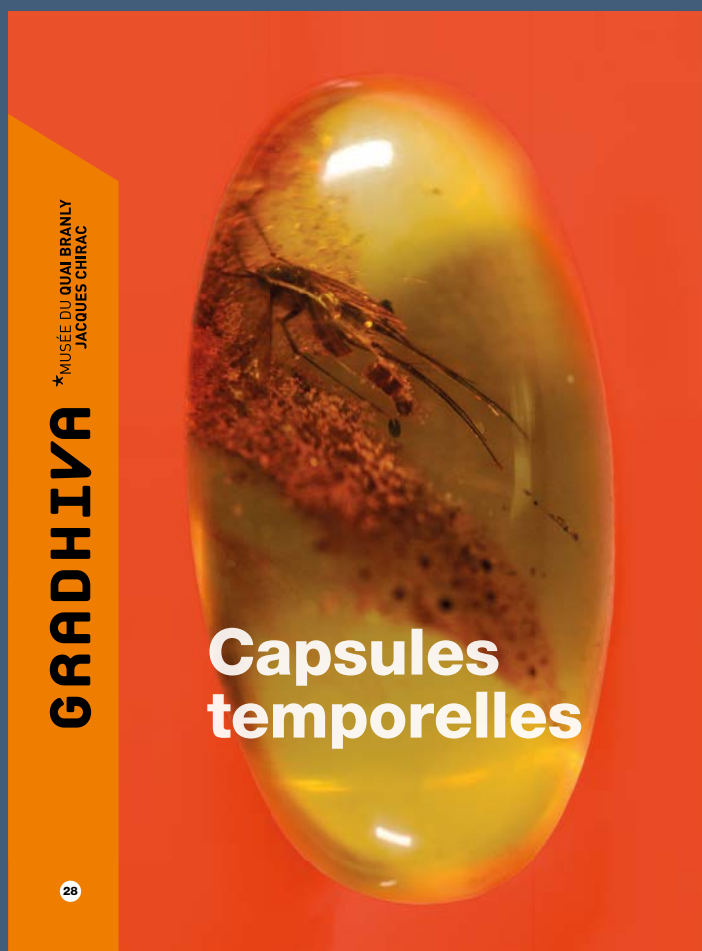




CAPSULES TEMPORELLES

Une capsule temporelle est une œuvre de sauvegarde collective de biens et d'informations, comme témoignage destiné aux générations futures. Elle peut être intentionnellement créée et enterrée, souvent lors d'une cérémonie programmant la date de son ouverture, ou résulter d'une catastrophe, comme le site archéologique de Pompéi. Si les capsules temporelles remontent aux premières formes de civilisation écrite, comme en Mésopotamie, elles sont aussi au cœur des pratiques des artistes contemporains qui souhaitent constituer une archive de leur vie quotidienne, comme le faisait Andy Warhol.

La description des capsules temporelles soulève des questions symboliques sur ce qu'une société ou un individu souhaite transmettre aux générations futures. Mais elle pose aussi des problèmes d'infrastructure matérielle. Comment stocker les objets dans une capsule temporelle de façon à constituer une totalité signifiante ? Comment conserver ces données de façon à ce qu'elles se préservent dans des conditions climatiques encore inimaginables ? Comment communiquer avec les générations futures pour leur indiquer la signification de ces témoignages ?

Les capsules temporelles croisent tout un ensemble de questions qui se posent dans des lieux très différents où des matériaux et des informations sont stockés et conservés pour être transmis aux générations futures. Ce numéro abordera ainsi ces questions dans les pratiques d'art contemporain, dans les fouilles archéologiques, dans les musées ou dans les centrales nucléaires. Sur des terrains et des objets précis, on interrogera comment un patrimoine se constitue non plus seulement par la conservation du passé mais par la projection dans un avenir.

*« Comment communiquer
avec les générations
futures pour leur
indiquer la signification
de ces témoignages ? »*

Au ^{xix}^e siècle, certains hôpitaux, comme l'hôpital Saint-Louis, à Paris, nourrissaient non seulement les malades, les infirmiers et le personnel de service, mais aussi les pauvres du quartier. Avec l'invention du bouillon de gélatine osseuse, on espérait améliorer leur alimentation, insuffisante en période de pénurie.



L'ESSENTIEL

> À partir de 1814, le chimiste et industriel Jean-Pierre-Joseph d'Arcet, fort d'un rapport positif de la Faculté de médecine, produisit à grande échelle de la gélatine d'os à visée alimentaire.

> Malgré les réticences et protestations des consommateurs, l'utilisation du bouillon de gélatine osseuse

se répandit dans les hôpitaux, les hospices et l'armée.

> En 1831, un jeune médecin, Alfred Donné, sollicita auprès de l'Académie des sciences une étude des qualités nutritives de cette gélatine.

> La commission constituée s'embourba dans les conflits d'intérêts.

L'AUTEURE



FANI PAPADOPOULOU
docteure en
épistémologie
et histoire des sciences
de l'université
Paris-Diderot

La controverse de la gélatine

Au début du ^{xix}^e siècle, un industriel mit au point un dispositif pour extraire la gélatine des os à grande échelle et proposa de l'utiliser pour nourrir malades, personnel hospitalier, soldats, marins et pauvres. Mais la substance était-elle réellement nutritive ?

Le 13 octobre 1828, on installa à l'hôpital de la Charité, à Paris, une machine d'extraction de la gélatine des os au moyen de la vapeur d'eau, invention du chimiste et industriel Jean-Pierre-Joseph d'Arcet. L'événement était d'importance, en témoignait la présence de l'administration des hospices civils de Paris et du ministre de l'Intérieur. À l'aide de cette machine, on espérait fournir aux malades et convalescents de l'hôpital mille rations supplémentaires par jour. Les os traités dans cet appareil proviendraient de la viande déjà consommée dans l'établissement, et la gélatine retirée servirait à confectionner le bouillon gélatineux. Grâce à l'innovation de d'Arcet, on remplacerait les trois quarts de la viande du bouillon ordinaire par la dissolution gélatineuse sans que la qualité nutritive du bouillon – disait-on – fût affaiblie.

La machine inaugurée promettait donc une augmentation des sources de nourriture à partir d'une matière qui ne coûtait presque rien et qui, jusqu'à présent, était négligée, encombrant la ville et ses environs. On espérait ainsi améliorer le régime alimentaire des malades des hôpitaux, mais aussi des pauvres et des soldats, et en

particulier combler le déficit d'aliments d'origine animale. L'affaire prenait d'autant plus d'ampleur que des découvertes scientifiques récentes montraient la nécessité pour l'homme d'une alimentation azotée. On ne connaissait certes pas les protéines à l'époque, mais on était sur leur piste. Depuis la fin du ^{xviii}^e siècle, on savait en effet que certaines substances organiques – la fibrine (connue comme constituant de base de la chair musculaire et du sang), l'albumine, la gélatine – sont composées de quatre éléments chimiques, l'oxygène, le carbone, l'hydrogène et l'azote, tandis que les autres sont privées d'azote.

Après la Charité, on équipa nombre d'autres établissements, dont les hôpitaux de Lille, Toulouse, Metz, Reims, Rouen, le Dépôt de mendicité de Lyon et l'hôtel des Monnaies de Paris. Cependant, un an plus tard, à la suite de plaintes des malades sur la mauvaise qualité du bouillon gélatineux, d'Arcet dut démonter l'appareil de la Charité. Incriminant la négligence et la malveillance des surveillants, il transféra la machine à l'hôpital Saint-Louis et s'en tint à cette explication lorsque d'autres récriminations suivirent ailleurs. Toutefois, lorsqu'en 1831, dans un mémoire adressé à l'Académie des sciences, un jeune médecin, Alfred Donné, mit formellement >

> en doute le pouvoir nourrissant de la gélatine osseuse et, par conséquent, son emploi alimentaire, l'affaire prit une tout autre dimension. Une vive controverse s'ensuivit pendant plus de dix ans, mêlant savants, industriels, consommateurs et pouvoir en place, qui n'est pas sans évoquer certaines affaires actuelles de santé. L'enquête que j'ai menée sur cette affaire il y a quelques années, durant ma thèse sur la nutrition au XIX^e siècle, dans des archives encore peu exploitées, notamment à l'Académie des sciences, a révélé comment, déjà à l'époque, des intérêts variés influençaient sur les décisions politiques... pour le meilleur et pour le pire.

DANS LA MARMITE DE PAPIN

L'emploi alimentaire de la gélatine extraite des os n'était pas une idée nouvelle. En 1681, l'inventeur Denis Papin, faisant la démonstration de sa fameuse marmite (l'ancêtre de l'autocuiseur : un « digesteur » muni d'une soupape de sécurité), avait mis en évidence le contenu gélatineux des os. Devant sa ressemblance avec la gelée que l'on extrait en cuisant de la viande dans l'eau bouillante, on avait d'emblée considéré cette gélatine comme nutritive. Au XVIII^e siècle, des chimistes (dont le père de d'Arcet, Jean) avaient ainsi tenté d'améliorer le procédé d'extraction. Et gouvernements et administration révolutionnaires y avaient fait appel pour porter remède aux disettes et aux famines.

Un pas avait été franchi en 1803, quand Antoine-Alexis Cadet de Vaux, un pharmacien, industriel et philanthrope, avait demandé à l'Académie des sciences de se prononcer sur l'usage alimentaire de la gélatine osseuse. Il souhaitait développer son emploi à l'hôpital, dans l'armée et la Marine et aux soupes distribuées aux indigents. Vu la famine dont souffraient les classes pauvres du fait de la Révolution et des guerres, les académiciens, tout en objectant que ses arguments en faveur de cette solution étaient faibles, avaient approuvé sa démarche et l'avaient même invité à l'étendre.

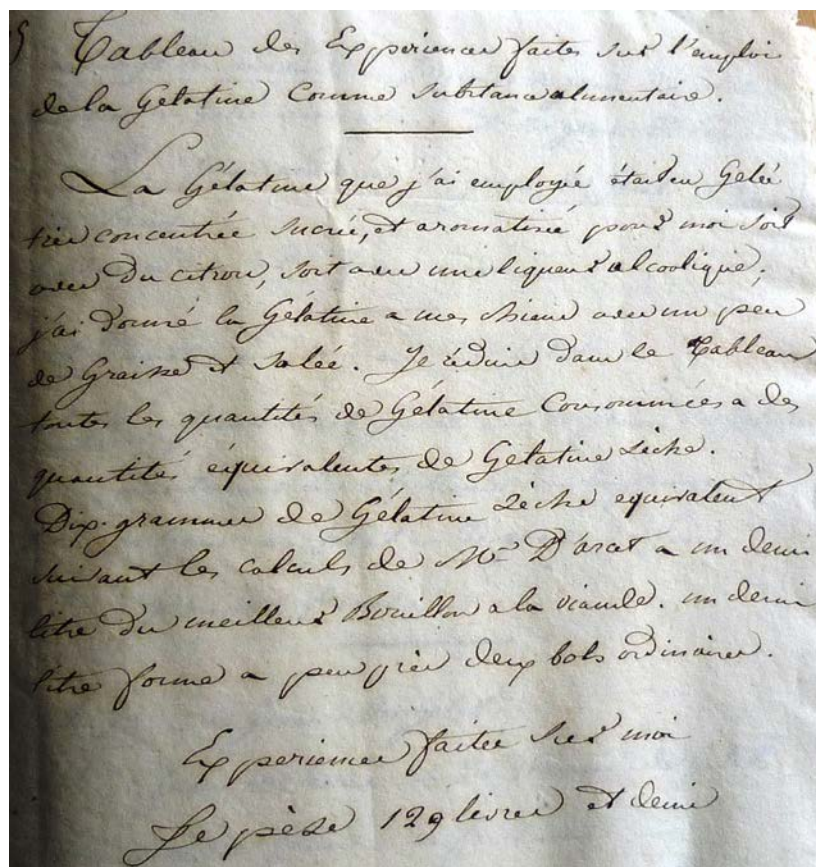
Le procédé d'extraction de Cadet de Vaux consistait à broyer les os, puis à les cuire dans l'eau, à l'instar de Papin. Toutefois, ce procédé ne dissolvait que très peu de gélatine des os. D'Arcet, qui avait reçu de son père l'intérêt pour la gélatine osseuse, avait alors cherché un moyen de développer la production de gélatine alimentaire à grande échelle sous la forme de tablettes de gélatine, tablettes de bouillon, biscuits et bouillons gélatineux. Il avait mis au point un procédé d'extraction au moyen d'acide et s'était lancé en 1813 dans son application à l'échelle industrielle en s'associant à un certain Robert, qui dirigeait la plus grande industrie d'extraction de gélatine d'os pour la production de colle, au Gros-Caillou, à Paris.

D'Arcet avait ensuite reçu sans trop de difficulté l'autorisation d'utiliser cette gélatine

comme aliment. Certes, quand en 1814, il avait proposé son produit à la Société philanthropique de Paris pour la confection de soupes et de bouillons économiques distribués aux indigents et aux convalescents pauvres, la Société avait habilement évité de répondre en dépit d'un rapport favorable : elle avait demandé à la Faculté de médecine de Paris d'examiner si la gélatine osseuse était une substance nourrissante et salubre. Une commission avait alors organisé des observations à l'hospice de la Charité. Pendant trois mois, on avait nourri quarante personnes – malades, convalescents et gens du service – de bouillon fabriqué chez d'Arcet et Robert. Mais, admettant *a priori* que la gélatine extraite des os était analogue à celle de la viande, les médecins s'étaient prononcés en faveur de son pouvoir nourrissant. Les personnes nourries du bouillon gélatineux l'avaient trouvé aussi agréable que le bouillon ordinaire servi dans les hôpitaux. N'était-ce pas une preuve de sa qualité nutritive, puisque les aliments agréables et savoureux se digèrent plus facilement et s'assimilent donc bien ? Quant à sa salubrité, ils n'avaient remarqué aucun incident que l'on aurait pu attribuer à la

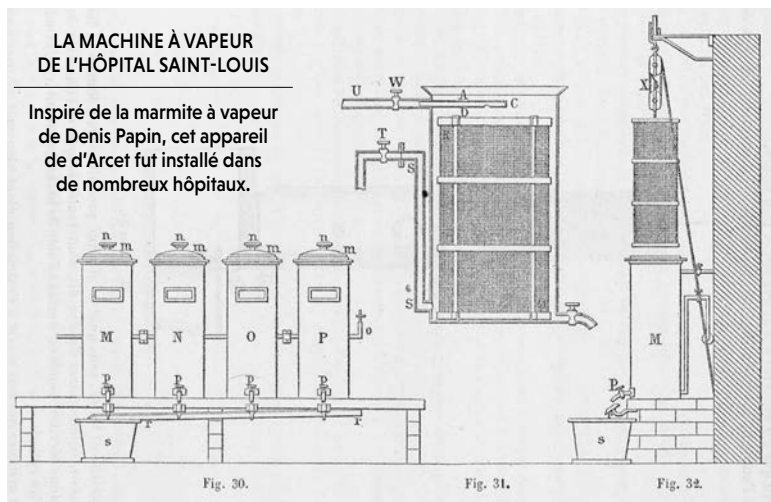
LES EXPÉRIENCES D'ALFRED DONNÉ

Devant le mécontentement des consommateurs de gélatine osseuse, ce jeune médecin se soumit lui-même à un régime composé de gélatine d'os et de pain, ainsi que deux chiens. Consignées dans un carnet (ci-dessous), ses expériences convinquirent l'Académie des sciences de constituer une commission pour statuer sur la qualité nutritive de la gélatine d'os.



LES PROCÉDÉS DE D'ARCET

Le premier procédé mis au point par Jean-Pierre-Joseph d'Arcet pour extraire de la gélatine des os était fondé sur l'utilisation d'acides. Les os, concassés et nettoyés, étaient soumis à de l'acide chlorhydrique affaibli pendant huit à douze jours, ce qui dissolvait les phosphates des chaux des os, mais laissait intacte leur matière organique. Après lavage, cette partie organique était plongée dans un second bain d'acide, puis lavée et soumise à de l'eau bouillante. Le second procédé consistait à ramollir des os concassés en les déposant dans un panier, que l'on descendait dans une enceinte où l'on introduisait de la vapeur à l'aide d'un robinet pendant au moins une demi-heure. Puis, après fermeture de l'enceinte, on ouvrait le robinet inférieur de vidange, d'où sortait d'abord la graisse, puis la gélatine.



LA MACHINE À VAPEUR
DE L'HÔPITAL SAINT-LOUIS

Inspiré de la marmite à vapeur de Denis Papin, cet appareil de d'Arcet fut installé dans de nombreux hôpitaux.

Fig. 30.

Fig. 31.

Fig. 32.

gélatine: les maladies avaient suivi leur marche ordinaire et les convalescences n'avaient pas été plus longues.

Le rapport positif de la Faculté avait eu une grande influence sur l'opinion des médecins et sur les affaires de d'Arcet – et évidemment de toute la branche de cette industrie. Les circonstances sociales aggravantes (guerres napoléoniennes, blocus continental de l'Angleterre) avaient aussi eu leur part. Peut-on attribuer le jugement de la commission à l'influence de d'Arcet? En partie, peut-être. Mais les médecins étaient aussi convaincus de la qualité nutritive de la gélatine. Certes, elle n'avait ni l'odeur ni la saveur du bouillon de viande, mais cela était corrigé, disaient-ils, par l'addition d'un peu de bouillon de viande que d'Arcet proposait. Par ailleurs, comment supprimer une source d'alimentation à partir de simples doutes? Et par quoi la remplacer? Nourrir de viande toutes les populations démunies aurait exigé des dépenses énormes que l'État n'était pas en mesure de financer, disaient les défenseurs de la gélatine.

Après ce rapport, les fabriques d'extraction de gélatine s'étaient multipliées. On vendait du bouillon ou des tablettes de bouillon aux restaurateurs, aux classes pauvres, aux hôpitaux, etc. D'Arcet avait fourni des tablettes et des biscuits gélatineux au ministère de la Marine, pour les navigateurs, et 400 000 au ministère de la Guerre, pour l'armée d'occupation d'Alger. Il

avait aussi conçu un nouveau procédé d'extraction de la gélatine au moyen de la vapeur, inspiré de celui de Papin, mais plus sécurisé et limité en température, ce qui évitait d'altérer la substance. Son procédé avait l'avantage de fonctionner dans des appareils installables dans les ports ou à l'hôpital, qui produisaient alors la gélatine sur place (voir l'encadré ci-contre).

Malgré le mécontentement des consommateurs de la gélatine osseuse, leur voix n'était pas entendue. On la perçoit cependant dans les critiques des défenseurs de son emploi alimentaire à l'encontre des préjugés du peuple. Les procédés d'extraction faisant intervenir des agents chimiques provoquaient l'effroi, sa saveur et son odeur souvent nauséabonds, son aspect trouble, la source douteuse des os, dégoûtaient. Mais à en croire les fabricants, c'était à cause de ces préjugés que le public n'acceptait pas ce produit et le repoussait. Parmentier n'avait-il pas lui aussi dû vaincre les réticences pour introduire la pomme de terre dans l'alimentation des Français?

LA COMMISSION DE LA GÉLATINE

C'est dans ce paysage houleux qu'Alfred Donné, jeune médecin connu pour ses feuilletons, publiés dans le *Journal des débats*, sur les réunions de l'Académie des sciences, s'est fait le porte-parole des consommateurs de la gélatine osseuse. Il s'est mis lui-même – ainsi que deux chiens – au régime de la gélatine et du pain. Pendant les deux semaines de l'expérience, et tout en conservant son dîner, il a été tourmenté de faim et a maigri de deux kilos. L'un de ses chiens est resté affamé quatre jours à côté de la gélatine sans la toucher. En juin 1831, Donné fait connaître les résultats de ses expériences à l'Académie des sciences afin de solliciter une étude approfondie sur ce nouveau produit alimentaire. Il signale que les savants l'ont admis comme un aliment nourrissant sur une idée préconçue due à sa ressemblance avec la gélatine de viande. Des malades sont nourris de cette substance, écrit-il, sans qu'elle n'ait été jamais soumise à l'épreuve de l'expérience directe. Donné met également en doute le préjugé scientifique admettant que toute matière azotée est nutritive. En 1816, en effet, le médecin et physiologiste François Magendie avait démontré que les aliments azotés sont nécessaires à l'entretien de la vie animale et, dans les années 1830, les chimistes, et plus particulièrement Jean-Baptiste Boussingault, en avaient déduit un peu vite que la valeur nutritive d'un aliment dépendait de sa quantité d'azote.

En réponse au mémoire de Donné, l'Académie désigne une commission composée de chimistes, dont Michel-Eugène Chevreul et Jean-Baptiste Dumas, et de médecins, dont Magendie. D'Arcet fait aussi partie de la commission. On y percevait aujourd'hui un conflit d'intérêts, mais dans l'esprit de l'époque, il n'en est rien. La ➤

> pratique est assez fréquente et personne ne s'élève contre cette désignation durant le débat. D'Arcet répète même souvent que l'Académie a exigé sa présence dans la commission, l'obligeant ainsi à garder le silence devant le public.

Dès le départ, il semble se former deux opinions sur le procédé d'expertise à suivre. Pour d'Arcet et ses défenseurs, les rapports des administrateurs d'hôpitaux qui se servent de l'appareil d'extraction de la gélatine constituent des justificatifs de son emploi alimentaire. On y enregistre le nombre de bouillons fournis aux malades et leur satisfaction, une baisse des dépenses pour les médicaments et même une diminution du temps des convalescences. D'Arcet, en tant qu'intéressé, les réunit pour les envoyer à ses confrères de la commission.

Une autre partie de la commission décide de faire appel aux connaissances disponibles en chimie et en physiologie. Outre l'inspection de sa confection et de sa distribution, Chevreul se charge de l'analyse chimique du bouillon gélatineux servi à l'hôpital du Val-de-Grâce pour la comparer à celle du bouillon de viande, fabriquée à grande échelle par la Compagnie hollandaise, concurrente de d'Arcet. Les résultats montrent l'avantage nutritif du bouillon de viande en termes de proportion de matière organique. Dans leurs conclusions, les commissaires expriment leur souhait que l'usage du bouillon de viande soit propagé. Il est probable qu'ils aient voulu empêcher la propagation du bouillon gélatineux et reconnaître, de manière indirecte, l'insuffisance de son pouvoir nutritif. Bien plus tard, Chevreul avouera que son intention était de soutenir le bouillon de viande, que la gélatine risquait de supplanter. Quelle qu'ait été son intention, Chevreul et d'Arcet représentent deux pôles opposés de la commission.

LES EXPÉRIENCES DE MAGENDIE

Le débat s'intensifie, surtout en dehors de la commission, et se forment rapidement deux camps, les gélatinistes et les antigélatinistes. Les médecins William Edwards et Jean-Baptiste de Balzac, extérieurs à la commission et gélatinistes, conduisent des expériences sur des chiens pour démentir les résultats de Donné. Ils en concluent que le bouillon de gélatine, bien qu'inférieur du point de vue nutritif à celui de viande, devient nutritif quand on lui ajoute une petite portion de bouillon de viande qui lui communique sa saveur et son odeur. À ces travaux s'opposent les résultats du chimiste et fabricant de colle forte – par conséquent concurrent de d'Arcet – Jean-Nicolas Gannal. Ses expériences sur lui-même, sur certains membres de sa famille et sur des chiens l'ont conduit aux mêmes résultats que Donné : la gélatine n'est pas nutritive.

Les feuillets de Donné de 1833 suggèrent que presque tous les médecins sont contre le bouillon de gélatine et que les affaires de

DES CHIENS NOURRIS À LA FIBRINE

Dans son enquête sur le pouvoir nutritif de la gélatine d'os, François Magendie (ci-contre) le compara à celui d'autres substances de nos aliments, dont la fibrine, connue à l'époque comme un principe immédiat azoté, constituant de base de la chair musculaire et



partie coagulable du sang. Il observa que des chiens nourris de grandes quantités de fibrine présentaient, après un certain temps, les signes d'une nutrition insuffisante. Lors de l'autopsie d'un animal mort d'inanition, il trouva dans son corps à peine un gramme de fibrine, bien que la veille il en ait mangé un kilogramme. « Chose remarquable ! écrit-il, sur cet animal le sang avait presque entièrement disparu. » Magendie et ses contemporains pensaient que la fibrine intervenait dans la composition du sang, d'où son étonnement. Il savait que l'état d'inanition entraîne l'atrophie des organes, mais il ignorait que les cellules du sang sont produites dans certains organes dits hématopoïétiques, dont l'atrophie a sans doute perturbé la production.

d'Arcet vont mal, puisqu'il est obligé de démontrer plusieurs de ses appareils. Pour Donné, le public a jugé la question et la décision de l'Académie, si elle est prise un jour, n'aura pas grande importance. En tout cas, il prévoit que l'attente de cette décision sera longue en raison des difficultés du sujet. La discussion perd sa vivacité, mais en 1834 une dispute entre les deux camps devant l'assemblée académique réanime le débat. Chevreul démissionne et Magendie reprend l'expertise.

Il réalise des expériences sur la qualité nutritive de la gélatine d'un point de vue physiologique. La conclusion principale de son rapport, présenté en 1841 à l'Académie, affirme : « On ne peut, par aucun procédé connu, extraire des os un aliment qui, seul ou mêlé à d'autres substances, puisse tenir lieu de la viande elle-même. » Magendie a donc répondu non pas à la question soumise à la commission (peut-on utiliser la gélatine comme aliment ?), mais à l'idée préconçue à l'origine de la branche industrielle, selon laquelle la gélatine osseuse est identique à celle de viande. La gélatine administrée seule se montre privée de toute qualité nutritive. En peu de jours, les chiens ne veulent plus y toucher, même s'ils meurent de faim. Assaisonnée avec du bouillon de viande, elle est nutritive, mais insuffisante. Ces résultats expliquent la divergence des conclusions précédentes.

Magendie étudie aussi le pouvoir nutritif d'autres substances faisant partie des aliments, seules ou associées, organiques ou pures, comme l'albumine, la fibrine, l'amidon et le beurre (voir l'encadré ci-dessus). Il en conclut l'importance de l'alimentation mixte. Cependant, la commission ne se prononce pas sur l'emploi de la gélatine

associée à d'autres aliments, car il faut encore, selon Magendie, exécuter des expériences directes sur l'homme. Magendie promet un second rapport pour combler cette lacune – qu'il ne réalisera pourtant jamais. Souhaite-t-il éviter ainsi la condamnation définitive de la gélatine pour ne pas blesser son confrère d'Arcet, dont les appareils sont de toute façon déjà peu à peu mis hors service?

Le fait est que défenseurs et opposants de l'emploi alimentaire de la gélatine sont déçus de son rapport. Tous attendaient le jugement définitif de l'Académie, et on leur promet à présent un autre rapport, après une nouvelle série d'expériences. En 1842, le ministre de l'Intérieur sollicite l'appréciation de l'Institut des Pays-Bas. En Hollande, on emploie la gélatine depuis le début du siècle, mais, comme en France, le pays est partagé entre défenseurs et opposants, dont les membres de l'Institut qui rédigent le rapport. Reçu en 1843, celui-ci déclare la gélatine dépourvue de toute qualité nutritive, même associée à d'autres aliments. Sa lecture à l'Académie, en 1844, agite l'assemblée: des protestations se lèvent contre le ministre pour avoir sollicité le jugement d'une institution étrangère, et contre la commission, qui n'a pas terminé son second rapport. Magendie démissionne. D'Arcet, souffrant, écrit une lettre pour s'opposer à ce dernier verdict et rassurer les consommateurs. Il meurt un peu plus tard.

REBONDISSEMENT

Les événements de 1844 marquent la fin de la discussion sur la gélatine extraite des os. Cependant, certains établissements continuent à préparer du bouillon gélatineux. C'est ainsi qu'en 1849, le ministre de l'Instruction publique demande à l'Académie de médecine de se prononcer sur la mise en fonction d'un appareil installé dans les hospices de Toulouse. Les médecins désapprouvent le projet.

Malgré cette résolution, la gélatine à usage alimentaire redevient d'actualité lors du siège de Paris, en 1870. Un mois après la capitulation de Paris face aux Prussiens, Jean-Baptiste Dumas, d'abord, puis son confrère Edmond Frémy proposent à l'Académie des sciences d'utiliser de l'osséine dans l'alimentation des Parisiens. L'osséine est la matière organique insoluble des os extraite au moyen de l'acide. Si l'on continue l'opération et soumet l'osséine à l'action de l'eau bouillante, on obtient la gélatine. On faisait entrer l'osséine dans la nourriture après pulvérisation. Pour Frémy, non seulement l'osséine mais aussi la gélatine sont nutritives quand elles sont associées à d'autres aliments.

En présence de Dumas et Chevreul, Frémy entame une discussion avec l'objectif de réhabiliter tant la gélatine que la mémoire de d'Arcet, d'autant que sa veuve assiste à cette

séance. Chevreul relate certains épisodes du débat et défend les conclusions de Magendie. Frémy, de son côté, célèbre en d'Arcet un inventeur bienfaiteur de l'humanité. Au début des années 1870, trois fabriques sont ainsi établies à Paris pour produire de l'osséine... Après la guerre franco-prussienne, cependant, la disette s'estompe peu à peu et, avec elle, disparaissent les discussions autour de l'emploi de la gélatine osseuse comme aliment.

Les péripéties de cette controverse et sa durée révèlent toute la complexité de la situation. D'une part, la commission s'est trouvée coincée entre une opinion publique hostile à la gélatine (en particulier les médecins) et un problème réel de combler la carence alimentaire. D'autre part, certains académiciens avaient sans doute aussi la volonté de soutenir leur confrère industriel et, de ce fait, une branche de l'industrie qui risquait de disparaître, laissant au chômage des milliers d'employés. Au cours d'une discussion à l'Académie des sciences, en 1838, son secrétaire perpétuel, François Arago, prenant parti pour d'Arcet, affirma ainsi en toute franchise «qu'il n'hésitera jamais, dans les limites du droit, de la justice et de la vérité, à rendre à ses confrères tous les services qui pourront dépendre de lui.» Il est clair que les notions actuelles d'éthique scientifique ne sont pas applicables à celles des années 1830. Enfin, la science de l'époque elle-même brouillait les pistes: les chimistes – acteurs principaux de l'industrie et de la vie académique – étaient convaincus que la gélatine ne pouvait qu'être nutritive en raison de son contenu en azote, et l'on ignorait encore le mécanisme de la nutrition. La notion de métabolisme restait à venir.

En fin de compte, le travail de la commission académique a été positif. Il a éclairci une évidence trompeuse et résolu la controverse d'un point de vue scientifique. Il a aussi fait progresser la science de la nutrition et enrichi la chimie de nouvelles découvertes. Surtout, malgré les pressions des défenseurs de la gélatine, il a été mené selon des critères scientifiques. Devant les interrogations que suscitait la nutrition elle-même, Magendie n'a pas hésité à reprendre à zéro les expériences sur la gélatine, quitte à allonger la durée de l'étude et à étendre son champ d'investigation.

Aujourd'hui, le paysage des controverses scientifiques (perturbateurs endocriniens, pesticides, additifs alimentaires, scandales médicamenteux...) est plus compliqué, car il dépasse en général les frontières et subit des pressions plus nombreuses et puissantes. Toujours et mieux qu'hier, les scientifiques ont un rôle clé à jouer pour répondre rationnellement aux questions soulevées dans ces controverses et aider les citoyens à faire la part des choses entre science et politique. ■

BIBLIOGRAPHIE

F. Papadopolou, **Le problème physiologique de la nutrition et ses enjeux**, Hermann, 2018.

C. Lieffroy, **Une nouvelle branche d'industrie : l'art d'extraire la gélatine des os dans la première moitié du XIX^e siècle**, *Documents pour l'histoire des techniques*, n° 14, pp. 37-48, 2007.

C. Viel et J. Fournier, **Histoire des procédés d'extraction de la gélatine et débats des commissions académiques (XIX^e siècle)**, *Revue d'histoire de la pharmacie*, n° 349, pp. 7-28, 2006.

R

ENDEZ-VOUS

P. 80 Logique & calcul
P. 86 Art & science
P. 88 Idées de physique
P. 92 Chroniques de l'évolution
P. 96 Science & gastronomie
P. 98 À picorer

RANGER AU MIEUX DES CARRÉS, DES CERCLES...

Disposer des formes géométriques identiques dans le plus petit espace possible: les problèmes de ce type attirent non seulement les amateurs de récréations mathématiques, mais aussi des chercheurs de métier.

L'AUTEUR



JEAN-PAUL DELAHAYE
professeur émérite
à l'université de Lille
et chercheur au Centre
de recherche en
informatique, signal
et automatique de Lille
(Cristal)



Jean-Paul Delahaye a récemment publié: **Les Mathématiciens se plient au jeu**, une sélection de ses chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).

Ranger 9 carrés de côté 1 dans un carré aussi petit que possible est facile: il faut un carré de côté 3, et on ne peut évidemment pas placer les 9 carrés unitaires dans un carré de côté plus petit.

Pour faire tenir 8 carrés unitaires, faut-il un carré de côté 3, ou le pourrait-on avec un carré plus petit? Si oui, quel est le plus petit carré permettant ce rangement? Et si l'on souhaite ranger 7 carrés, ou 6, ou 5, faut-il toujours un carré de côté 3?

La réponse est que pour placer 8 carrés unitaires, on doit utiliser un carré de côté 3, et que c'est encore vrai pour 7 ou 6 carrés unitaires. En revanche, pour 5 carrés unitaires, il suffit d'un carré de côté $2 + 1/\sqrt{2} = 2,707...$, et l'on a démontré qu'on ne peut pas faire mieux.

Les dessins de l'encadré ci-contre énumèrent les résultats connus aujourd'hui jusqu'à l'entier 26. La valeur du paramètre s indiquée sous chaque rangement est la longueur du côté du grand carré où ont été placés les carrés unitaires. Pour 12, 13, 16, 20, 21, 22, 23, les dessins (non représentés) sont faciles à deviner et correspondent aux rangements en lignes de carrés côte à côte. On remarquera qu'il y a deux sortes de résultats: ceux connus avec certitude, une démonstration ayant prouvé qu'on ne peut pas utiliser un carré de

côté plus petit, et ceux qui sont simplement des records: on n'a pas trouvé mieux aujourd'hui, mais on n'a pas prouvé que le résultat était optimal.

Une page internet mise en place par Erich Friedman, de l'université Stetson, en Floride, donne les résultats connus pour d'autres valeurs de n (<https://www2.stetson.edu/~efriedma/squinsqu/>).

Pour parler simplement de cette famille de problèmes, on introduit la notation suivante: pour tout entier n , on note $s(n)$ la longueur du côté du plus petit carré permettant de ranger sans chevauchement n carrés unitaires. Quand le dessin représenté est démontré optimal, on a une égalité; quand le dessin représenté est seulement le meilleur connu à ce jour, on a une inégalité. L'encadré 1 se résume alors à une série d'égalités et d'inégalités:

$s(1)=1$, $s(2)=s(3)=s(4)=2$, $s(5)=1+1/\sqrt{2}$,
 $s(6)=s(7)=s(8)=s(9)=3$, $s(10)=3+1/\sqrt{2}$,
 $s(11) \leq 3,877...$, $s(12) \leq 4$, $s(13) \leq 4$,
 $s(14)=s(15)=s(16)=4$, $s(17) \leq 4,6756$,
 $s(18) \leq (7+\sqrt{7})/2$, $s(19) \leq 3+4\sqrt{2}/3$, $s(20) \leq 5$,
 $s(21) \leq 5$, $s(22) \leq 5$, $s(23)=s(24)=s(25)=5$,
 $s(26) \leq 7/2+3/\sqrt{2}$.

Ce type de problèmes peut sembler insignifiant et tout juste bon à amuser les amateurs de récréations mathématiques. Ce n'est pas le cas: le célèbre et prolifique mathématicien