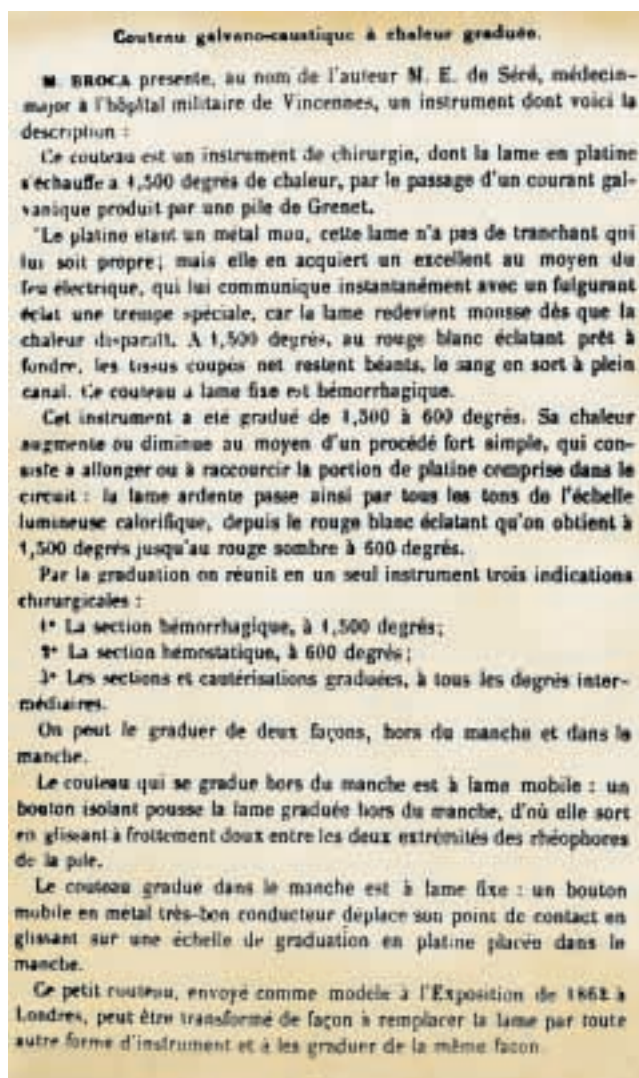


moins chère et moins encombrante. Auguste Nélaton, chirurgien de l'Empereur, est conquis par le couteau d'Eugène de Séré. Il l'essaie dès 1860, d'abord sur un cadavre, puis sur un malade ayant un cancer récidivant du bras. La résection de la tumeur est parfaite, mais la température étant élevée, le couteau est très tranchant, et de Séré craint les risques d'hémorragie. Sa crainte est fondée : aussi de Séré imagine-t-il un dispositif qui lui permet d'ajuster la température et, par là-même, de transformer le bistouri tranchant en un cautère.

Grâce à trois réglages indépendants, la pile de Grenet à insufflation assure l'obtention d'un courant d'intensité variable. D'une part, la pile est équipée d'un soufflet qui injecte de l'air dans le liquide de la pile. Quand on actionne le soufflet, le contenu de la cuve de 50 litres est homogénéisé et l'intensité du courant produit augmente. D'autre part, le courant varie selon la hauteur de zinc qui est immergée dans le liquide : quand on soulève les plaques de zinc, l'intensité du courant diminue. De Séré imagine une pédale qui permet au chirurgien en cours d'opération de régler l'intensité avec le pied. Enfin, dans le couteau lui-même, une sorte de rhéostat affine le réglage de la température, c'est-à-dire de l'effet recherché (section ou coagulation).

CAUTÈRE ET BISTOURI

Le 23 mars 1863, de Séré présente son couteau galvano-caustique à l'Académie des Sciences, et Paul Broca le fera devant la Société impériale de chirurgie en février 1866 (voir le *compte rendu ci-dessus*). La principale innovation de cet instrument est sa température ajustable de 600 à 1 500 °C. Quel est l'intérêt de faire varier la température du couteau ? Le tranchant du couteau en platine change en fonction de la température : «mousse» ou «éponge» de platine à basse température, il devient très tranchant et d'un blanc éblouissant à haute température (il fond à 1 750 °C). Or les chirurgiens savaient déjà que la température recommandée pour cautériser les plaies est de l'ordre de 600 °C : à cette température, le couteau d'Eugène de Séré sert de cautère. Au contraire, vers 1 500 °C, le couteau



ne cautérise plus, mais il devient un bistouri extrêmement acéré. Pour sectionner les polypes ou les tumeurs difficiles à atteindre avec le couteau, de Séré remplace le couteau par une «anse coupante», une sorte de lasso dont la température, comme celle du bistouri, peut varier de 600 à 1 500 °C. Quand le fil est épais ou que plusieurs brins sont tressés, l'effet de coagulation est favorisé ; quand le brin est fin, c'est l'effet de section qui prédomine. Toutefois, lorsqu'il est très chaud, un fil de platine se rompt facilement.

Le couteau de de Séré est rapidement reconnu par les chirurgiens comme une innovation importante. Il est décrit dans l'*Arsenal de la chirurgie contem-*

poraine qu'Émile Spillmann, médecin au Val-de-Grâce, publie en 1872. Toutefois, Eugène de Séré ne verra pas la consécration de son instrument, car il meurt le 30 août 1870 : la France a déclaré la guerre à la Prusse le 18 juillet 1870, et l'infirmerie où a été affecté de Séré se trouve près de Mouzon, à portée de canon des troupes prussiennes ; lors d'une attaque, il est tué d'une balle en pleine poitrine, alors qu'il soigne les blessés dans l'infirmerie. L'armée française, commandée par Napoléon III et par Mac Mahon, encerclée dans la cuvette de Sedan, est contrainte à la capitulation le 2 septembre 1870.

DE LA PILE AU LASER

Si le principe de la température variable est conservé dans les bistouris qui suivent celui de de Séré, l'alimentation électrique est notablement perfectionnée : d'abord grâce aux recherches de Nikola Tesla sur les courants de haute fréquence, puis grâce à celles de Jacques Arsène d'Arsonval qui étudie les propriétés biologiques de ces courants de haute fréquence, désormais maîtrisés. L'Américain W. Bovie utilise le premier des lampes TSF, qui assurent notamment une inten-

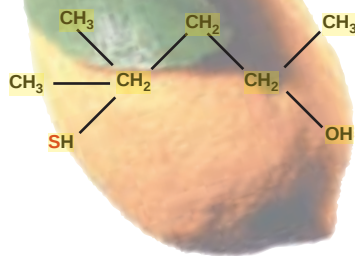
sité maximale moins élevée, de sorte que les tissus sont détruits sur une plus faible épaisseur. Dans le bistouri de de Séré, à basse température, c'est la coagulation des protéines qui est l'effet biologique prédominant, tandis qu'à température élevée, les tissus sont vaporisés.

L'obtention d'un courant de haute fréquence stable et la maîtrise de la pénétration du bistouri ont été les deux améliorations les plus notables apportées au bistouri de de Séré. Aujourd'hui, les chirurgiens qui expérimentent les bistouris à laser sont confrontés aux mêmes difficultés que les chirurgiens du XIX^e siècle qui découvraient les applications médicales de l'électricité : maîtriser la profondeur d'attaque et l'échauffement des tissus.

Alain SÉGAL est médecin et secrétaire général de la Société française d'histoire de la médecine. Jean-Jacques FERRANDIS est médecin en chef au Val-de-Grâce et conservateur du musée du Service des armées.

A. SÉGAL, *Le bistouri électrique*, in *Acta endoscopica*, vol. 18, n° 3, pp. 219-228, 1988.

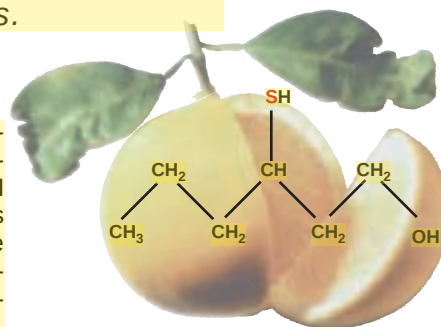
A. SÉGAL et J.-J. FERRANDIS, *Eugène de Séré (1828-1870) inventeur du bistouri électrique*, in *Histoire des sciences médicales*, tome 23, n° 3, pp. 255-264, 1998.



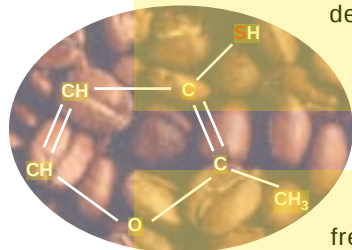
Le soufre et le vin

HERVÉ THIS

Les composés soufrés des vins sont, selon les molécules, responsables de défauts ou de qualités.

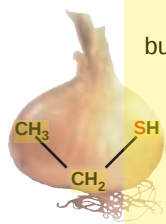


Le soufre dans les vins est-il toujours un défaut ? Dans les années 1960, les excès de certains vignerons soucieux de la bonne conservation de leurs produits ont donné aux molécules soufrées une réputation... sulfureuse : le dioxyde de soufre ajouté en trop grande quantité lors du méchage des tonneaux ou du sulfitage des vendanges provoque de douloureux maux de tête. Toutefois les études biochimiques récentes montrent que le soufre n'est pas à rejeter en bloc : à la Faculté d'œnologie de Bordeaux, des chimistes découvrent que le soufre est capable du pire comme du meilleur, que si quelques molécules soufrées sont responsables de nets défauts, d'autres contribuent aux notes de buis, de genêt, de fruit de la passion, de pamplemousse, etc. dans divers vins blancs ou rouges.



L'œnologie n'a longtemps vu des composés soufrés que leur face Mr Hyde : il est vrai que l'hydrogène sulfuré ou le dioxyde de soufre sont nauséabonds. D'autres molécules soufrées étaient-elles responsables de ces défauts ? Leur identification, qui semblait être la clé d'une modification des méthodes de fermentation ou d'élevage des vins, a débouché sur la découverte de la face Dr Jeekyll. C'est ainsi qu'en 1993, Philippe Darriet et Denis Dubourdieu découvrirent dans les vins de Sauvignon une molécule d'arôme agréable, appartenant à la famille des thiols (avec un groupe composé d'un atome de soufre et d'un atome d'hydrogène -SH, lié à un des atomes de carbone de la molécule).

D'autres composés soufrés contribuaient-ils à l'arôme des vins de Bordeaux ? Takotoshi Tominaga, Valérie Lavigne-Cruege et Patricia Bouchilloux ont mis au point des méthodes d'analyse qui révèlent des composés soufrés présents en concentrations très faibles.



Nombre de molécules soufrées trouvées sont encore des thiols, aromatiquement très actifs : alors que le seuil de perception des alcools (des molécules avec un groupe hydroxyle -OH) est de l'ordre du milligramme ou du microgramme par litre, celui des thiols correspondants est environ 1 000 fois inférieur. D'où l'intérêt de la méthode d'analyse, qui détecte ces «arômes traces», utiles ou nuisibles.

Au total, les études ont montré que beaucoup de composés soufrés volatils responsables de défauts aromatiques dans les vins ont pour origine l'activité ou le métabolisme des levures : au cours de la fermentation alcoolique, ces dernières transforment les acides aminés soufrés du raisin, ainsi que le dioxyde de soufre ajouté pour la conservation.

La connaissance évite-t-elle le défaut ? S'il est assez aisé de diminuer la concentration en hydrogène sulfuré, en réduisant l'apport de dioxyde de soufre ou en soutirant le vin afin de l'aérer, d'autres molécules telles que l'éthanethiol, le méthaneethiol et une autre molécule voisine, le méthionol, semblaient plus difficiles à juguler. Les chimistes ont observé que la concentration en ces composés dépend directement de la turbidité des jus de raisins avant la fermentation alcoolique ; cette turbidité, qui met le jus en contact avec les levures, devra être réduite.

L'exploration du bon côté des molécules soufrées a également donné une moisson de résultats... attendue : on savait que certains thiols participent à l'arôme caractéristique de plantes (genêt, buis), de fruits (cassis, pamplemousse, fruit de la passion, goyave, papaye...), voire d'aliments tels que viande grillée ou café. Or les vins de Sauvignon, qui présentent une grande variété de nuances aromatiques, perdent leurs arômes quand du cuivre est additionné au vin : comme le cuivre se lie chimiquement aux thiols et bloque leur action aromatique, les chimistes soupçonnaient que des thiols étaient également responsables d'arômes des vins.

Le premier thiol identifié en 1993 dans les vins de Sauvignon avait une odeur

de buis ou de genêt, à partir d'une concentration de 40 nanogrammes par litre ; les chimistes bordelais l'ont maintenant retrouvé dans le buis et dans le genêt. Puis, étudiant les vins blancs, ils ont trouvé d'autres molécules qui étaient également présentes dans des fruits : par exemple, le 3-mercaptopentyl-acétate, à nuance dominante de buis, rappelle aussi le zeste de pamplemousse et le fruit de la passion, où on l'a retrouvé ; un autre thiol qui a, selon les environnements chimiques, une odeur de pamplemousse ou de fruit de la passion, a également été trouvé dans ces derniers.

Et dans les vins rouges ? Là encore, les chimistes se sont fondés sur une observation de dégustation : l'intensité des arômes fruités, viandés, et la complexité de l'arôme des vins rouges jeunes de Merlot et de Cabernet Sauvignon diminuent quand les vins contiennent une petite quantité de cuivre. De fait, plusieurs thiols trouvés dans les vins de Sauvignon, ont été récemment identifiés dans les vins jeunes de Merlot, de Cabernet Sauvignon et de Cabernet franc : ils contribuent aux notes de fruits cuits, de cassis, de viande, de café..., à des concentrations aussi faibles que 0,1 nanogramme par litre !

Sur la base de ces découvertes, les œnologues cherchent aujourd'hui à optimiser l'élevage des vins. Ils savent notamment que la conservation des vins blancs sur les lies, où reposent les molécules soufrées des levures, augmente progressivement les concentrations en certains thiols aromatiques.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 29 novembre 1999, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

Rampe ou enveloppes ?

De nouvelles hypothèses remettent en cause l'utilisation de rampes pour la construction des pyramides d'Égypte.

Vous êtes l'architecte du pharaon Khéops et, il souhaite pour tombeau la plus grande pyramide jamais construite. Ses désirs étant des ordres divins – votre tête est en jeu – vous convoquez aussitôt votre cabinet d'étude pour réfléchir au problème. Comment peut-on assembler des milliers de blocs de calcaire de 2,5 tonnes et 90 blocs de granit de 25 tonnes ?

Les égyptologues se perdent encore en conjectures sur les méthodes des architectes égyptiens. Deux écoles s'opposent. La plus répandue propose la construction d'une rampe inclinée progressivement rehaussée et prolongée, sur laquelle des hommes tiraient les blocs de pierre. Selon la deuxième, des machines en bois utilisant le principe du levier hissaient les blocs de pierre d'une

couche horizontale à l'autre. Parmi les tenants de la thèse «machiniste», l'architecte Pierre Crozat a récemment proposé un système en accord avec les écrits de l'historien grec Hérodote (–484 ; –420).

Les partisans des rampes se réfèrent aux textes de Diodore de Sicile (premier siècle avant notre ère). La plus répandue des théories «rampistes» est due à l'égyptologue français Jean-Philippe Lauer qui indique qu'une rampe frontale rectiligne est le système d'érection de la pyramide de Khéops le plus probable (voir la figure). Ses détracteurs opposent le gigantisme nécessaire de cette rampe. En 1983, l'égyptologue Georges Goyon a proposé une rampe hélicoïdale qui enveloppe la pyramide à mesure qu'elle croît. Le volume de cette rampe, qui bénéficie de l'appui de la pyramide, est plus petit que celui de la rampe frontale. Néanmoins, le millier d'hommes nécessaire pour tracter un bloc de 25 tonnes devait manœuvrer difficilement dans les virages à angle droit.

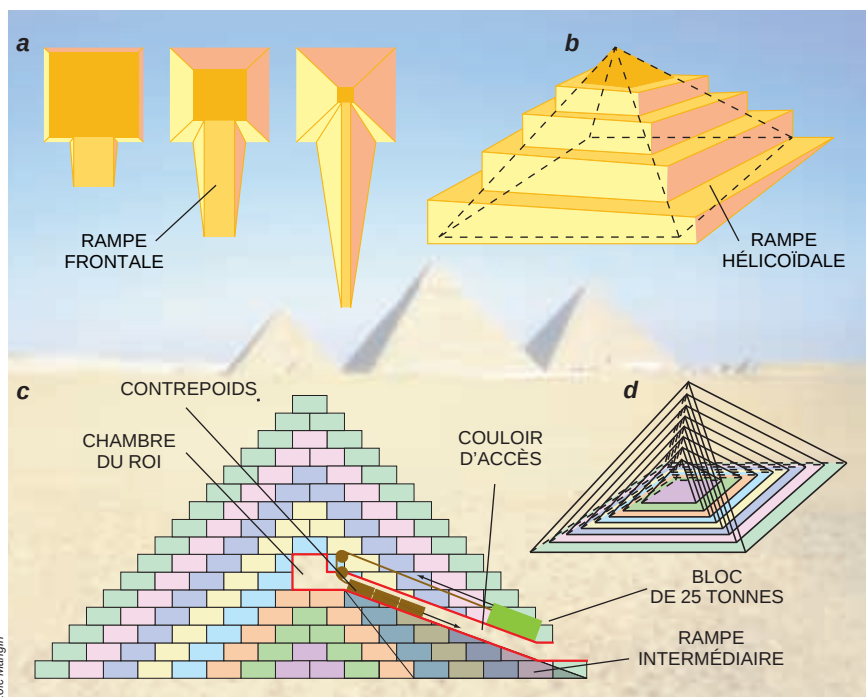
Hérodote évoque, dans *Histoires II*, des pierres utilisées tantôt comme *kro-saï*, c'est-à-dire, en grec, des pierres en surplomb qui dépassent de celles sur lesquelles elle sont posées, tantôt comme

bomides, des pierres d'appui. Ces pierres étaient soulevées par des leviers de bois. P. Crozat a reexaminé ce texte et observé l'agencement des blocs rocheux au sommet et sur les arêtes endommagées de la pyramide de Khéops. Il propose que la pyramide a été construite par juxtaposition d'enveloppes successives (voir c et d sur la figure) : une petite pyramide a été recouverte d'une couche de pierres pour former une nouvelle pyramide un peu plus grande ; puis une nouvelle couche uniforme a été ajoutée à la manière des enveloppes successives d'un oignon. D'une pyramide de cinq blocs (un bloc posé au-dessus de quatre autres arrangés en carré), on construit par ce système récurrent une pyramide qui atteindra, par exemple, les 147 mètres de hauteur de la pyramide de Khéops. Lorsqu'une pierre est soulevée et posée, elle sert d'appui pour la suivante.

Cette théorie expliquerait aussi la construction des couloirs internes qui mènent à la Grande galerie, à la chambre du roi et à la chambre de la reine : sur un côté d'une pyramide intermédiaire (la pyramide orange de la figure c), des ébauches des futures enveloppes sont construites de moins en moins hautes (les blocs sombres de la figure c). Elles créent ainsi une rampe qui devient le plancher du couloir d'accès, lorsque les enveloppes rocheuses sont complétées. Selon P. Crozat, des contrepoids qui glissaient dans cette galerie hissaient les blocs de granit de 25 tonnes. Placés au-dessus de la chambre du roi, ces blocs répartissent la pression exercée par le haut de la pyramide et évitent ainsi l'écrasement de la chambre. Une fois tous les blocs de granit hissés, les contrepoids ont été laissés en place pour obstruer le couloir.

Une vue aérienne du plateau de Gizeh montre que chacune des pyramides est située dans une dépression. De ce constat, ainsi que de la concordance d'orientation de la pyramide avec les fracturations du sol, qui suivent l'une des diagonales, l'architecte propose que les pierres des pyramides ont été prélevées sur le lieu même des constructions. De la même manière que la terre retirée pour creuser un fossé forme un talus à proximité, les pierres ont été prélevées et taillées sur le site de la pyramide.

Depuis 4 500 ans, les pyramides d'Égypte gardent le secret de leur construction et défient la sagacité des historiens. La question a-t-elle enfin sa réponse ?



Selon certains égyptologues, une rampe a été utilisée pour hisser les pierres d'une couche à une autre : elle a pu être frontale (la figure a montre trois étapes de la construction) ou hélicoïdale (b). Pierre Crozat propose un système où, par un mécanisme récurrent, une pyramide est progressivement enveloppée de couches régulières de pierres (c et d). Cette hypothèse permet la construction d'une rampe intermédiaire (blocs foncés de la figure c) qui devient, lorsque les enveloppes rocheuses sont complétées, le plancher du couloir d'accès. Dans celui-ci, des contrepoids (en marron) glissaient pour hisser des blocs de 25 tonnes (en vert).