

La végétation des environs du paléolac al-Hawa était celle d'écosystèmes steppiques semi-désertiques, tout à fait semblables à ceux qui caractérisent aujourd'hui le désert du Ramlat as-Sab'atayn. Les dunes étaient fixées par la végétation herbacée ; en revanche, les arbres, tel l'acacia, étaient rares. Ce résultat est surprenant, car, à la même époque, en Afrique du Nord, on observe une extension quasi générale des savanes de type tropical jusqu'à proximité du tropique, en Mauritanie, au Niger et au Soudan.

En Arabie, si l'augmentation des pluies de la mousson indienne a permis la recharge des nappes phréatiques

et l'extension de grands lacs, elle n'a pas eu d'influence notable sur la couverture végétale, qui est restée la même qu'aujourd'hui. Les hauts plateaux du Yémen et de l'Hadramawt ont vraisemblablement fonctionné comme une barrière écologique, interdisant la migration des espèces végétales tropicales. Celles-ci sont restées cantonnées sur l'étroit littoral de l'océan Indien et de la mer Rouge. L'importance de l'évaporation liée à la permanence de vents du Nord peut aussi expliquer en partie la persistance de ces écosystèmes subdésertiques.

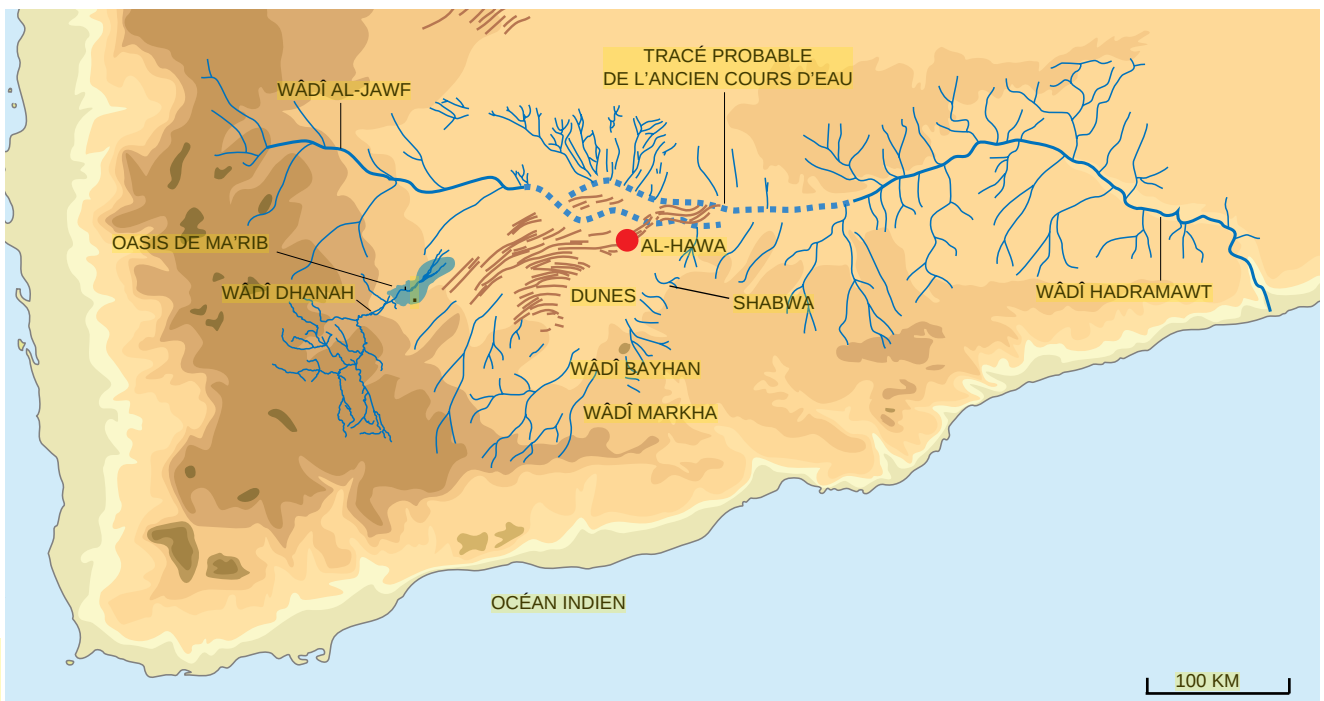
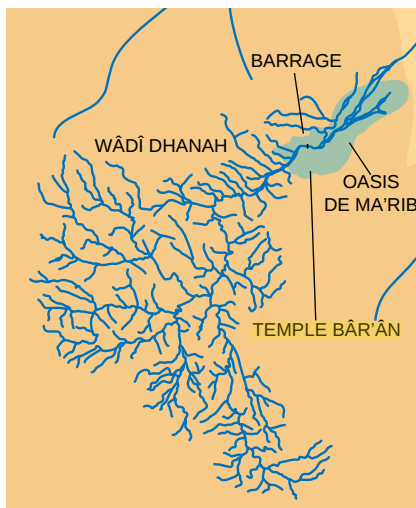
Certains grains de pollen contenus dans les sédiments du paléolac d'al-Hawa proviennent de plantes qui appartiennent aux écosystèmes tempérés ou d'altitude localisés au Nord ou à l'Est de la péninsule arabique, au Moyen Orient ou dans les monts Zagros : c'est le cas du cèdre, du chêne, du hêtre, du bouleau et du charme. Ces essences n'ont jamais poussé au Yémen, mais les vents du Nord étaient suffisamment violents pour les transporter sur plusieurs milliers de kilomètres.

Un paléoréseau

D'autres paléolacs ont été trouvés, plus au Nord, notamment sur le site lacustre de Mundafan, dans le désert du Rub al-Khali, en Arabie saoudite. Ce site a

été étudié par Harold McClure, de l'Université de Londres, et par Ann El Moslimany, de l'Université de Washington. Malheureusement, les grains de pollen y ont été très mal conservés. En revanche, la datation des sédiments de ce site par le carbone 14 a révélé que l'épisode lacustre holocène a duré près de 3 000 ans. Ainsi, à al-Hawa, les vestiges que nous avons recueillis ne représentent qu'un épisode incomplet de cette longue période humide. Les travaux en cours sur ce site et ceux que l'on prévoit dans le secteur de Shabwa, un autre site lacustre situé à quelques dizaines de kilomètres au Sud-Est d'al-Hawa, devraient nous permettre de combler cette lacune, mais aussi de rechercher les traces de fortes moussons antérieures. Selon Franck Sirocko et ses collègues de l'Université de Kiel et du CNRS, qui ont étudié des sédiments en mer d'Arabie, les pluies de mousson ont commencé à augmenter il y a 14 000 ans. Nous espérons retrouver la trace de cette augmentation sur le continent, sous la forme de paléolacs ou d'apports de sédiments par les rivières venant des hauts plateaux.

Quelle était la configuration du réseau hydrographique qui, 3 000 ans durant, alimentait ces étendues lacustres ? Un grand système hydrographique semble avoir existé dans cette région. Il aurait sillonné la péninsule



3. UN PALÉOFLEUVE traversait sans doute le désert du Ramlat as-Sab'atayn : les cours actuels des deux wādīs Jawf et Hadramawt auraient été reliés par un bras aujourd'hui asséché (la zone en pointillés). Le tracé de ce paléofleuve a été reconstruit par B. Marcolongo, de l'Uni-

versité de Padoue, d'après les amas de sédiments, témoins d'écoulements fluviaux passés. Tous ces wādīs sont secs la plupart du temps et ne sont en eau qu'au moment des moussons. Le réseau des wādīs qui alimentaient la retenue de Ma'rib est détaillé dans l'image supérieure.

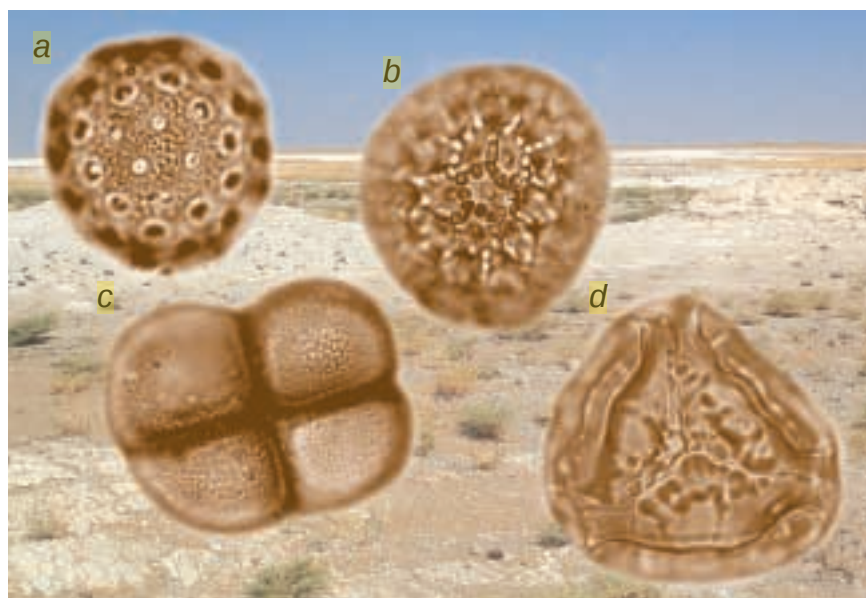
arabique d'Ouest en Est. Prenant naissance à l'Ouest du désert du Ramlat as-Sab'atayn, le Al-Jawf aurait formé un long fleuve unique avec l'Hadramawt, se jetant dans le golfe d'Aden. Aujourd'hui, ces deux fleuves sont séparés par le désert, mais des dépôts sédimentaires semblent indiquer qu'un tronçon de fleuve disparu les aurait reliés. Ce grand fleuve aurait été alimenté par tout le réseau des wâdîs venant des hauts plateaux voisins. La datation des sédiments fluviaux est difficile, car le fleuve entraîne des particules arrachées aux montagnes, dont on ne sait évaluer ni l'origine ni l'âge.

D'après les vestiges que nous avons retrouvés, les lacs semblent disparaître d'Arabie méridionale il y a environ 6 000 ans. Après cette date, l'aridité domine, interrompue seulement par quelques épisodes humides mineurs ou par de fortes pluies saisonnières. Pour repousser l'environnement désertique qui progressait, les habitants des royaumes Sud-arabiques ont élaboré d'importants dispositifs d'irrigation. Ils collectaient les eaux de ruissellement issues des pluies de mousson qui s'abattaient sur les hauts plateaux. La digue de Ma'rib illustre cet effort d'une société très élaborée, tournée vers l'agriculture et les échanges commerciaux.

La digue de Ma'rib

Cette digue de terre fut construite il y a environ 4 000 ans à la sortie d'un défilé ; elle était longue de 680 mètres. La retenue était alimentée par le wâdî Dhana et collectait les pluies d'un bassin versant d'environ 10 000 kilomètres carrés. Elle assurait l'irrigation d'une oasis, au Nord, de 4 300 hectares, et d'une autre, au Sud, de 5 300 hectares. L'eau s'élevait jusqu'au niveau du champ supérieur et irriguait d'un coup toute l'oasis ; le champ inférieur recevait l'excès d'eau du champ supérieur. Les champs étaient submergés d'une lame d'eau qui s'infiltrait lentement dans le sol. Un système d'écluses, de déversoirs et de canaux réglait les débits. De surcroît, la digue retenait les limons, de sorte que le sol était enrichi, et la production agricole améliorée. L'oasis de Ma'rib aurait nourri jusqu'à 50 000 personnes.

Ce système a fonctionné pendant plusieurs millénaires, avant d'être progressivement abandonné. Une des principales raisons de cet abandon



4. LES GRAINS DE POLLEN et les spores contenus dans les sédiments déposés au fond des lacs disparus du Yémen informent sur la flore passée. On y retrouve des grains de pollen de plantes herbacées poussant en milieu sec et salé, tels *Amaranthaceae* (a) et *Tribullus* (b), en milieu humide *Chenopodiaceae*/*Amaranthaceae* (près des étendues d'eau douce), tel le roseau *Typha* (c). On trouve également des spores de fougères (d).

est l'accumulation des limons : en 1 000 ans, le niveau des champs s'était élevé de 10 mètres. La pression des limons faisait régulièrement céder la digue, qui fut reconstruite sans relâche jusqu'à la fin du VI^e siècle. Le Coran relate ainsi la destruction définitive du barrage, vers 580 : « Certes, les Sabâ' dans leur habitat, avaient un signe. [C'était] deux jardins à dextre et senestre. "Mangez de l'attribution de votre Seigneur et soyez-lui reconnaissants ! [Ce pays est] un pays délicieux. [Allah] est un seigneur absolu." Les Sabâ' se détournèrent [cependant de nous]... Nous déchaînâmes contre eux l'inondation d'al-'Arim et, au lieu de leurs deux jardins, Nous leur donnâmes deux jardins poussant [des végétaux aux] fruits amers, des tamaris et de rares baies de jujubier. Cela, Nous leur avons donné en prix de ce qu'ils furent incrédules » (Sourate 34,15-17).

Peu d'équipes multidisciplinaires regroupant archéologues, géologues spécialistes des milieux lacustres, de l'environnement et du climat du passé travaillent au Yémen, surtout dans son désert intérieur, le Ramlat as-Sab'atayn. Les études menées sur le site d'al-Hawa montrent à quelles difficultés les habitants ont été – et sont encore – confrontés pour pratiquer l'agriculture et l'élevage dans un écosystème aride. Différentes civilisations se sont succédé et ont évolué en fonction de leur capacité à maîtriser et à gérer les pluies et l'irrigation.

L'histoire de la civilisation disparue du Yémen soulève la question de l'adaptation de l'homme aux changements du climat et nous permettra de déterminer dans quelle mesure ces changements ont influé sur la prospérité, puis sur la décadence des civilisations. Enfin, les recherches menées sur les écosystèmes d'Arabie, parce qu'elles nous permettent de reconstituer les climats et les écosystèmes du passé, nous seront utiles pour valider les modèles du climat global de demain.

Anne-Marie LÉZINE est directeur de recherche au CNRS, dans le Laboratoire de paléontologie et stratigraphie de l'Université Paris VI.

A.-M. LÉZINE, *West African Paleoclimats during the Last Climatic Cycle from Atlantic Deep Sea Pollen Record*, in *Quaternary Research*, vol. 35, pp. 456-463, 1991.

A.-M. LÉZINE, J. CASANOVA, *Correlated Oceanic and Continental Records Demonstrate the Past Climate and Hydrology of North Africa (0-140Kyr)*, in *Geology*, vol 19, pp. 307-310, 1991.

A.-M. LÉZINE et al., *Holocene Lakes from Ramlat As-Sab'atayn (Yemen) Illustrate the Impact of Monsoon Activity in Southern Arabia*, in *Quaternary Research*, sous presse.

M.-L. INIZAN et al., *Paléolacs et peuplements holocènes du Yémen : le Ramlat as-Sabatayn*, in *Paléorient*, sous presse.