



4. ON SURVEILLE L'ENVIRONNEMENT DES TOMBES afin de protéger leurs peintures. S. Maekawa a utilisé un système alimenté par des cellules photovoltaïques pour étudier l'air de la tombe (*en haut*). Il a constaté que le nombre de visiteurs devait être limité pour éviter que la température et l'humidité dans la tombe ne provoquent de nouveau la croissance de cristaux de sel. Seuls 150 touristes par jour sont admis à l'intérieur (*en bas*).

La pleine saison touristique est la saison chaude, quand l'humidité augmente dans la tombe et quand la circulation d'air vers l'extérieur est interrompue. Les visites de personnes qui transpirent ou, simplement, qui respirent augmentent l'humidité dans la tombe, ce qui accroît le risque de développement de micro-organismes (moisissures ou bactéries) à la surface des peintures, ainsi que de réapparition des cristaux de sel.

De plus, nous avons soigneusement enregistré les concentrations en dioxyde de carbone dans l'air de la tombe. Comme la ventilation naturelle de la tombe est faible et que ce gaz est plus

dense que l'air, les touristes pourraient être incommodés. De surcroît, le dioxyde de carbone réagit avec l'humidité de l'air, produisant de l'acide carbonique qui risque de décolorer les peintures murales. S. Maekawa a mesuré que la concentration habituelle en dioxyde de carbone, de 340 parties par million, atteint 2 500 parties par million quand les touristes visitent la tombe (les autorités sanitaires admettent une concentration maximale de 1 000 parties par million).

Fort de ces observations, le Service des antiquités de l'Égypte (qui est aujourd'hui le Conseil suprême des Antiquités) a conçu un système qui autorise les visites tout en protégeant la tombe. D'abord, l'éclairage est assuré par des lampes qui dégagent très peu de chaleur. Puis un système de ventilation extrait l'air de la tombe, de sorte que de l'air extérieur sec remplace l'air humide engendré par les touristes. Depuis 1995, jusqu'à 150 personnes par jour, par groupes de 10 à 15, ont visité la tombe, au cours de visites organisées qui duraient 15 minutes. Aujourd'hui, le

système de préservation semble bien fonctionner ; seule un peu de poussière s'est déposée sur les peintures (et les a légèrement obscurcies).

Malgré la surveillance constante, les visiteurs risquent d'endommager la tombe, de sorte que des inspections minutieuses et régulières sont organisées. Les conservateurs auraient une lourde responsabilité s'ils laissaient se détruire en quelques décennies un trésor archéologique qui a survécu aux millénaires. D'autre part, la fermeture de la tombe serait plus conforme au vœu de Ramsès II, qui voulait une vie tranquille et retirée pour son épouse défunte.

Neville AGNEW et Shin MAEKAWA sont conservateurs à l'Institut Paul Getty.

Stanley MAYES, *The Great Belzoni : Archaeologist Extraordinary*, Walker, 1961.

Art and Eternity : The Nefertari Wall Paintings Conservation Project 1986-1992, sous la direction de M.A. Corzo et M. Afshar,

Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1993.

Andrea MCDOWELL, *La vie quotidienne dans l'Égypte ancienne*, in *Pour la Science* n° 232, février 1997.

John K. MCDONALD, *House of Eternity, the Tomb of Nefertari*, J. Paul Getty Museum, Los Angeles, 1996.

Les momies

JACQUES CONNAN • ANDRÉ MACKE • CHRISTIANE MACKE-RIBET

Pour conserver les corps, les embaumeurs égyptiens les traitaient avec des baumes qu'ils préparaient à partir de substances naturelles. On découvre aujourd'hui les méthodes d'application des baumes et leur composition.

Comment les Égyptiens conservaient-ils les corps des momies? Au V^e siècle avant notre ère, l'historien grec Hérodote nous a laissé une description des méthodes employées par les embaumeurs : l'extraction du cerveau par voie nasale, l'ablation des viscères thoraco-abdominaux, le traitement du cadavre par un produit desséchant et par des baumes (voir l'encadré de la page 52). Cependant, la description d'Hérodote est-elle fiable? Elle est en tous cas sommaire et datée. Comment l'embaumeur procédait-il pour momifier le corps avant de l'envelopper dans des bandelettes? Comment préparait-il ses baumes et avec quels ingrédients? Ces méthodes ont évolué au cours du temps, ce qui rend leur reconstitution

d'autant plus difficile. Aujourd'hui, grâce à une étude systématique d'un grand nombre de momies de différentes époques, nous avons élucidé plusieurs mystères.

Nous avons principalement analysé 341 momies complètes ou fragmentaires qui proviennent de la nécropole de la Vallée des Reines, sur la rive Ouest du Nil, face à la ville de Louxor. Là, les archéologues ont retrouvé les restes de 1 100 personnes : les Égyptiens ont utilisé cette nécropole pendant trois périodes. Dans notre série, quatre momies fragmentaires de membres de la famille royale datent du Nouvel Empire (de 1508 à 1085 avant notre ère), 30 momies du personnel des temples (prêtres, jardiniers, parfumeurs, chanteuses...) datent de la Troisième Période

intermédiaire et de la Basse Époque (de 1085 à 332 avant notre ère) et 307 momies datent de la période romaine (de 30 avant notre ère à 325), quand le site servait de nécropole publique, où les momies étaient regroupées par village. Christian Leblanc, de la Mission archéologique française de Thèbes Ouest, a dirigé les fouilles. Nous avons également fait des prélèvements sur des collections de musées, pour les analyses chimiques.

L'extraction du cerveau

Nous examinerons ici les étapes successives de la momification, dans l'ordre selon lequel l'embaumeur les réalisait, qui correspond à la description d'Hérodote.



1. LE PAPYRUS DE BENKEMNOUT (trouvé dans la tombe de Benkemnout) est un exemplaire du *Livre des morts*, que les Égyptiens plaçaient dans les tombes. À gauche, quatre corps noirs dans un

rectangle seraient des cadavres en cours de momification. Ils baigneraient dans une cuve remplie de baume noir : l'embaumeur, après avoir enlevé les viscères et desséché la peau, laissait trem-

L'extraction du cerveau était le premier travail de l'embaumeur. Elle n'avait pas toujours lieu, car le corps de la momie se conservait aussi bien si le cerveau restait en place : il s'asséchait alors sans pourrir. Toutefois, l'extraction faisait probablement partie du rituel de la momification, de sorte qu'elle devint progressivement de plus en plus fréquente : on l'a constatée sur 7 pour cent des momies du Moyen Empire, 40 pour cent des momies du Nouvel Empire et 70 pour cent des momies de la période romaine.

D'après les destructions osseuses observées sur les crânes des momies, nous savons comment l'embaumeur procédait. Généralement, il introduisait un couteau ou une sonde dans la narine, qu'il agrandissait par des mouvements de cisaillement et de rotation. Il atteignait ainsi l'os ethmoïde (entre la cavité nasale et l'orbite), qu'il perforait (voir la figure 2). Contrairement à ce qu'indique le texte d'Hérodote, l'ouverture ainsi formée était trop petite pour que l'embaumeur extraie le cerveau par fragments, en s'aidant d'un crochet. En réalité, le cerveau se liquéfiait rapidement après la mort, et l'embaumeur l'évacuait par lavage. Dans les crânes sans orifice d'évacuation, nous n'avons d'ailleurs pas retrouvé de fragment de cerveau. Dans quelques rares cas,

celui-ci avait séché et formait une galette ratatinée à l'arrière du crâne, dans la fosse occipitale (voir la figure 2). Exceptionnellement, l'embaumeur utilisait l'orbite gauche ou le trou occipital pour retirer le cerveau.

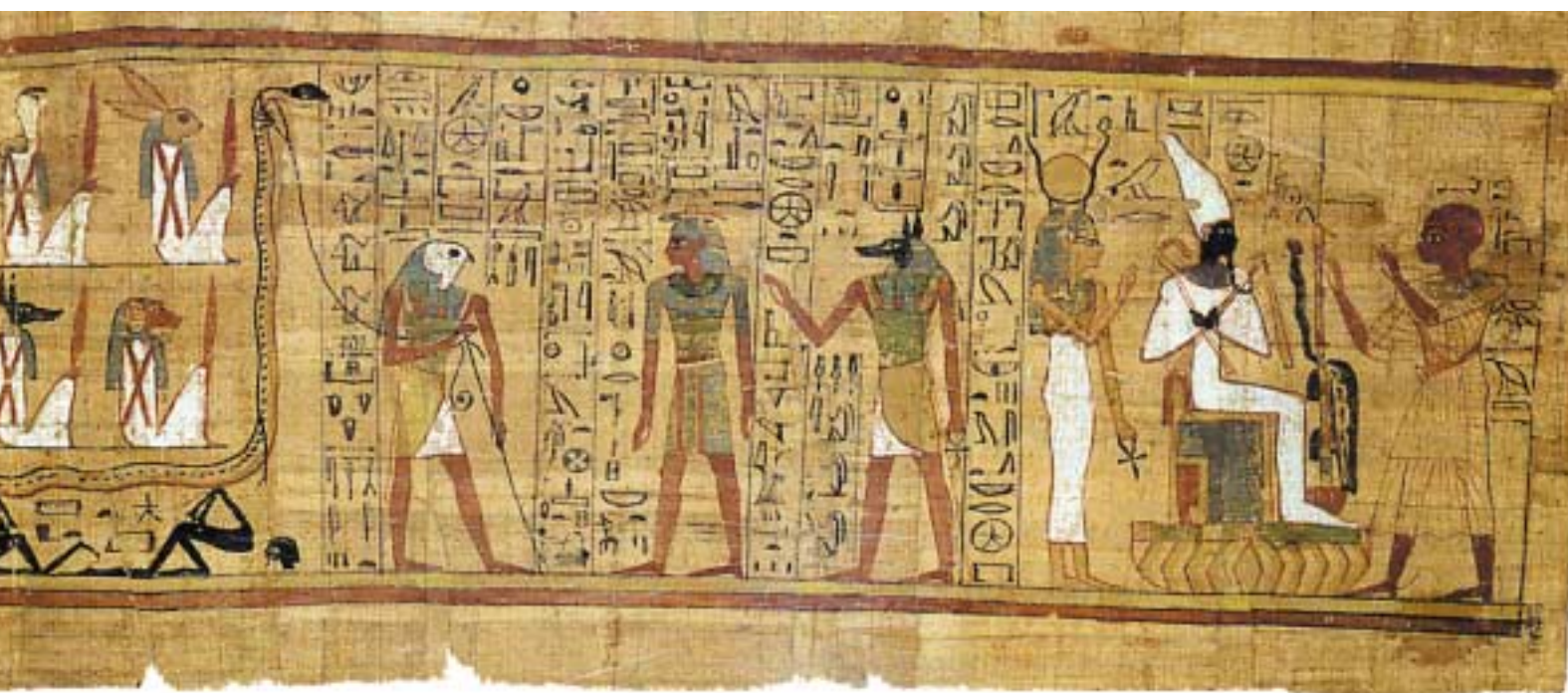
Les crânes de certaines momies contiennent du baume, qui forme une couche épaisse se prolongeant dans la nuque et le thorax. On pensait naguère qu'il servait à maintenir la tête attachée au reste du corps, mais l'observation des 13 crânes qui contenaient du baume (sur les 289 crânes dont l'état permettait une interprétation, parmi les restes des 1 100 personnes retrouvés dans la Vallée des Reines), montre que ce n'est pas toujours le cas. Seuls deux crânes présentaient des traces de baume autour du trou fait par l'embaumeur dans l'os ethmoïde, indiquant que celui-ci les avait peut-être remplis volontairement, à l'aide d'un entonnoir glissé dans la narine. Dans les onze autres, le baume n'était présent qu'au fond du crâne, dans la fosse occipitale. Sa surface formait un plan horizontal quand le corps reposait sur le dos. L'absence d'orifice d'extraction nasale dans deux des onze crânes confirme que le baume n'est pas entré par la narine. Après avoir enlevé les viscères du thorax, l'embaumeur y versait du baume qui coulait dans le cou, puis dans le crâne par le trou occipital.

Parfois, il s'infiltrait dans le tissu sous-cutané de la nuque.

Sur les radiographies des crânes des momies, on distingue parfois une masse opaque dans la fosse occipitale, souvent attribuée à une attache qui aurait maintenu la tête solidaire du tronc. Toutefois, chez les momies que nous avons étudiées, nous n'avons trouvé aucune attache : l'opacité éventuelle résulte de la présence de baume dans le crâne, en provenance du thorax, ou du cerveau desséché, que nous avons retrouvé dans la moitié des crânes non éviscérés de Basse Époque.

L'ablation des viscères du thorax et de l'abdomen

La deuxième étape du travail de l'embaumeur consistait à retirer les organes du thorax et de l'abdomen. Sur les 224 troncs de momies étudiés (les momies interprétables parmi les 341 momies précédemment évoquées), les trois quarts étaient éviscérés. Pour retirer les viscères digestifs, l'embaumeur ouvrait la cavité abdominale en pratiquant une incision, soit en biais dans la fosse iliaque gauche, c'est-à-dire dans le creux du bassin, soit verticalement, au-dessus de l'emplacement précédent, soit sur le côté gauche de l'abdomen (l'incision n'était alors visible que si l'on soulevait le



per les cadavres dans ce baume, qui assurait leur conservation. Le noir était la couleur d'Osiris, dieu des morts et du recommencement, représenté à l'extrémité droite du papyrus, avec une mitre

blanche. Lorsque la momie baignait dans le baume, elle se colorait en noir. Ce faisant, elle se métamorphosait symboliquement en Osiris et atteignait comme lui la vie éternelle.



André Macke

2. LES CRÂNES DES MOMIES n'ont pas toujours été vidés. À gauche, le schéma indique l'emplacement de l'os ethmoïde (en vert), que l'embaumeur perforait parfois en introduisant un couteau dans la narine, pour pratiquer une ouverture dans la boîte crânienne et en retirer le cerveau liquéfié par lavage. Quand l'embaumeur laissait le cerveau en place, celui-ci se desséchait et formait une galette ratatinée dans

la fosse occipitale (en rouge) ou tombait en poussière. Au centre, la fosse occipitale de ce crâne de momie décalotté, vu du dessus, contient du baume noir. L'embaumeur remplissait le thorax de ce baume, qui coulait dans le cou, puis dans le crâne par le trou occipital. À droite, cette radio d'un crâne de momie présente une masse sombre dans la fosse occipitale : elle correspond à du baume.

bras du cadavre). Dans les deux premiers cas, l'embaumeur devait placer le cadavre sur une table basse et soulever la paroi abdominale à l'aide d'un outil écarteur pour introduire son bras dans le thorax, après l'effondrement du diaphragme. Dans le dernier cas, l'opération était plus facile. En plaçant le cadavre sur une table haute, l'embaumeur pouvait plonger son bras dans l'abdomen et le thorax jusqu'en haut des poumons, sans plier le coude. La position de l'incision devait dépendre de la hauteur de la table et des habitudes de l'embaumeur. Elle ne dépend pas de l'époque, car on retrouve les trois emplacements de l'incision à chaque période.

Hérodote avait distingué trois classes de momies en fonction du traitement réservé aux viscères : les momies éviscérées, les momies non éviscérées et les momies non éviscérées contenant des substances caustiques injectées par l'anus à l'aide d'une seringue. Nos observations confirment partiellement cette classification.

Parmi les momies étudiées, 80 pour cent étaient éviscérées ; dans certains cas, l'embaumeur avait partiellement extrait les viscères digestifs et, dans d'autres, il avait éliminé l'ensemble des organes du thorax et de l'abdomen. Au Nouvel Empire, l'embaumeur laissait le cœur en place, mais il le retirait souvent à la Basse Époque et durant la période romaine. Il remplissait les cavités du corps de sachets qui contenaient un mélange de substances miné-

rales, que nous avons analysées dans des échantillons prélevés sur une momie de Basse Époque et deux momies de la période romaine. L'embaumeur retirait ces sachets avant de passer à l'étape suivante de la momification, et il avait probablement oublié ceux d'où proviennent nos échantillons, qui étaient cachés dans des endroits peu accessibles du corps. Le mélange contenait trois substances : du sable (plus de 30 pour cent), de l'albâtre gypseux (contenant du sulfate de calcium) et du natron : des sédiments composés de chlorure de sodium, de carbonate de sodium, de bicarbonate de sodium et de sulfate de sodium, qui se déposent sur les rives des lacs, lorsque leur niveau a baissé, ou au fond, quand ils sont asséchés. Le natron a une composition qui dépend de sa provenance, mais, dans tous les cas, il desséchait les organes, jusqu'à les réduire parfois en poussière. Le cadavre perdait aussi ses graisses, parce que celles-ci, en réagissant avec le natron, se transformaient en savon. Celui-ci était ensuite éliminé par lavage.

Quand l'embaumeur ne retirait pas les viscères, il éliminait les liquides engendrés par la décomposition du cadavre en plaçant une masse de baume de plusieurs kilogrammes sur l'abdomen. Nous avons retrouvé celle-ci à même la peau, sous les linceuls.

Enfin, la méthode qui faisait usage des substances caustiques est absente du groupe de momies que nous avons étudiées.

Insectes et momies

Combien de temps la préparation de la momie durait-elle ? Les textes anciens ne s'accordent pas. Hérodote parle de 70 jours : «Après quoi, ils salent le corps en le couvrant de natron pendant 70 jours ; ce temps ne doit pas être dépassé. Les 70 jours écoulés, ils lavent le corps et l'enveloppent tout entier de bandes découpées...» L'historien grec Diodore de Sicile, du I^{er} siècle avant notre ère, parle de «30 jours pour la durée des soins à donner à tout le corps». Dans la Genèse, «Joseph ensevelit son père en le préparant en 40 jours et il le pleura pendant 70 jours».

Nous avons estimé la durée de préparation des momies à l'aide de résultats obtenus par la médecine légale, qui distingue huit vagues successives d'insectes envahisseurs de cadavres après la mort. En effet, nous avons retrouvé les traces de deux sortes d'insectes englués dans les baumes des momies : des enveloppes chitineuses (ou pupes) vides de larves de diptères (sortes de mouches) du genre *Calliphora* et des dermestes (des petits coléoptères) du genre *Frischi Kugelman*.

Les diptères *Calliphora* constituent la première escouade d'insectes. Ils envahissent le cadavre dans les 24 premières heures après la mort. Toutes les pupes découvertes étant vides, ils ont eu le temps d'envahir le cadavre et de pondre des œufs qui sont devenus adultes. La deuxième escouade de diptères était absente à cause de

l'ablation ou de l'assèchement des viscères, dont seule la putréfaction attire ces insectes. En revanche, nous avons retrouvé des traces de la troisième escouade : des dermestes nécrophages qui avaient été attirés par la peau et par les muscles desséchés. Dès leur apparition, l'embaumeur savait qu'il devait passer à l'étape suivante de la momification : il retirait le natron et lavait le corps, évacuant ainsi les dermestes et les pupes vides (nos prélèvements correspondent aux pupes et aux dermestes qui n'avaient pas été enlevés par lavage), puis il enduisait le corps de baume.

D'après ces observations, le corps restait dans le natron pendant toute la durée du cycle de croissance des diptères *Calliphora*, c'est-à-dire en moyenne 40 jours. Les dermestes indiquent seulement que le corps était desséché, mais ils ne révèlent pas combien de temps il avait mis pour atteindre cet état. Les 70 jours mentionnés par Hérodote représentent probablement le temps nécessaire à l'ensemble des opérations de préparation de la momie jusqu'à son inhumation, 70 jours après la mort. Cette période correspond aux sept décans du calendrier égyptien liés à la mort et à la renaissance d'Osiris.

Préparation des cavités et de la peau

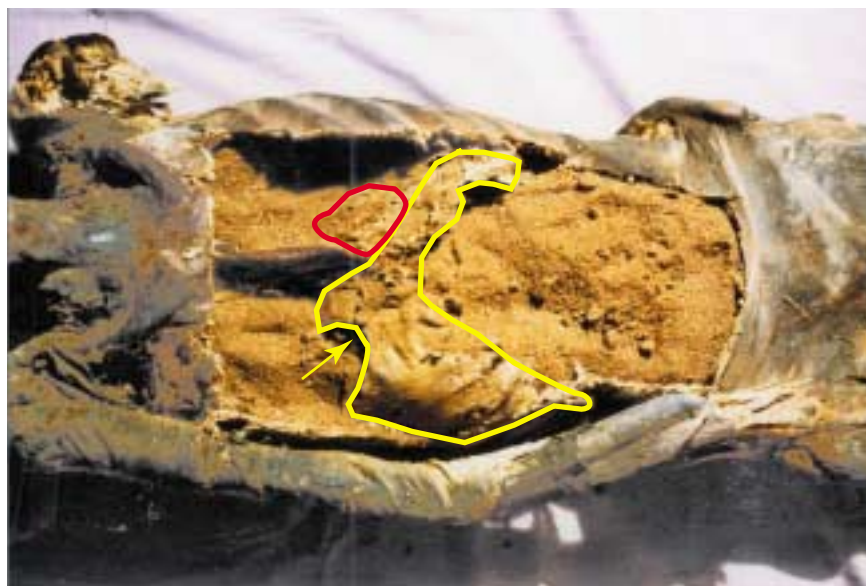
Après avoir retiré le natron du cadavre, l'embaumeur traitait les cavités et la peau avec un même baume, selon des méthodes qui ont évolué au cours du temps. Au Nouvel Empire, il employait un baume qui donnait à la peau une teinte rougeâtre. Il bourrait les cavités d'une masse compacte de tissus de lin, pour que la momie conserve sa forme humaine, et plaçait les viscères dans des vases qui accompagnaient le défunt. À la Basse Époque, la peau des momies allait du blanc orangé au rouge noirâtre, selon la composition des baumes. L'embaumeur remplissait les cavités de morceaux de tissu lâches et de sciure de bois (voir la figure 3). Il déposait les paquets de viscères enveloppés de linges sur le ventre ou entre les jambes. À la période romaine, le baume le plus utilisé (présent dans 94 pour cent des momies étudiées) était noir (voir la figure 4). Il servait à remplir la cavité thoraco-abdominale et à protéger la peau, même en l'absence d'éviscération.

D'après nos observations, chaque repli de peau est recouvert de baume :

l'embaumeur immergeait probablement le corps dans un bain de baume plutôt qu'il ne le badigeonnait avec des brosses ou ne l'aspergeait, ce qui n'aurait pas donné un tel résultat. En outre, deux illustrations antiques soutiennent notre hypothèse : une scène iconographique du chapitre 126 du *Livre des morts* (le livre avec lequel les Égyptiens enterraient leurs morts), où le «Lac de Feu» apparaît comme une cuve chauffée par le dessous, et le papyrus de Benkemnout, où quatre cadavres noirs baignent dans une cuve (voir la figure 1).

Le corps était ensuite égoutté et déposé sur un lit en bois, dont les

traces sont parfois visibles sur le dos de la momie. L'embaumeur plaçait le corps sur le côté droit et versait du baume dans l'abdomen. Il devait maîtriser la température du baume : quand celui-ci n'était pas assez chaud, il n'était pas suffisamment fluide pour pénétrer dans la totalité des cavités ; quand il l'était trop, il risquait de carboniser les tissus. Entre ces deux extrêmes, nous avons observé les indices de différentes températures du baume : une couche épaisse semblable à de la pierre ponce (baume très chaud), une masse vitrifiée (baume moins chaud), une masse pâteuse (baume encore moins chaud).



3. DU BAUME NOIR contenant quelques fragments de viscères remplit l'abdomen de cette momie de la période romaine (*en haut*). Une boule de tissu obstrue l'ouverture que l'embaumeur avait pratiquée dans le flanc pour retirer les viscères. Le cœur, toujours en place, est la masse triangulaire grise entre les côtes. En bas, de la sciure de bois et du tissu remplissent l'abdomen de cette momie de la Basse Époque. L'embaumeur avait perforé (*flèche jaune*) le diaphragme, délimité par le trait jaune, pour enlever les viscères du thorax. Le cœur, délimité par le trait rouge, est toujours en place.

Avant d'obturer l'orifice abdominal avec un linge roulé en boule (voir la figure 3), l'embaumeur y plaçait des fragments de viscères trempés dans le baume et malaxés pour former un ou plusieurs cylindres de dix centimètres de longueur. Nous en avons retrouvé un à six dans 74 pour cent des momies étudiées. Les momies qui renfermaient quatre cylindres ne représentaient que 29 pour cent des cas. Pourtant, le nombre 4 intervient souvent dans les rituels liés à la mort : il correspond notamment aux quatre paquets de viscères, déposés dans les quatre vases canopes à l'effigie des fils d'Horus, au Moyen Empire.

L'étude chimique des baumes

Quelle était la nature des baumes ? Encore aujourd'hui, les revues et les livres qui les mentionnent sont imprécis. Par exemple : «On prend l'habitude d'enduire le corps d'une substance noire, luisante comme de la poix [...] désignée sous le vocable de "bitume", bien

que ce produit puisse avoir une composition chimique variable» ; «Certains sarcophages sont également badigeonnés de noir, mais il n'est pas sûr qu'il s'agisse de la même substance [...] Peut-être s'agit-il d'un vernis ne noircissant qu'avec le temps» ; «Le produit responsable de la couleur noire dont la nature chimique et la provenance sont encore discutées [...]. Certains auteurs considèrent qu'il s'agit de bitume que l'on ferait venir de la mer Morte, alors que d'autres pensent qu'il s'agit de produits végétaux dont la couleur noire serait due à des transformations chimiques survenant au cours du temps» (*Les momies et la mort en Égypte*, par Françoise Dunand et Roger Lichtenberg, Éditions Errance, 1998) ; «Les cavités sont embaumées avec des toiles imbibées de résines aromatiques comme la myrrhe et la cinnamome» (numéro hors série d'*Historia*, avril 1999).

Ces citations révèlent les doutes des égyptologues sur la composition chimique des baumes. Nombre de spécialistes se réfèrent encore à *Ancient Egypt-*

tian Materials and Industries («Matériaux et industries de l'Égypte ancienne») de John Harris et Alfred Lucas, publié en 1926 (remis à jour pour la dernière fois en 1962 et réédité en 1989). Toutefois, Harris et Lucas ne disposaient pas de méthodes d'analyses chimiques fines pour identifier les baumes. Depuis plus de dix ans, nous analysons la composition chimique des baumes. Ce travail a débouché sur l'identification des ingrédients employés pour les préparer.

Nous avons prélevé des échantillons sur de nombreuses momies de plusieurs musées (musée Guimet de Lyon, musée d'Hildesheim et vases canopes du musée Kestner en Allemagne, Musée d'anthropologie et d'ethnographie de Turin, Musée national de Varsovie) avant de travailler sur 12 momies de la Vallée des Reines, parmi celles décrites précédemment. Les résultats qui suivent représentent la synthèse des connaissances acquises sur ce vaste ensemble de momies datant de la troisième période intermédiaire, de la Basse Époque et de la période romaine (de 1000 avant notre ère à 400 de notre ère). À des époques plus anciennes, les recettes des baumes n'étaient probablement pas les mêmes.

Pour analyser les baumes, nous avons employé des techniques qui n'existaient pas il y a 30 ans, quand on a voulu déterminer leur composition chimique. Aujourd'hui, elles sont utilisées dans la géochimie organique pétrolière, notre domaine d'expertise. Nous avons trié par familles les molécules présentes dans les baumes, grâce à des méthodes variées, telles l'extraction et la précipitation par des solvants, la chromatographie en phase liquide ou gazeuse. Dans cette dernière technique, on injecte le mélange de molécules à séparer (sous forme liquide ou gazeuse) dans une colonne emplie de «billes» qui ralentissent l'écoulement ; les billes sont recouvertes de molécules qui se lient à certains composants des mélanges à séparer. Ainsi, les billes freinent plus ou moins le passage des divers composants des mélanges dans la colonne, si bien qu'ils sortent à des temps différents, ce qui les sépare les uns des autres. Nous analysons les fractions ainsi obtenues par spectrométrie de masse, afin de déterminer la nature exacte des molécules qu'elles contiennent : les composés chimiques sont bombardés par des électrons qui les dissocient en fragments en les ionisant. Puis les ions formés passent dans un

La momification selon Hérodote

Au ^{ve} siècle avant notre ère, l'historien grec Hérodote avait décrit les étapes de la momification : «Voici leurs deuils et leurs cérémonies funébres [...]. Cela fait, on emporte le corps pour le faire embaumer. Il y a des gens spécialement chargés de ce travail et dont c'est le métier. Quand on leur apporte un mort, ils montrent à leurs clients des maquettes de cadavres, en bois, peintes avec une exactitude minutieuse. Le modèle le plus soigné représentent, disent-ils, celui dont je croirais sacrilège de prononcer le nom en pareille matière ; ils montrent ensuite le second modèle, moins cher et moins soigné, puis le troisième, qui est le moins cher de tous. Après quoi, ils demandent à leurs clients de choisir le procédé qu'ils désirent voir employer pour leur mort. La famille convient du prix et se retire ; les embaumeurs restent seuls dans leur atelier et voici comment ils procèdent à l'embaumement le plus soigné : tout d'abord, à l'aide d'un crochet de fer, ils retirent le cerveau par les narines ; ils en extraient une partie par ce moyen et le reste en injectant certaines drogues dans le crâne. Puis avec une lame tranchante en pierre d'Éthiopie, ils font une incision le long du flan, retirent tous les viscères, nettoient l'abdomen et le purifient avec du vin de palmier et, de nouveau, avec des aromates broyés. Ensuite, ils remplissent le ventre de myrrhe pure broyée, de cannelle et de toutes substances aromatiques qu'ils connaissent, sauf l'encens, et le recousent. Après quoi, ils salent le corps en le couvrant de natron pendant 70 jours ; ce temps ne doit pas être dépassé. Les 70 jours écoulés, ils lavent le corps et l'enveloppent tout entier de bandes découpées dans un tissu de lin très fin et enduites de la gomme dont les Égyptiens se servent d'ordinaire au lieu de colle [...].

Pour qui demande l'embaumement à prix moyen et ne veut pas trop dépenser, voici leur méthode : les embaumeurs chargent leur seringue d'une huile extraite du cèdre et emplissent de ce liquide le ventre du mort, sans l'inciser et sans retirer les viscères ; après avoir injecté le liquide par l'anus, en l'empêchant de ressortir, ils salent le corps pendant le nombre de jours voulu. Le dernier jour, ils laissent sortir de l'abdomen l'huile qu'ils avaient introduite ; ce liquide a tant de force qu'il dissout les intestins et les viscères et les entraîne avec lui. De son côté le natron dissout les chairs et il ne reste que la peau et les os du cadavre. Après quoi, les embaumeurs rendent le corps sans lui consacrer plus de soins.

Voici la troisième méthode d'embaumement, pour les plus pauvres : on nettoie les intestins avec de la syrmia, on sale le corps pendant les 70 jours prescrits, puis on le rend aux parents qui l'emportent.»

Euterpe (traduction par Barguet)



André Mache

4. CES MOMIES D'ÉPOQUE ROMAINE sont respectivement colorées en noir et en rouge par deux baumes de compositions différentes : elles montrent la diversité des recettes employées par les embaumeurs égyptiens.

champ magnétique qui les dévie plus ou moins en fonction de leur masse. Les spectres de masse sont caractéristiques des molécules de départ.

Cependant, à l'échelle moléculaire, les baumes sont des mélanges complexes. Afin d'interpréter les spectres et de reconnaître la signature chimique des différents ingrédients des baumes, nous avons d'abord analysé un ensemble assez large de produits naturels susceptibles d'avoir servi à les fabriquer, notamment des résines de conifères (cèdre, pin parasol, pin maritime, pin d'Alep, sapin, mélèze), des goudrons de pins et de bouleau (obtenus par pyrolyse du bois ou de son écorce), des résines de térébinthe (un pistachier), de la myrrhe, de l'encens, de la cire d'abeille, des bitumes provenant de plusieurs sources.

En comparant les spectres des baumes anciens et des produits naturels, nous avons découvert que les baumes contiennent des molécules d'acide abiétique, de rétène et de longifolène, présentes dans les résines et les goudrons de conifères. Ces deux types de produits sont les principaux constituants de la plupart des baumes.

Quels ingrédients ?

Nous n'avons pas identifié de résine de térébinthe (telle la résine de Chio, une île grecque), fréquemment citée dans les traductions de textes égyptiens. Les références à cette résine résulteraient d'une erreur de traduction : dans l'Antiquité, le mot romain de «térébinthe» ne désignait pas la résine de Chio, mais la résine de conifère.

Quoi qu'il en soit, la résine de conifères avait deux avantages. Elle assurait la bonne conservation des corps et fut employée pour cette propriété dès l'Ancien Empire. En outre, son prix était inférieur à celui des autres résines et gommes. Par exemple, la résine de Chio était dix fois plus chère que la résine de conifères. Son prix était voisin celui de la myrrhe et de l'encens.

Outre les molécules caractéristiques des résines et des goudrons de conifères, les baumes contenaient aussi des stéranes, du pristane, du phytane et des hopanes. Ce sont des «molécules fossiles» : elles résultent de la modification lente de restes d'organismes vivants dans les sédiments et sont absentes de la biosphère. Par exemple, les hopanoïdes, l'analogue du cholestérol pour

les micro-organismes, se transforment en hopanes. Les proportions des molécules fossiles dans les baumes analysés correspondent à celles du bitume de la mer Morte. Dès 1989, ces analyses ont prouvé que ce bitume était l'un des constituants des baumes. La même année, Jürgen Rullkötter, de l'Université d'Oldenbourg (Allemagne), et Arie Nissenbaum, de l'Institut Weizmann (Israël), avaient déjà publié des analyses chimiques qui prouvaient également la présence de bitume dans les baumes. L'incertitude qui demeurait dans la dernière édition d'*Ancient Egyptian Materials and Industries* était ainsi levée. Les auteurs, qui s'étaient appliqués à détruire toute preuve de la présence de bitume dans les baumes, ne se seraient peut-être pas trompés s'ils avaient consulté les textes antiques : quand Cléopâtre voulut se passer des Nabatéens (ancien peuple de l'Arabie du Nord-Ouest), qui exportaient le bitume de la mer Morte vers l'Égypte, ceux-ci se vengèrent en incendiant la flotte égyptienne dans le port d'Alexandrie.

Le bitume était le deuxième constituant principal des baumes, après les résines et goudrons de conifères. Il représentait en moyenne cinq à dix

pour cent des baumes et exceptionnellement jusqu'à 30 pour cent. En général, ce bitume vient de la mer Morte. Cependant, nous avons trouvé du bitume qui semble venir de Hit, en Irak. Le bitume du Djebel Zeit, près de la mer Rouge (Égypte) et celui du Sinaï (Israël) ou du Yémen ont peut-être aussi servi à la confection des baumes.

Pourquoi les embaumeurs employaient-ils ce bitume coûteux ? Parce qu'il noircissait les momies. Le noir était la couleur d'Osiris, dieu des Morts et du Recommencement (voir la figure 1). Lorsque la momie prenait cette couleur, elle se métamorphosait symboliquement en Osiris et atteignait comme lui la vie éternelle.

D'après la présence dans les baumes de molécules de cérides, des molécules formées à partir d'acides gras qui constituent la cire d'abeille, celle-ci était souvent le troisième constituant principal des baumes. Les

embaumeurs s'en servait peut-être pour abaisser la température de fusion du baume et faciliter ainsi sa pénétration dans des endroits du corps difficiles d'accès, tels le crâne et l'abdomen. Cependant, l'utilisation de cire s'explique peut-être aussi par les croyances des Égyptiens qui lui attribuaient des pouvoirs magiques.

Enfin, les baumes contiennent des molécules de furanones, courantes dans les parfums, et de sesquiterpènes, des lipides présents surtout chez les plantes. Nous ignorons encore de quelles espèces de plantes ils proviennent.

Les baumes contiennent aussi des graisses. Quelques égyptologues ont mentionné la possibilité de contamination des baumes par la graisse de la momie elle-même. Nous avons écarté cette hypothèse, pour deux raisons : les acides gras précédemment mentionnés sont présents dans les baumes des bandelettes qui ne touchent pas

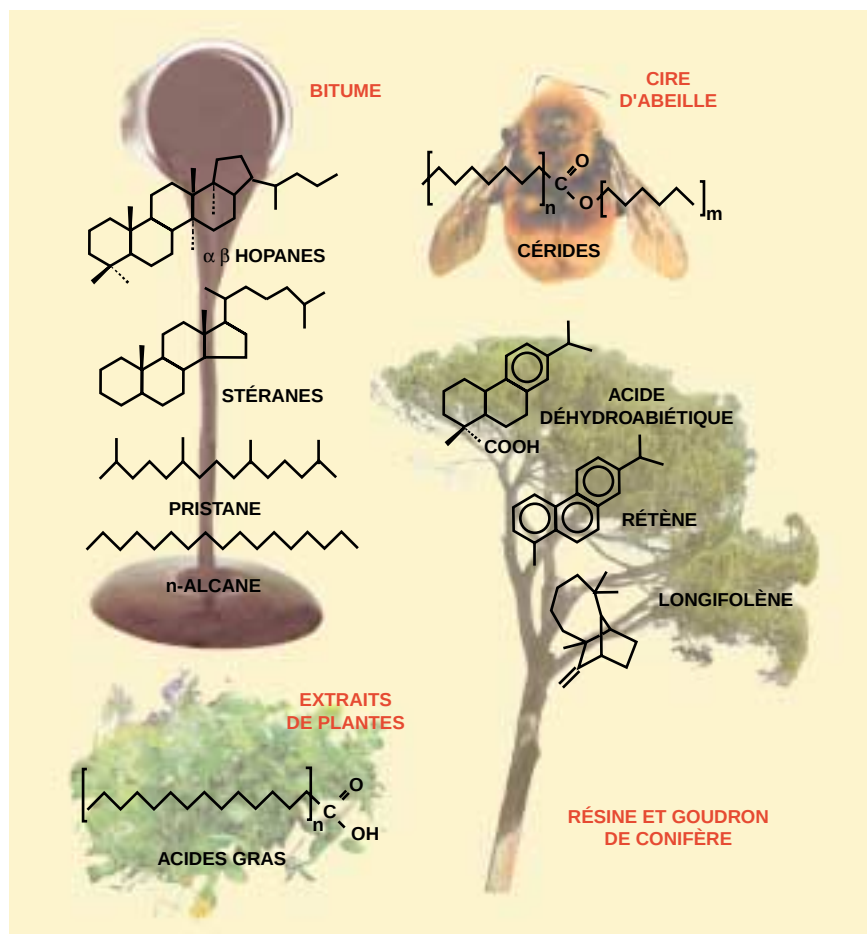
la momie ; en outre, le traitement au natron, qui précède l'application des baumes, transforme les graisses de la momie en savon.

Substances animales ou végétales ?

Les graisses étaient-elles d'origine animale ou végétale ? Les papyrus médicaux de l'Égypte ancienne rapportent que des graisses animales servaient à la confection de nombreux remèdes. Cependant, dans les baumes, nous avons surtout trouvé des acides gras légers (de six à dix atomes de carbone), présents dans les plantes. Étaient également présents des acides gras plus lourds (de 14 à 18 atomes de carbone, notamment l'acide stéarique et l'acide palmitique), mais ceux-ci sont présents dans le règne végétal comme dans le règne animal. Comment savoir leur provenance ? À cette fin, nous avons déterminé les proportions des atomes de carbone 12 et de carbone 13, dont les noyaux comportent respectivement six et sept neutrons, en plus de six protons. Ces analyses « isotopiques » indiquent que les acides gras des baumes seraient plutôt d'origine végétale : selon leur métabolisme, les plantes et les animaux s'enrichissent plus ou moins en carbone 12 ; les proportions mesurées dans les acides gras sont plutôt celles des plantes. En définitive, nous n'avons pas trouvé de preuve de l'emploi de graisses animales dans les baumes : les Égyptiens répugnaient peut-être à les utiliser étant donné qu'ils considéraient de nombreux animaux comme des dieux.

D'après l'ensemble de nos analyses, les proportions des quatre constituants principaux (résine et goudron de conifères, bitume, cire d'abeille et plantes) variaient beaucoup. Chaque constituant n'était pas systématiquement présent dans tous les baumes. Les recettes des embaumeurs n'étaient pas bien définies par les règles religieuses, et chacun faisait probablement avec ce qu'il avait.

D'après R. Evershed et ses collègues de l'Université de Bristol, avant cette Troisième Période intermédiaire, dont datent les plus anciennes momies que nous avons étudiées, au Moyen et au Nouvel Empire, les embaumeurs utilisaient surtout des gommes et résines. D'autres travaux convergents ont montré que les baumes de la momie de Ramsès II (Nouvel Empire) sont à base



5. LES BAUMES étaient composés de résine et de goudron de conifère, de bitume, de cire d'abeille et d'extraits de plantes. Grâce à l'analyse chimique des baumes, notamment par chromatographie et par spectrométrie de masse, on identifie les molécules qu'ils contiennent (on a représenté ici leur squelette carboné, les lettres *m* et *n* indiquant que les longueurs des chaînes sont variables). Par comparaison avec les analyses des substances naturelles susceptibles d'avoir servi à la préparation des baumes, on identifie leurs ingrédients.

de gomme adragante (extraite des tiges de l'astragale, un arbrisseau épineux). Cependant, les embaumeurs utilisaient déjà la résine de conifères du temps de la momie de Idu II, secrétaire général de l'office du commerce du bois de pin vers 2200 avant notre ère.

La préparation des baumes

Grâce aux analyses chimiques, nous avons pu appréhender certaines conditions de préparation et de conservation des baumes. La présence d'esters éthyliques d'acides gras, molécules formées par réaction de l'alcool éthylique avec les acides gras, indique que l'embaumeur devait utiliser du vin pour préparer les baumes. L'absence de craquage thermique intense (dissociation des molécules sous l'action de la chaleur) indique que la température du baume restait modérée (probablement inférieure à 200 °C), lors de sa préparation. L'embaumeur chauffait les ingrédients jusqu'à la température de fusion. En général, le baume des momies est très bien conservé, car il est protégé de tout contact avec l'atmosphère par les bandelettes. Toutefois, la présence de molécules issues de la dégradation thermique des hydrocarbures, sur l'une des momies, indique qu'elle a atteint une température de plusieurs centaines de degrés, confirmant ainsi l'hypothèse d'un incendie, allumé dans la tombe par des pillards.

Aujourd'hui, on connaît les grandes lignes de la composition chimique des baumes, ainsi que leurs principaux ingrédients. Pourtant, certains égyptologues continuent d'employer indifféremment les termes «baume»,

«bitume», «asphalte», «résine», «gomme» pour désigner les produits utilisés par les embaumeurs. Ces termes trop précis ne correspondent pas aux résultats des analyses, qui établissent définitivement que les baumes sont des mélanges de résine et de goudron de conifère, de bitume, de cire d'abeille et d'extraits de plantes. On ne devrait utiliser que le terme «baume», qui évoque le matériau préparé par les embaumeurs, mais ne préjuge en rien de sa composition chimique.

La chimie des baumes ne nous a pas encore livré tous ses secrets. Récemment, nous avons différencié la signature chimique de la résine brute (la gemme) et du goudron de conifère (la poix) en étudiant des calfatages de bateaux de l'époque gallo-romaine (du I^{er} siècle avant notre ère au III^e siècle de notre ère). Nous pourrions utiliser ce résultat pour parfaire notre connaissance des baumes.

Reste également à déterminer les plantes dont les embaumeurs utilisaient les extraits. La chimie des parfums devrait nous y aider.

Enfin, nous projetons de déterminer les proportions des ingrédients déjà identifiés, autres que le bitume, pour lequel nous connaissons les quantités utilisées. Cette tâche requiert l'analyse des étalons de chaque ingrédient, dont la composition varie suivant sa provenance. Au total, le nombre de références à accumuler et à comparer aux analyses des baumes est de plus en plus volumineux au fur et à mesure du progrès des connaissances, ce qui laisse encore beaucoup de travail avant que nous puissions répondre à toutes les questions que posent les baumes.

Jacques CONNAN est directeur de recherche associé au Laboratoire des substances naturelles de Strasbourg (CNRS) et expert international en géochimie organique à *Totalfina Elf* (Pau). André MACKE est médecin, spécialiste en radiologie et en imagerie médicale. Christiane MACKE-RIBET, aujourd'hui décédée, était médecin. A. Macke et Ch. Macke-Ribet ont collaboré avec l'Institut d'égyptologie thébaine du Louvre (CNRS) et le Centre d'études et de documentation sur l'Ancienne Égypte.

F. DUNAND et R. LICHTENBERG, *Les momies et la mort en Égypte*, Éditions Errance, 1998.

A. MACKE, Ch. MACKE-RIBET et J. CONNAN, *Ta Set Neferou. Une nécropole de Thèbes-Ouest : momification, chimie des baumes, anthropologie, paléopathologie*, Nubar Printing House, Le Caire (à paraître).

A. MACKE et Ch. MACKE-RIBET, *Intérêt de l'entomologie pour préciser le déroulement de l'embaumement en Égypte ancienne ou la médecine légale au secours d'Hérodote*, in *Journal de médecine légale, Droit médical*, n° 37, pp. 495-503, 1994.

M. MORCELLET, A. MACKE et Ch. MACKE-RIBET, *Étude des composés utilisés pour «dessécher» les momies*, in *Memnonia*, vol. VIII, pp. 97-210, 1997.

