



Les fruits au sirop

HERVÉ THIS

Comment optimiser la concentration en sucre des sirops où l'on conserve les fruits.

L'automne approche, les fruits s'accumulent, et les frimas verront disparaître les produits des beaux jours. Comment en conserver des vestiges ? La cuisine utilise plusieurs moyens, de la conserve à la congélation. Dans chaque cas, on essaie d'éviter la prolifération microbienne, rapide à température ambiante dans des ingrédients qui contiennent suffisamment d'eau et de matières organiques pour favoriser le développement des micro-organismes. Ce mois-ci, nous vous proposons de vous préoccuper de la technique des fruits au sirop ? Comment la mettre en œuvre de façon rationnelle ?

Ceux qui ont déjà fait des fruits au sirop savent que le cuisinier navigue entre le Charybde du fruit qui gonfle jusqu'à se déchirer, et le Scylla du fruit ratatiné. Et le cuisinier observateur a l'intuition que le premier écueil se rencontre quand son sirop est insuffisamment concentré, tandis que le second se présente quand le sirop est très chargé en sucre. D'où la question : comment doser le sucre ?

La question appelle une analyse du phénomène mis en œuvre dans le procédé culinaire. Généralement les livres de cuisine préconisent d'utiliser des fruits qui n'ont pas atteint une parfaite maturité, de les mettre dans un sirop « à 20 ° » après les avoir piqués, de chauffer les bocaux couverts dans l'eau bouillante (calés avec des linges) pendant un nombre de minutes qui dépend de la taille des fruits : seulement deux minutes pour des groseilles, et cinq pour des abricots, par exemple.

On l'aura compris : l'opération vise à détruire les micro-organismes par chauffage, selon un procédé bien connu depuis l'invention de la conserve. En fait, les cuisiniers d'aujourd'hui mériteraient mieux que la répétition de cette recette ancienne : ils doivent savoir que le degré d'élimination des micro-organismes est proportionnel au couple temps-température. Ici, la température étant fixée, c'est le temps qui doit fixer le degré d'assainissement. Toutefois on observe que les recettes classiques prescrivent, elles, des temps différents selon la grosseur des fruits. C'est une hérésie sécuritaire : pour obtenir le même assainissement, on doit chauffer autant tous les types de fruits... et c'est vrai

que le gastronome n'y trouvera pas exactement son compte : les fruits les plus petits risquent d'être trop cuits.

Un détail en passant : l'usage des linges qui calent les bocaux. Cette fois, la pratique, et non la science, donne la raison de l'usage : quand les bocaux sont ainsi chauffés dans une bassine, l'ébullition de l'eau, qui vient du fond, agite les verreries, qui se brisent quand elles ne sont pas ainsi protégées.

Puis, le problème du sirop. Les recettes sont souvent laconiques : un sirop à 20 ° ? Ces degrés ne sont évidemment pas des degrés Celsius, et il faut être familier avec la confiserie pour savoir qu'il existe une confusion possible entre les degrés Baumé, égaux à 145-145/S, où S est la masse spécifique du sucre, et les degrés Brix (ou Balling), qui représentent la proportion de sucre en masse ; pourquoi les livres ne disent-ils pas, plus simplement, la masse de sucre à dissoudre par litre d'eau ? Nous verrons que le cuisinier peut, dans le cas des fruits au sirop, s'affranchir de ces complications.

Le problème central du fruit au sirop, en supposant l'assainissement microbien bien fait, est le gonflement des fruits dans les sirops trop légers, et le ratatinement des fruits dans les sirops trop concentrés. Pourquoi ces phénomènes ? Les fruits se modifient par osmose : conservés suffisamment longtemps dans le sirop, les fruits évoluent vers l'équilibre, lequel correspond à une égalité des concentrations en eau dans les fruits et dans le sirop.

On le vérifie au microscope : une cellule végétale, mise en présence d'un cristal de sucre, se vide de son eau, qui diffuse à travers la membrane et la paroi, égalisant les concentrations en eau à l'intérieur et à l'extérieur de la cellule. Le fruit tout entier étant un assemblage de cellules, le même phénomène se produit à l'échelle macroscopique.

Quand le sirop est léger, le fruit, dont la concentration en eau est inférieure, absorbe de l'eau, gonfle et finit par éclater. Inversement un sirop trop concentré fait sortir l'eau des cellules : c'est le même phénomène que le dégorgement des cornichons ou des aubergines en présence de sel.

Toutefois, l'explication du phénomène ne donne pas la clé de bons fruits au sirop. Quelle doit être la force de ce dernier ? Pour la déterminer, préparons des sirops à 10 grammes de sucre par litre, à 20 grammes de sucre par litre, et ainsi de suite jusqu'à la saturation, et plaçons-y des fruits (par exemple des prunes, percées comme le stipule la recette).

On observe tout d'abord que les fruits flottent dans les sirops les plus chargés en sucre, et pas dans les autres : cela n'est pas étonnant, car la densité d'un sirop augmente avec la quantité de sucre dissous. Attendons de voir les effets du sucre : la patience est récompensée, car on découvre alors que, dans les bocaux où les fruits flottent, les fruits se ratatinent, tandis que les sirops légers, où les fruits qui tombent, contiennent les fruits qui éclatent.

Bien sûr, la correspondance n'est pas absolue, car les lots de fruits sont de maturités variées ; à la limite du flottement, on en voit certains qui flottent, et d'autres qui tombent au fond du récipient, parce que leur composition et, notamment, leur concentration en sucres, a évolué au cours du mûrissement. De surcroît, le noyau pourrait ne pas avoir la même densité que la chair.

Compliquons donc un peu l'expérience en mettant, dans les divers sirops de concentrations croissantes, des fruits entiers, des quartiers de fruits avec noyau adhérent, des quartiers de fruits sans noyau adhérent, et des noyaux seuls. On voit alors que l'objection du noyau tombe, parce qu'à la précision de l'expérience, la variabilité des fruits est supérieure à la différence entre la chair et le noyau.

Reste finalement un procédé efficace, pour déterminer la force d'un sirop dans lequel on veut conserver des fruits : le cuisinier aura intérêt à préparer un sirop un peu trop fort, où les fruits flottent, puis à ajouter de l'eau. Quand les fruits cessent de flotter, la concentration requise est atteinte.

L'hiver peut venir.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 26 octobre 2000, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.

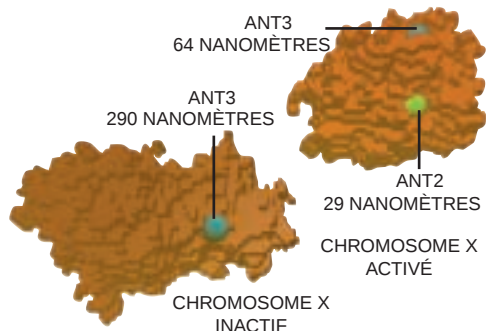
L'ADN en 3D

La microscopie confocale révèle la structure spatiale des gènes à l'intérieur du chromosome.

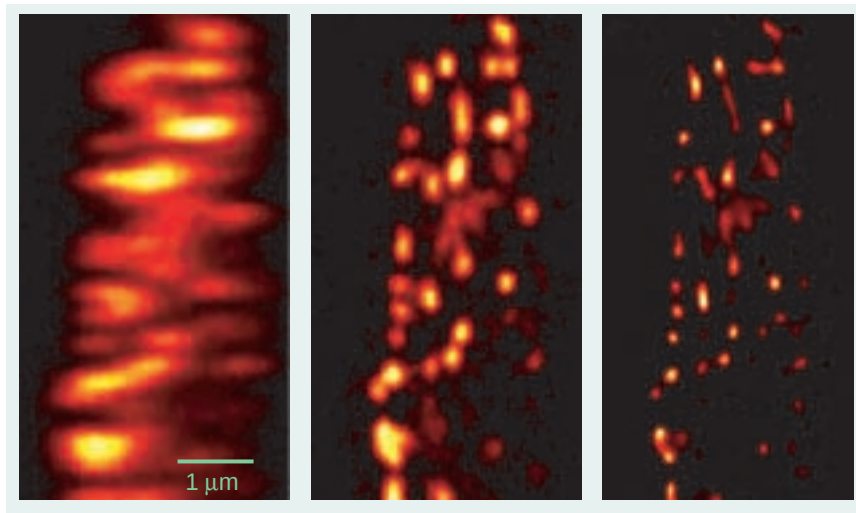
Les microscopes confocaux livreront-ils la clé de lecture du livre de la vie ? Le projet du Génome humain arrive à son terme. L'ordre des quelque sept milliards de bases élémentaires de l'ADN humain va donc être connu. Toutefois, ce séquençage n'explique pas à lui seul comment sont fabriquées les quelque 300 millions de protéines, qui participent à notre métabolisme. Plusieurs indices montrent que les contorsions de la pelote d'ADN joue un rôle essentiel dans la synthèse des protéines.

Comment savoir ? La localisation de micro-objets à l'aide de microscopes confocaux à laser devrait nous y aider. À l'Université de Heidelberg, Christoph Cremer et ses collègues s'appuient sur cette technique pour déterminer avec une précision accrue la distance qui sépare deux objets dans le volume d'observation d'un microscope confocal. Ils ont nommé cette nouvelle mesure de micro-distances, SPDM pour l'anglais «Spectral Precision Distance Microscopy».

Pour localiser une structure (gène) dans l'espace, les biophysiciens de Heidelberg «l'équipent» d'abord d'un marqueur fluorescent. Le petit faisceau laser qui équipe leur microscope explore ensuite le volume d'observation par petits sauts. Dès qu'il éclaire le marqueur, la fluorescence est activée, ce qui crée une tache sur l'image produite par l'appareil. Un algorithme de traitement réduit automatiquement cette dernière à son point d'intensité



À droite, un chromosome X à l'état actif (sur le point d'être lu) ; les gènes ANT3 et ANT2 sont situés proches de sa surface du chromosome. À gauche, un chromosome X inactif ; les mêmes gènes sont situés dans la profondeur du chromosome.



Sur la première image, les microtubules d'une cellule de souris (dont le réseau confère sa rigidité à la cellule) se distinguent à peine dans l'objectif d'un microscope confocal conventionnel. La résolution est meilleure dans l'objectif d'un microscope confocal 4Pi (au milieu) et encore meilleure une fois que l'image a été traitée (à droite).

maximale ; la position du marqueur est alors connue à dix nanomètres près.

En théorie, rien n'empêche d'appliquer cette technique à deux structures simultanément. Si leurs marqueurs ont des longueurs d'onde de fluorescence différentes, le microscope confocal déterminera sans ambiguïté leurs deux positions. Dans la pratique, cette double mesure serait inutile sans une calibration minutieuse, car plusieurs facteurs limitent sa précision : aberration géométrique, chromatique, etc. Tout le mérite de Ch. Cremer et de ses collègues est d'avoir réussi cette délicate opération. Grâce à cette percée, ils déterminent désormais la distance entre deux micro-structures jusqu'à un minimum de 30 nanomètres.

Les biophysiciens ont déjà réalisé de premières mesures sur des gènes. Ils ont choisi le gène responsable de la production de l'enzyme ANT (Adénine nucléotide translocase). Ce gène existe sous deux variantes sur le chromosome X, l'un des chromosomes sexuels. L'équipe de Ch. Cremer a déterminé par cette nouvelle technique les positions de ces deux variantes de gènes, par rapport à la surface du chromosome, lorsqu'ils sont dans deux états différents : sur le point d'être lus (état actif) ou quand ils ne le sont pas (état inactif). Ils ont trouvé que ces gènes sont situés plus en profondeur dans le chromosome X quand ils sont inactifs (jusqu'à 290 nanomètres) et qu'ils sont proches de la surface quand ils sont lus. Ce résultat confirme l'hypothèse selon laquelle les gènes sont déplacés vers la

surface du chromosome pour être lus. Encouragés par cet intéressant résultat, les biophysiciens cherchent maintenant à marquer le plus grand nombre possible des structures moléculaires situées à l'intérieur d'un chromosome, qu'il s'agisse d'ADN, d'ARN ou de protéines.

L'efficacité de la SPDM ne peut qu'augmenter avec la résolution des microscopes confocaux. Le système que Stefan Hell et ses collègues de l'université de Göttingen viennent de mettre au point est à cet égard remarquable, puisqu'il améliore la résolution des microscopes confocaux traditionnels par un facteur trois. Nommé «microscope confocal 4Pi», l'appareil contient un objectif spécial, qui crée des interférences optiques constructives dans tout le volume d'observation, lesquelles y améliorent la résolution. Ainsi, avec une lumière d'éclairage d'une longueur d'onde de 780 nanomètres, l'extension spatiale de la tache focale descend à 210 nanomètres à l'intérieur du plan focal et à 145 nanomètres le long de l'axe optique.

Pour comparer les performances de leur système à celles d'un microscope confocal conventionnel, les biophysiciens ont visualisé des microtubules de cellule de souris (le réseau de ces fibres confère sa rigidité aux cellules). On sait comment rendre fluorescents ces microtubules d'une taille inférieure au micromètre : difficiles à distinguer au microscope confocal, ils apparaissent clairement sur l'image brute du «4Pi». Un traitement d'image supplémentaire les révèle avec finesse.

Georg WOLSCHIN

Témoignage d'un retable

*Réalisé en 1381 et retrouvé
en 1981 en 1 500 pièces éparées,
le retable de Narbonne
est restauré.*

L'histoire du grand retable de Narbonne est une suite d'oublis et de redécouvertes. Réalisé en 1381 pour orner la chapelle axiale de la cathédrale de Narbonne, Notre-Dame de Bethléem, il fut enfoui en 1732 sous un décor moderne, découvert (ou entrevu) en 1847 par Eugène Viollet-le-duc, oublié pendant 250 ans et redécouvert en 1981, lors du déplacement de la statue de la Vierge à l'enfant pour l'Exposition de Paris. La restauration éclaire le travail des artistes médiévaux.

Œuvre collective de sculpteurs et de peintres anonymes, le grand retable est une œuvre magistrale par sa superficie de 26 mètres carrés. Plus de 200 personnages, sculptés et peints en relief, sont représentés sur le chemin menant de l'Enfer au Purgatoire et au Paradis.

La création d'un retable commence dans une carrière de calcaire. Les tailleurs entreposent les pierres à l'air libre dans la carrière, afin qu'une couche dure de calcaire, de quelques micromètres d'épaisseur, se forme en surface. La formation de cette croûte résulte de la solubilité dans l'eau de la calcite, un minéral commun (carbonate de calcium, CaCO_3) très répandu : les eaux des carrières dissolvent la calcite, puis l'eau et les éléments chimiques dissous sont entraînés par capillarité à la surface de la pierre. Après évaporation de l'eau, les éléments chimiques se recomposent, la calcite se reforme, bouchant ainsi les pores, et imperméabilise la surface de la roche.

Les géologues ont observé, par microscopie électronique à balayage, plusieurs types de zones anormalement dures ressemblant au calcaire, mais dues seulement à des concentrations en sels diverses, et des sous-couches ocre-jaune que le peintre appliquait sur la pierre. Le calcaire est présent de manière irrégulière sur le retable : les scientifiques pensent que certains éléments du retable ont dû être sculptés deux, voire trois années avant d'autres.

Si l'imperméabilité de la pierre est si importante pour la préparation du retable, c'est parce que le réseau poreux de la roche offre de nombreuses voies de passage aux fluides et aux sels en solution dans le calcaire. Le peintre, avec le savoir-

faire du sculpteur, devait empêcher que les remontées de sels ne disjoignent les grains de la roche, car, en cristallisant, les sels se dilatent. Toutes ces considérations étaient connues des artistes médiévaux, qui préparaient la surface en colmatant les pores, d'abord avec de l'hydroxyde de fer, une préparation de base ocre-jaune, puis avec une sous-couche de plomb. Cet ensemble formait une texture plus imperméable, sur laquelle les artistes pouvaient peindre. Une grande partie de la restauration a donc consisté à réduire la concentration en sels par électrolyse, en immergeant des pièces entières du retable dans des solutions conductrices.

Julien CAILLOL



La coupe d'un échantillon du retable (0,2 millimètre de profondeur) fait apparaître différentes zones. En surface, le pigment rouge de mercure ; plus bas, une sous-couche de plomb (en bleu), puis une couche d'hydroxyde de fer déposée directement sur la roche (en jaune). Les flèches rouges montrent le trajet des fluides dans la partie dure de la roche.

BRÈVES

Le stress de l'enfance

Les psychologues savent depuis longtemps que les traumatismes de l'enfance laissent des séquelles durables. Des biologistes de l'Université Emory ont identifié les bases physiologiques de cette influence persistante. Les biochimistes étudiaient quatre groupes de femmes, dépressives ou non dépressives, traumatisées pendant l'enfance ou non. Ils leur ont demandé de se mettre dans un état de stress, en les interrogeant et en leur faisant résoudre à voix haute des exercices de mathématiques, devant un public nombreux. Les concentrations en ACTH (une hormone de stress) étaient supérieures chez les femmes qui avaient été traumatisées pendant l'enfance, surtout quand elles étaient dépressives. L'hypersensibilité au stress due aux traumatismes infantiles semble augmenter le risque de troubles psychologiques, et les médicaments qui contrecarrent les effets hormonaux du stress pourraient prévenir ces troubles.

En avance sur les ouragans

SeaWinds, un instrument embarqué à bord du satellite américain QuikSCAT de la NASA, a prédit la formation d'un ouragan 46 heures à l'avance. Il détecte les vents dont la trajectoire est en boucle, dans une dépression tropicale : ce sont ces conditions qui conduisent aux ouragans. En 1999, 12 ouragans se sont formés dans les régions surveillées par SeaWinds. Ce dernier a repéré les vents tourbillonnants de huit d'entre eux, 3 à 46 heures avant qu'ils n'entraînent les nuages, c'est-à-dire avant qu'ils ne soient visibles sur les photos des satellites.



Un festin cannibale

En analysant les restes de matières fécales sur le site d'un village du Colorado abandonné depuis le XII^e siècle, des archéologues de l'Université de Denver y ont trouvé des traces de myoglobine humaine. Or cette protéine musculaire n'est présente dans le système digestif que si l'individu a mangé de la chair humaine. Les archéologues ont également retrouvé la myoglobine dans des pots, qui ont sans doute servi à cuisiner cette «viande».

Brocolis pour astronautes

Lors des vols spatiaux, les astronautes manquent de vitamine K : cette déficience dans leur sang fragilise leurs os. Une équipe de l'Université de Saint-Étienne a étudié le cas de deux cosmonautes qui avaient séjourné à bord de la station spatiale *Mir* : elle a découvert que, faute de vitamine K, une protéine nommée ostéocalcine ne se liait plus aux constituants minéraux des os, dont la croissance s'arrêtait. L'étude du métabolisme de la vitamine K révélera s'il est perturbé par les vols spatiaux ou si le régime des astronautes ne contient pas assez de cette vitamine. Dans le second cas, on pourrait leur donner du brocoli, où la vitamine K est abondante.

Le dilemme du Higgs

De toutes les particules du modèle standard de la physique des particules, le boson de Higgs est sans doute celle qui se fait le plus désirer. Les résultats collectés depuis six mois grâce au LEP, l'anneau de collision du CERN, à Genève, font enfin soupçonner l'existence de

cette particule. Les dirigeants du CERN envisageaient de fermer le LEP pour construire le LHC, un appareil dédié à la recherche du

boson de Higgs, mais qui ne fonctionnera pas avant 2006. Le 13 septembre, ils ont préféré repousser la fermeture du LEP afin de transformer le soupçon en certitude : « Nous ne voulons pas rester dans l'histoire comme les scientifiques qui ont raté le Higgs » a déclaré le physicien Tiziano Camposesi, responsable de l'une des expériences.

Des abeilles métalliques

Utiliser des abeilles pour contrôler la pollution de l'environnement : c'est une idée développée par des chimistes de l'Université de Moscou. Ils ont constaté que les abeilles, en butinant les fleurs, accumulent les métaux lourds contenus dans celles-ci. En fin de vie (environ 32 jours), les abeilles ont en moyenne accumulé 24 milligrammes de métaux lourds par kilogramme de masse corporelle... et la quantité de mercure ingérée par les abeilles du centre de Moscou est sept fois supérieure à celle des abeilles de la périphérie. Le miel, lui, n'est pas contaminé : les animaux agissent comme un filtre.

Laser aléatoire

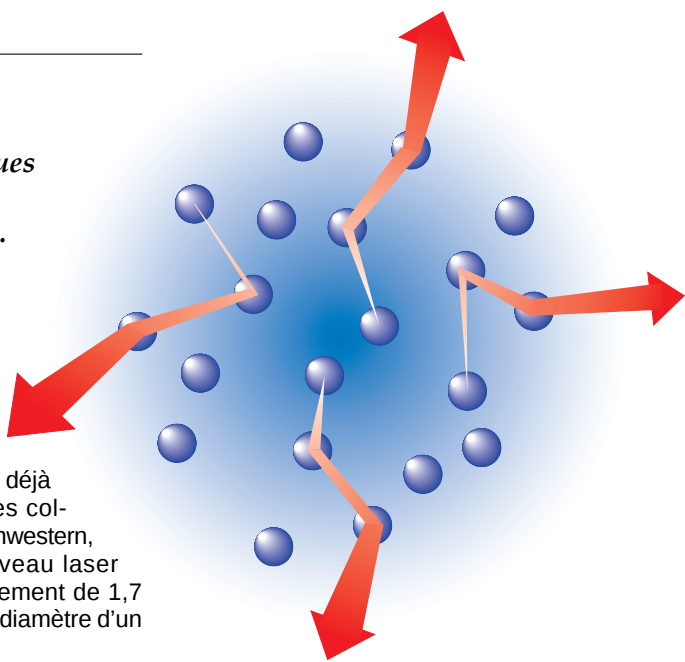
Des agrégats atomiques dispersés au hasard amplifient la lumière.

Les plus petites sources lumineuses connues sont les lasers. Ceux des lecteurs de disques compacts ont quelques millimètres de diamètre. C'est déjà petit, mais Hui Cao et ses collègues, de l'Université Northwestern, ont mis au point un nouveau laser dont le diamètre est seulement de 1,7 micromètre, le dixième du diamètre d'un cheveu humain !

Ce microlaser se distingue des lasers classiques par son mode de fonctionnement. Tout laser comporte un matériau « actif » dont les atomes, les ions ou les molécules sont excités par les photons d'une lampe flash. Celle-ci leur délivre de l'énergie, qu'ils perdent ensuite en émettant des photons à une énergie correspondant à une transition entre deux niveaux d'énergie des éléments constitutifs ; ces photons induisent des transitions dans d'autres atomes, ions ou molécules, et l'émission lumineuse ainsi stimulée est enrichie de ces nouveaux photons. Le matériau actif est placé entre deux miroirs : l'un est parfaitement réfléchissant, l'autre – le miroir de sortie – transmet partiellement la lumière. Une partie des photons émis est réfléchi par le miroir de sortie et rebrousse chemin, en sens inverse, le matériau actif, ce qui engendre une nouvelle émission de photons. Le nombre de photons dans la cavité croît rapidement, et la lumière est amplifiée. La petite proportion de photons qui traverse le miroir de sortie forme un faisceau unidirectionnel et très puissant : le laser.

Dans le nouveau laser, le va-et-vient entre les miroirs est remplacé par de multiples diffusions dans un milieu désordonné. Bien que les effets de la diffusion multiple soient couramment observés – le lait ou le brouillard doivent leur aspect « laiteux » à ce phénomène –, on connaît encore mal le comportement de la lumière dans de tels milieux. Toutefois, on sait que, quand on envoie de la lumière dans un milieu désordonné, elle peut rester « piégée » dans ce milieu, le temps nécessaire à son amplification.

Dans le microlaser, les photons sont injectés par un flash et sont diffusés des centaines de fois par des nanocristaux d'oxyde de zinc, répartis au hasard dans une matrice de matériau transparent. À



De petits cristaux d'oxyde de zinc (sphères violettes) sont répartis dans un matériau transparent. Des photons émis par un flash pénètrent dans cette petite zone et diffusent sur les cristaux. À chaque diffusion, d'autres photons sont émis par émission stimulée jusqu'à ce que la lumière laser s'échappe sous forme d'un faisceau omnidirectionnel de fréquence unique, la fréquence correspondant à la transition électronique dans le matériau.

chaque diffusion, les photons excitent des atomes et engendrent une nouvelle émission de photons. Avec un tel système, la longueur d'onde de la lumière émise est précise, mais, contrairement au laser classique, la lumière est envoyée dans toutes les directions.

À quelles conditions un tel laser fonctionne-t-il ? Le « gain », qui dépend de la durée de résidence des photons dans le milieu, doit être supérieur aux pertes, dues à la sortie des photons. Si l'on suppose que l'ensemble des particules forme une sphère, le gain est proportionnel au nombre de collisions, donc au volume, c'est-à-dire au cube du rayon de la sphère, et les pertes sont proportionnelles à la surface, soit au carré du rayon. Ainsi, les pertes sont supérieures au gain à partir d'un rayon limite. Ce rayon limite peut être petit : le laser de H. Cao fonctionne avec une cavité de moins de deux micromètres de rayon.

À quoi sert un laser qui n'est pas unidirectionnel ? La lumière émise par ce système, placée dans un fluide, permettrait de contrôler son écoulement. Il permettrait aussi d'identifier des documents ou des matériaux : la présence d'un tel microlaser dans la pièce à authentifier serait révélée par la lumière qu'il émet en réaction à l'éclairement à une longueur d'onde appropriée, éventuellement invisible à l'œil.

Claire CHAUFOR

Chronique d'une noyade annoncée

Bâtiments publics, nécropoles, résidences ornées de riches mosaïques... La cité de Zeugma a été noyée par l'Euphrate et dans le chagrin.

En Turquie, non loin de la frontière syrienne, les deux cités antiques de Séleucie-Zeugma et d'Apamée se font face, de part et d'autre de l'Euphrate, en amont du nouveau barrage de Birecik. Apamée et ses alentours ont disparu en juin dernier sous les eaux du lac de retenue, en même temps qu'une cinquantaine d'autres sites archéologiques. Après un répit de trois mois pendant lequel les ingénieurs ont testé le fonctionnement du barrage, les eaux montent à nouveau : 20 pour cent du site de Zeugma sera bientôt englouti.

Depuis cinq ans, à l'initiative de Pierre Leriche (CNRS, ENS), la mission franco-turque de Zeugma-moyenne a fouillé les deux villes : l'une de leurs plus belles découvertes est une résidence romaine qui compte une quinzaine de salles décorées de mosaïques.

Fondées à la fin du IV^e siècle avant notre ère par le roi Séleucos I^{er}, ces deux villes deviennent une étape importante sur la route de la soie, qui relie la Méditerranée à l'Orient. Elles contrôlaient les caravanes et les convois militaires qui traversent l'Euphrate, probablement sur des bacs ou sur un pont de bateaux reliés par des câbles jetés entre les deux rives.

De nombreux historiens et géographes de l'Antiquité, tels Pline, Strabon et Ptolémée, ont cité la ville de Séleucie-Zeugma, florissante à l'époque romaine. À partir du I^{er} siècle, le passage de l'Euphrate devient si célèbre que Séleucie est renommée Zeugma, qui signifie « pont » en grec.

Pendant ces cinq dernières années, les archéologues ont fouillé les zones qui allaient être englouties. Ils ont retrouvé quelques gros blocs architecturaux qui renforçaient les berges, mais les autres aménagements liés à la présence du passage sur l'Euphrate avaient disparus dans le cours du fleuve. À Apamée, l'emploi des méthodes modernes de prospection magnétique et électrique a révélé un plan d'urbanisme en damier, typiquement hellénistique, et une enceinte en dents de scie. Les fouilles indiquent un brusque déclin, à partir du I^{er} siècle avant notre ère, à cause de l'affrontement entre les Romains et les Parthes. Toutefois, on relève encore des traces d'occupation partielle dans la ville jusqu'au VIII^e siècle.

Zeugma et ses trois grandes nécropoles s'étagent sur des terrasses à flanc de collines de calcaire tendre. Dans les deux nécropoles menacées par la montée des eaux, les archéologues ont étudié 300 tombes et hypogées (chambres funéraires collectives creusées dans le rocher) de l'époque romaine, notamment l'architecture, les décors peints, les inscriptions des stèles funéraires et les reliefs creusés dans la façade des tombes. Dans la ville elle-même, deux grandes places romaines avec leur système d'adduction et d'évacuation des eaux ont été mises au jour, ainsi que le bâtiment des archives du sénat.

La découverte la plus spectaculaire du site de Séleucie-Zeugma est une résidence romaine, dont toute la structure, ainsi que le décor de mosaïques et de peintures murales sont remarquablement conservés. En octobre 1999, les archéologues ont découvert une très grande mosaïque, composée de deux panneaux aux motifs géométriques et de deux panneaux figurés. L'un repré-



sente Dionysos sur son char tiré par des tigresses, accompagné d'une bacchante et de la Victoire, le second, la légende de Pasiphaé. Sa qualité technique égale les plus belles réalisations d'Antioche, par la finesse des tesselles (les petits cubes de matière dure qui la constituent), la variété des coloris, la présence de pâte de verre, le réalisme de l'architecture et des personnages représentés. L'œuvre, datée de la fin du II^e ou du début du III^e siècle, constituait le pavement du triclinium (la salle à manger).

Puis, au cours de l'hiver 1999, 14 salles ornées de mosaïques et de peintures murales ont été découvertes. La résidence comporte trois ailes. Celle du centre correspond aux appartements de réception. Outre le grand triclinium, elle comprend un impluvium (une petite cour ornée d'une fontaine) et un cubiculum, où figure une représentation d'Éros, cernée par un très beau rinceau (des volutes formées par des feuillages). Les murs sont recouverts de peintures en trompe-l'œil, imitant le marbre, comme à Pompei. Au centre de la cour, Poséidon trône sur son char entouré d'animaux marins. Presque toutes les pièces en enfilades des ailes Est et Ouest sont décorées de fresques. La cour orientale abritait des cuisines bien conservées : on y a retrouvé des jarres, des puits, des plans de travail avec foyers et repose-plats. Enfin la cour occidentale a livré une statue candélabre d'éphèbe casqué en bronze et des centaines de pièces de monnaie.

Avant la montée des eaux, les archéologues ont détaché les mosaïques et les fresques des murs et du sol. Ils ont pris les empreintes d'une partie des reliefs de la façade la mieux conservée des nécropoles de Zeugma et celle d'une des inscriptions funéraires d'Apamée. Aujourd'hui, les fouilles se poursuivent dans les parties hautes de Zeugma et dans la nécropole Sud, qui resteront au-dessus de la surface du lac. Ces secteurs devraient réserver de belles découvertes, car ils sont les plus riches de la ville en bâtiments publics.



L'une des mosaïques de la résidence romaine découverte à Zeugma, que les archéologues ont détachées des murs et du sol pour les sauver des eaux.