie, l'Autorité palestinienne, la Suisse et les États-Unis. Il s'est enfin concrétisé il y a deux ans.

Forer dans la mer Morte, l'étendue d'eau la plus salée de la planète, a été une énorme entreprise logistique. À l'automne 2010, le gros de l'équipement technique et des fournitures nécessaires à l'opération a été transporté dans 15 conteneurs depuis la Turquie, où le matériel avait servi à forer un autre site passionnant pour les paléoclimatologues, le lac Van. Nous avons utilisé une plate-forme spécialement conçue (voir la figure 5) pour ce type d'opérations, et qui avait déjà servi dans de nombreux autres bassins lacustres, de la Sibérie à la Patagonie. Mais pour un lac salé comme la mer Morte, c'était une première.

Entre novembre 2010 et mars 2011, nous avons prélevé des carottes sédimentaires presque continues sous environ 300 mètres d'eau, à proximité de la zone la plus profonde de la mer Morte. La carotte la plus longue faisait 450 mètres, ce qui signifie plus de 700 mètres sous la surface ! Nous avons également extrait plusieurs autres carottes longues de plus de 300 mètres, à environ 2,5 mètres de profondeur près de la station thermique d'Eïn Guedi (voir la figure 2), où un laboratoire de campagne a été installé. Nous avons effectué sur place une série d'analyses préliminaires, immédiatement après le prélèvement des carottes, afin de nous faire une première idée des sédiments obtenus.

Qu'indiquent ces premiers examens ? Par rapport aux sédiments qui affleurent, les carottes prélevées comblent des lacunes dont souffrait l'histoire hydrologique de la région. Elles constituent un enregistrement presque continu et non perturbé, qui semble couvrir au moins les deux derniers cycles glaciation-interglaciación, soit environ 200 000 ans (voir la figure 5). Les sédiments recueillis présentent deux lithologies dominantes : des couches de sel intercalées avec de minces couches de boue, et des couches massives de marnes intercalées de minces couches de sel. Les couches de limon et de

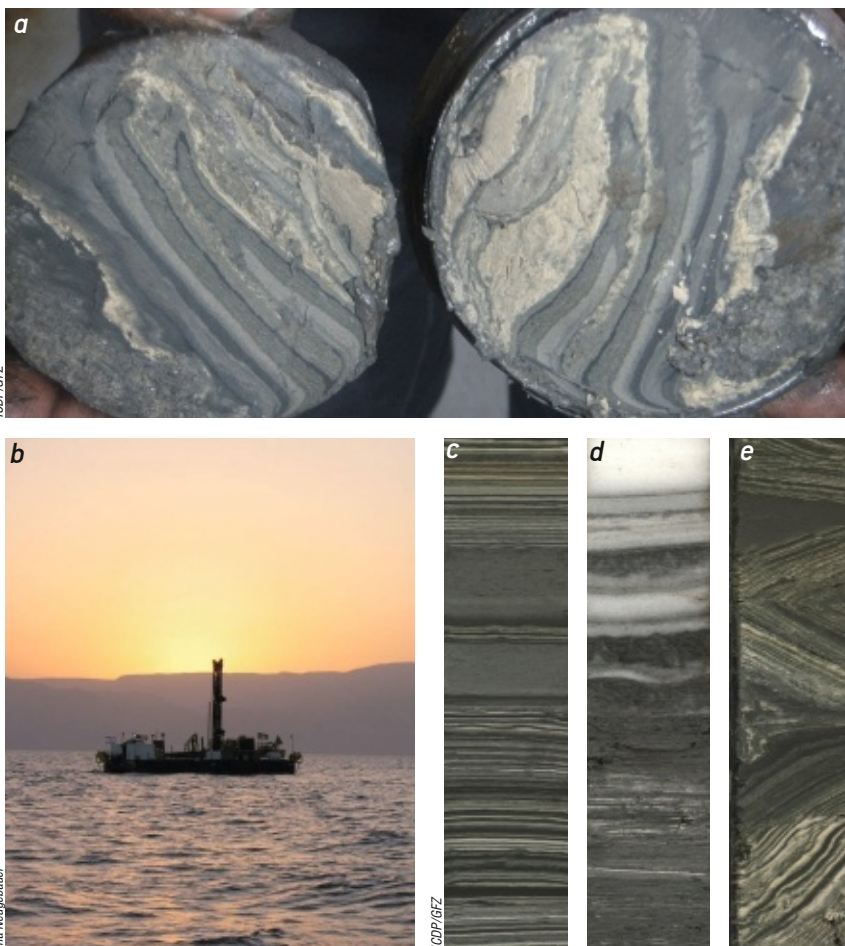
sel (et de graviers) indiquent des intervalles où le niveau du lac était très bas. En outre, une inspection préliminaire du matériau fait apparaître des structures sédimentaires spectaculaires, qui témoignent de l'activité tectonique, enregistrée dans les sédiments lacustres comme dans les pages d'un livre écrit par la nature.

Premiers résultats

Les résultats préliminaires indiquent que, au-dessous du niveau des eaux du lac, la vitesse moyenne de sédimentation est deux fois plus élevée que celle observée dans les affleurements (cette vitesse moyenne de sédimentation nous donnerait accès à 450 000 années environ, au lieu des 200 000 estimées avec les dépôts lacustres, pour une même longueur de

carotte). Dans les carottes lacustres, les couches de sel (correspondant aux périodes interglaciaires, et absentes ou éliminées par l'érosion dans les affleurements) sont en effet, pour le même intervalle temporel, deux fois plus épaisses que les couches de détritiques et d'aragonite associées aux intervalles glaciaires.

De plus, l'ensemble de l'enregistrement est épaissi par des slumps (plis créés dans des sédiments non consolidés), très probablement dus à des séismes. Lorsque la chronologie de ces événements majeurs aura été établie, les scientifiques seront en mesure d'établir une stratigraphie des événements sismiques, et ainsi d'estimer la fréquence des tremblements de terre dans cette région tectoniquement active. Une telle estimation serait précieuse pour orienter la prévision et la gestion du risque sismique.



5. LES CAROTTES DE SÉDIMENTS prélevées au fond de la mer Morte à l'aide d'une plate-forme de forage [b] comportent notamment des sédiments boueux [a], constitués d'aragonite et de matériels détritiques. Deux profils dominent, l'un [c] où des couches de marnes sont intercalées de minces couches d'aragonite, l'autre [d] où des couches de sel sont intercalées de minces couches de boues. Le second correspond à des périodes où le niveau du lac était très bas. En outre, des structures où l'orientation des couches change brusquement [e] témoignent d'une activité tectonique intense.

LA VIE POUSSÉE À SES EXTRÉMITÉS

La mer Morte constitue un lac qualifié de « mort », parce que sa salinité est telle que les organismes aquatiques macroscopiques, tels les poissons et les plantes aquatiques, ne peuvent y vivre. Cependant, des micro-organismes adaptés à la très forte salinité sont présents.

À l'aide de techniques particulières telles que la microscopie à fluorescence par coloration au DAPI, Daniel Ariztegui (l'un des auteurs) et son collègue Camille Thomas, à l'Université de Genève, ont détec-

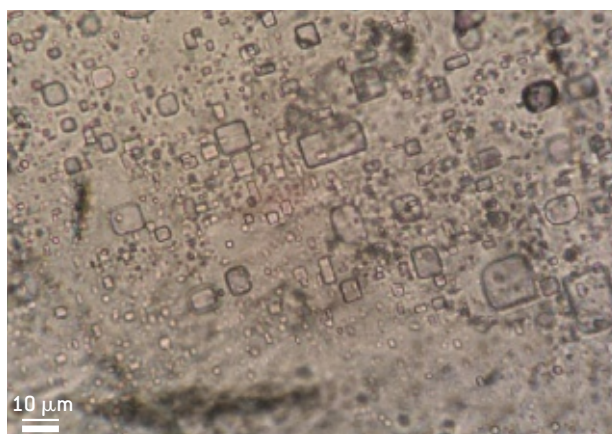
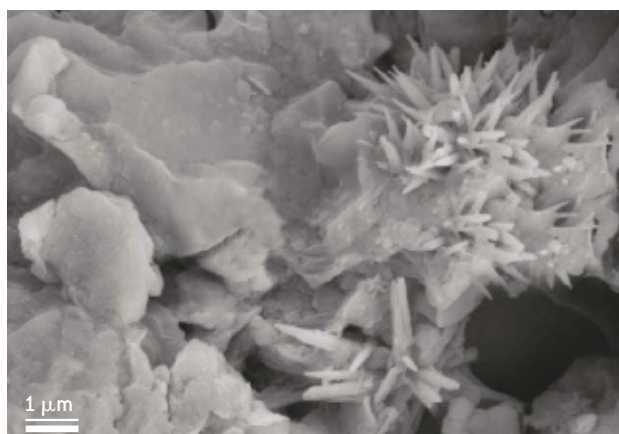
té la présence de microbes dans les 130 premiers mètres de sédiments de la carotte prélevée au centre du lac. Il reste à déterminer s'il s'agit de microbes encore vivants, ou d'une activité microbienne passée.

Plusieurs intervalles lithologiques sont dominés par l'aragonite, avec des cristaux en forme d'aiguilles et d'étoiles, un carbonate de calcium précipité directement (voir la photographie ci-dessous à gauche). Des précurseurs de minéraux ferreux en forme de glo-

bules ou de framboises sont également présents, ce qui indique une minéralisation d'origine microbienne. De même, la rive occidentale de la mer Morte présente aujourd'hui de minces tapis microbiens de couleur noire, intercalés avec des couches blanches d'aragonite.

Les intervalles interglaciaires riches en sel contiennent de petites inclusions fluides (voir la photographie ci-dessous à droite), qui sont en cours d'étude en collaboration avec Véronique Gardien,

de l'Université de Lyon. On espère ainsi déterminer la température et d'autres paramètres physico-chimiques ayant prévalu lors de la précipitation des cristaux de sel. De façon analogue, ces inclusions fluides sont examinées pour détecter des restes microbiens qui y auraient été piégés. L'étude de l'influence microbienne sur ces dépôts devrait apporter un éclairage nouveau sur les conditions dominantes dans lesquelles les sédiments de la mer Morte se sont accumulés au fil du temps.



Camille Thomas

Mais les découvertes les plus frappantes de l'opération de forage étaient d'une part une couche de galets trouvée à environ 235 mètres sous la surface des sédiments et correspondant à la période interglaciaire ayant précédé l'Holocène, d'autre part la présence d'une activité microbienne jusqu'à 130 mètres au-dessous du fond du lac (voir l'encadré ci-dessus). La couche de galets semble être un dépôt de plage et rien de tel n'a été trouvé à aucun autre niveau dans les carottes. Cette couche indiquerait que la mer Morte s'est pratiquement asséchée il y a environ 120 000 ans. Des analyses sont en cours pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

Aujourd'hui, le niveau de la mer Morte baisse rapidement parce qu'il ne s'y déverse pas d'eau douce : presque toutes les eaux de ruissellement sont utilisées par les populations de la région. Si l'hypothèse de l'assèchement de la mer Morte est confirmée, cela signifie que dans le passé géologique, sans intervention de l'homme, le ruissellement aurait fortement diminué ou se serait

presque interrompu. Une situation qui est à comparer avec celle d'aujourd'hui : les modèles climatiques prédisent que, en raison du renforcement de l'effet de serre dû aux activités humaines, cette région sera dans un proche avenir plus aride, avec des températures moyennes plus élevées. Cette précieuse ressource qu'est l'eau douce, déjà pleinement exploitée, deviendra encore plus rare.

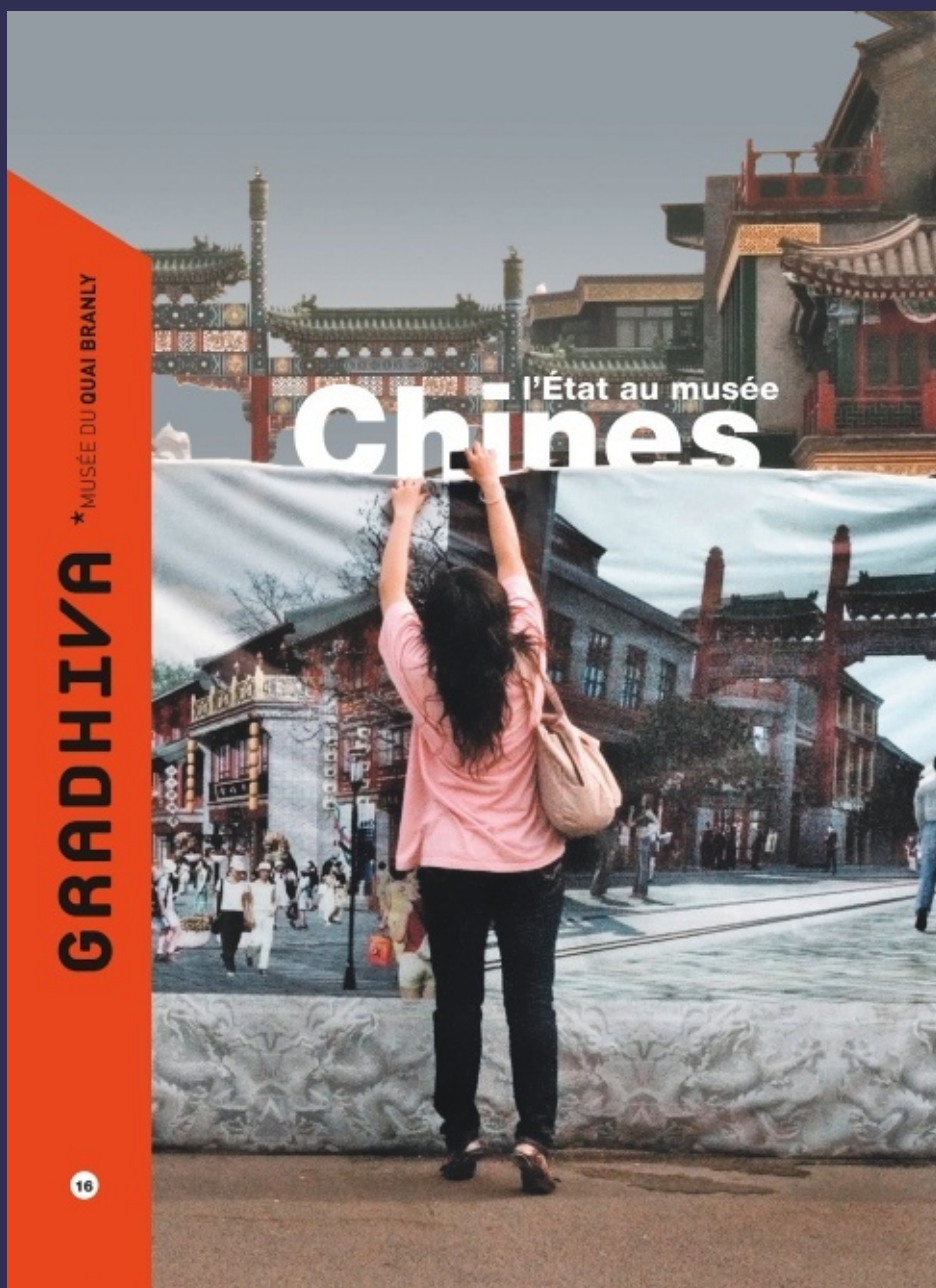
Ainsi, le forage dans les fonds de la mer Morte a d'ores et déjà livré quelques informations intéressantes. Il ne s'agit là que d'un début : l'étude détaillée des carottes prélevées est en cours et ses résultats sont attendus avec impatience par les scientifiques. Des résultats qui permettront non seulement de préciser l'histoire géologique du bassin de la mer Morte, mais aussi de mieux comprendre les conditions environnementales ayant régné durant l'émergence de l'espèce humaine et ses migrations par le corridor de la mer Morte, et de mieux évaluer les risques climatiques et sismiques aux différentes échelles de temps. ■

★ MUSÉE DU QUAI BRANLY

là où dialoguent les cultures

LA REVUE GRADHIVA★

EN VENTE EN LIBRAIRIE
ET EN LIGNE SUR <http://www.librairie-epona.fr/revues/gradhiva.html>



Chines, l'État au musée

Coordonné par Anne-Christine Trémon
et Brigitte Baptandier

Comment et pourquoi les musées sont-ils créés en Chine ? Quelles politiques de valorisation du patrimoine, de l'histoire, de l'art sont actuellement mises en œuvre, aussi bien en République populaire de Chine (RPC) qu'à Taïwan ? Souvent moins connus et étudiés, **les musées et autres outils de transmission patrimoniale participent eux aussi du développement chinois** : alors qu'on en comptait une vingtaine en 1949, ils sont aujourd'hui plus de 2 300 en RPC. S'intéresser à leur genèse et à leur fonctionnement, c'est être directement aux prises avec la société chinoise d'aujourd'hui et les grandes questions qui la traversent : **statut des minorités, interactions souvent conflictuelles entre les différents échelons de gouvernement, place accordée à la religion, regard et discours du pays sur ses traditions et son histoire**, etc. Autant de problématiques abordées par ce nouveau numéro de GRADHIVA qui s'attache à proposer une ethnographie de divers projets muséaux et patrimoniaux et, partant, à esquisser une anthropologie politique des États-nations chinois et taïwanais.

Retrouvez tous les numéros de GRADHIVA sur www.quaibrany.fr/gradhiva