

SCIENCE & GASTRONOMIE

Quand le sucre fond

En chauffant, le sucre ne fait pas que fondre : il se transforme en divers composés, aujourd'hui identifiés, qui inspireront différentes créations culinaires.

Hervé THIS

La glace fond à 0 °C, une température constante, parce que l'eau n'est composée que d'une sorte de molécules. Cependant, le beurre, composé de molécules variées, commence à fondre à -10 °C et il est complètement fondu vers 50 °C. Alors pourquoi le sucre de table, le saccharose, dont toutes les molécules sont identiques, n'a-t-il pas un point de fusion bien net ? Et quelle importance ?

La température de fusion du sucre augmente avec la vitesse à laquelle on le chauffe. Le glucose et le fructose, eux aussi faits de molécules identiques, présentent également ce comportement anormal. Cela, ce sont les faits de la science des aliments. Parallèlement, en pâtisserie et en confiserie, les artisans ont leurs observations centenaires : les sirops chauffés d'une « certaine » façon ne recristallisent pas quand ils sont ensuite refroidis.

Si l'empirisme confiseur n'est pas à même d'expliquer les observations, sinon par des intuitions souvent fausses (parce que fondées sur l'usage de concepts macroscopiques, et non moléculaires), les chimistes ont expliqué que les sucres se décomposent quand on les chauffe, de sorte qu'il n'y aurait plus de raison pour que la masse chauffée fonde à une température fixe. Le phénomène a été étudié par Joo Won Lee et ses collègues de l'Université d'Urbana-Champaign, dans l'Illinois. Ces chimistes ont séparé les composés apparaissant à des températures différentes.

On n'avait pas attendu 2011 pour étudier la décomposition thermique du saccharose, du glucose ou du fructose, laquelle diffère en présence ou en absence d'eau ; mais, cette

fois, les analyses sont plus subtiles. On tient compte du fait que les sucres sont très hygroscopiques (ils absorbent l'humidité) : les cristaux sont le plus souvent entourés d'eau, venue de l'atmosphère.

Avec les années, on avait identifié que le saccharose, par exemple, peut se décomposer en fructose et glucose. Selon la teneur en eau, on sait aussi que le saccharose peut former des anhydrides de saccharose, par perte d'atomes d'hydrogène et d'oxygène (sous la forme d'eau), ou bien des isomères du saccharose. Pour le fructose, la transformation conduit soit au 5-hydroxyméthylfurfural, à l'odeur de caramel, soit à des anhydrofructoses, soit à des oligosaccharides, c'est-à-dire des enchaînements de quelques maillons (résidu de fructose, résidus de saccharose, etc.). Quand la température augmente encore, une foule de composés se forment par pyrolyse, et l'avenue du caramel commence.

Pour en rester au sucre chauffé, non caramélisé, les chimistes américains ont mis au point des techniques de chauffage et de trempe qui ont permis des analyses aux résultats fiables. À l'aide de ces techniques et par chromatographie en phase liquide, ils ont bien montré que le saccharose se décompose lorsqu'il est chauffé jusqu'au point de « fusion ». Ce point doit donc être plutôt nommé « perte de cristallinité » : il ne correspond pas *stricto sensu* à la fusion du saccharose, mais à la fusion d'un mélange de composés formés par les sucres de base et leurs produits de décomposition.

Comme les diverses réactions de transformation moléculaire s'effectuent à des

vitesse différentes, on comprend mieux pourquoi les vitesses d'échauffement donnent des comportements différents.

De surcroît, J. W. Lee et ses collègues ont mesuré les absorptions et dégagements de chaleur liés aux transformations chimiques qui expliquent, avec d'autres phénomènes comme la perte de cristallinité des produits, les variations des températures de « fusion » et la variété des corps obtenus.

La confiserie gagnera à s'emparer de ces résultats pour orienter ses productions. Elle saura produire des sirops qui ne recristallisent pas si elle sait patiemment orchestrer la dissociation du saccharose en glucose et en fructose, qui viendront s'intercaler entre les molécules de saccharose et bloquer leur assemblage en édifices réguliers, cristallins. Elle maîtrisera les goûts si elle utilise les courbes établies, qui montrent les proportions des divers produits de décomposition du saccharose. Elle y perdra en art, mais y gagnera en régularité... à condition que le gourmand le veuille vraiment : ne sommes-nous pas incessamment partagés entre le désir de retrouver un goût merveilleux et l'envie de la découverte ? ■



Hervé THIS dirige le groupe INRA de gastronomie moléculaire au Laboratoire de chimie d'AgroParisTech. Il est aussi directeur scientifique de la Fondation Science & Culture Alimentaire (Acad. des sciences).



Retrouvez les articles de Hervé THIS sur www.pourlascience.fr



→ MATHÉMATIQUES

Parcours de mathématiciens

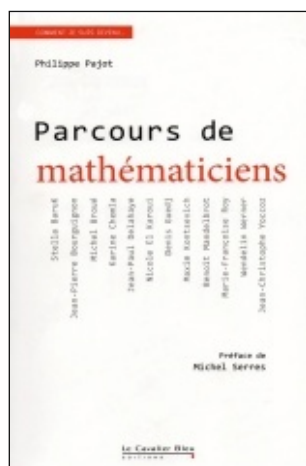
Philippe Pajot

Préface de Michel Serres

Le Cavalier Bleu, 2011

[240 pages, 18 euros].

Ce recueil d'entretiens menés par Philippe Pajot, journaliste scientifique, présente les itinéraires intellectuels de neuf chercheurs en mathématiques (Benoît Mandelbrot, auteur de la théorie des fractales ; Jean-Paul Delahaye, bien connu des lecteurs de *Pour la Science* ; trois lauréats de la médaille Fields, Maxim Kontsevich, Wendelin Werner, Jean-Christophe Yoccoz ; Jean-Pierre Bourguignon ; Michel Broué ; Nicole El Karoui ; Marie-Françoise



Roy), d'une historienne des mathématiques (Karine Chemla), d'une pédagogue (Stella Baruk), d'un romancier (Denis Guedj). Les entretiens suivent tous le même plan : la naissance de la vocation et le cursus de la personne interrogée ; son apport aux mathématiques ; les figures qui l'ont marquée ; son regard sur l'état actuel de la discipline.

Un point est frappant : en majorité, ces mathématiciens n'ont

pas été attirés par les mathématiques au lycée. C'est souvent après avoir hésité, ou un peu par hasard, qu'ils les ont choisies de préférence aux lettres ou à la philosophie. L'ambiguïté des mathématiques (on discute à perte de vue sur la nature de leurs objets) ne serait donc pas qu'une question abstraite. Elle aurait aussi une conséquence concrète : les mathématiques attirent ceux qui ne veulent renoncer ni aux sciences ni aux lettres.

Expliquer au public non spécialisé l'apport d'un mathématicien est toujours une gageure. Pari gagné, cependant. En quelques pages, sans technicité, chaque interviewé évoque le domaine mathématique qu'il a enrichi et en donne une idée au lecteur. Cela peut mener à aborder des questions actuellement brûlantes ; par exemple, lorsque Nicole El Karoui expose en quoi consistent les mathématiques financières et les défend contre les attaques qu'elles subissent depuis la crise de 2008.

Le non-mathématicien trouvera de quoi mieux cerner les mathématiques. Par exemple, il constatera, entre autres surprises, que Bourbaki est une figure positive pour plusieurs intervenants, mais négative pour Mandelbrot, qui lui reproche la prééminence donnée à l'abstraction. Contrairement à une image répandue, les mathématiques n'ignorent pas plus les désaccords internes que les autres entreprises intellectuelles.

Ce livre vivant, alerte, révèle les mathématiciens dans leur humanité, leur affectivité, et devrait leur faire mieux connaître. Il montre que ce sont des hommes et femmes comme tout le monde. Les faire parler aussi de leurs échecs pourrait être instructif. Cela corrigerait l'impression d'autosatisfaction qu'ils donnent parfois ici. L'échec est une épreuve connue de tous les

hommes. Montrer comment les mathématiciens l'affrontent les rendrait encore plus humains !

→ Didier Nordon

→ HISTOIRE DES SCIENCES

La vie immortelle d'Henrietta Lacks

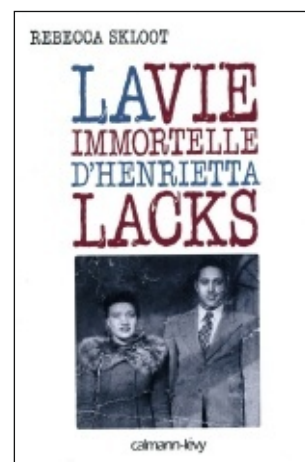
Rebecca Skloot

Calmann-Lévy, 2011

[440 pages, 21,50 euros].

En février 1951, à l'Hôpital Johns Hopkins (Baltimore, États-Unis), des cellules cancéreuses de l'utérus furent prélevées, à son insu et à celui de sa famille, chez une femme nommée Henrietta Lacks, pendant une séance de radiothérapie. Ces cellules mises en culture par le docteur George Gey donnèrent naissance à la première lignée cellulaire humaine qu'il appela HeLa du nom de leur progénitrice. Ces cellules étaient dotées d'une capacité de reproduction étonnante et, très vite, elles envahirent les laboratoires du monde entier. Elles suscitèrent des espoirs immenses en recherche médicale, en particulier contre le cancer. Cependant, cela n'empêcha pas Henrietta Lacks de mourir cette année-là.

Rebecca Skloot, journaliste scientifique pour le *New York Times magazine*, a enquêté pendant près de dix années pour reconstituer les multiples aspects de cette histoire humaine et scientifique. Le résultat est passionnant à lire. En effet, dans cette histoire s'imbriquent des dimensions sociales, scientifiques et éthiques. Henrietta Lacks était noire et pauvre. Elle venait d'un petit village de Virginie où elle était née dans une ancienne maison d'esclaves, sans l'eau courante ni l'électricité, avant de suivre son mari parti travailler dans une aciérie de la



banlieue de Baltimore. Le livre raconte la ségrégation qui sévissait encore à l'époque dans les hôpitaux où des salles d'opération séparées étaient réservées aux Noirs et aux Blancs. Le livre raconte aussi les progrès réalisés grâce à ses cellules, par exemple dans la mise au point d'un vaccin antipoliomyélite. Leur dissémination et les profits réalisés par des firmes privées alors que les membres de sa famille ne touchèrent jamais un sou. La souffrance de ses enfants, en bas âge lorsqu'elle mourut.

Au-delà de tous ces aspects, le livre pose en filigrane, sans vraiment y répondre, la question essentielle de la définition du soi humain. Y a-t-il un peu d'Henrietta Lacks dans les cellules HeLa ? Beaucoup semblent le croire, notamment les membres de sa famille et probablement aussi George Gey puisqu'il leur donna ce nom. Rien n'est moins sûr. C'est oublier qu'un humain, même d'un point de vue strictement biologique, en faisant abstraction de sa dimension psychique, est un être pluricellulaire dont l'identité s'efface sans le tissu de relations qui unissent ses cellules entre elles et dans leur relation à l'environnement.

→ Jean-Jacques Kupiec

Centre Cavallès, ENS/INSERM, Paris

→ ANTHROPOLOGIE

Pasteurs nomades de Mongolie

Linda Gardelle

Buchet Chastel, 2010
(190 pages, 25 euros).

Pasteurs touaregs dans le Sahara malien

Linda Gardelle

Buchet Chastel, 2010
(214 pages, 25 euros).

Le nomadisme a-t-il encore un avenir à l'heure de la mondialisation économique et du changement climatique ? Telle est la question à laquelle l'anthropologue Linda Gardelle tente de répondre dans ces deux ouvrages, rédigés pour un large public et dotés de superbes photographies en couleur. Sa démarche, fondée de manière originale sur deux enquêtes distinctes, vise à comparer des types de populations pastorales nomades très différents, en Mongolie et dans le Sahara malien. C'est-à-dire des peuples qui pratiquent le déplacement régulier des animaux et de toute la communauté humaine en fonction des ressources

disponibles, et sont donc sans habitat fixe. Le but de cette recherche est de comprendre les transformations de ces sociétés, comme le rôle que peut y jouer l'État.

Que nous apprend-elle ? Dans les deux cas, ces sociétés se révèlent en transition et soumises à de grandes difficultés. Le troupeau est leur seul capital : vaches, moutons, chèvres, yaks pour les Mongols ; chameaux et chèvres pour les Touaregs. Les nomades se déplacent en pesant le moins lourd possible, emportant le minimum d'eau, de nourriture et d'abri, dans des conditions climatiques extrêmes : fortes amplitudes thermiques, irrégularité des précipitations. Le nomadisme est une technique très bien adaptée à ces climats arides, le déplacement des troupeaux évitant d'user l'écosystème fragile. Autre point commun, ces populations savent se moderniser : les Touaregs utilisent quand ils le peuvent des camions 4x4 et des citernes d'eau, les Mongols disposent pour leur habitation traditionnelle (la yourte) de l'électricité par panneau solaire et d'antennes paraboliques. Il reste que le réchauffement climatique précarise ces deux populations : désertification du Sahara, pollution et pluies acides dans les steppes mongoles. Et la pratique fréquente du surpâturage n'arrange rien. Enfin, la difficulté à s'insérer dans l'économie mondialisée est la même : concurrence étrangère, manque d'infrastructures, éloignement des principales routes commerciales, pas d'accès aux soins pour les animaux.

Toutefois, le rôle de l'État doit être pris en compte. Au Mali, l'État ne se soucie pas de ses nomades, qui sont présentés de manière péjorative dans les livres d'histoire comme des « pillards ». Les nomades mongols bénéficient quant à eux de retraites et de maigres pen-

sions, de la part d'un gouvernement qui les érige en symboles de l'identité nationale, au sein d'une propagande faisant de Gengis Khan, premier empereur mongol, le héros « fondateur » du pays.

→ Régis Meyran

Docteur de l'École des hautes études en sciences sociales

→ GÉOLOGIE

De la Durance aux monts de Vaucluse

Georges Bronner

Jeanne Laffitte, 2010
(64 pages, 23 euros).

Dans cet ouvrage, Georges Bronner, géologue et ancien enseignant à l'Université de Marseille, a su combiner deux passions : l'aquarelle et la géologie. La géologie, d'abord, puisque c'est le troisième volume du même type qu'il propose sur la géologie provençale. Les deux premiers racontaient l'histoire du littoral méditerranéen, de la Côte d'Azur à la Camargue, tandis que le dernier s'enfonce dans les terres de Haute-Provence pour nous faire découvrir les merveilles du parc régional du Luberon, de la Durance au mont Ventoux.

Le spécialiste tout comme le néophyte ou l'enseignant y trouveront leur compte, car à travers l'histoire géologique du Luberon, c'est celle de la Provence qui est racontée, depuis l'époque où la mer du Trias baignait la région (après l'érosion des massifs hercyniens, il y a 250 millions d'années) jusqu'aux dernières glaciations quaternaires où l'homme préhistorique se gelait dans les grottes creusées au flanc même de somptueuses falaises. De la chaîne « pyrénéo-provençale » à la chaîne « alpine »

Brèves

OUTILS PRÉHISTORIQUES

J.-L. Piel Desruisseaux

Errance, 2011
(196 pages, 22 euros).



amusante, cette petite encyclopédie pratique des outils lithiques. Elle résume les principes de la taille, parfois pratiquée depuis des millions d'années, des principaux types d'outils préhistoriques. Elle sera utile aux (futurs) préhistoriens, et dotera les passionnés de Préhistoire de sensations nouvelles dans les musées.

LA VIE, L'ÉVOLUTION ET L'HISTOIRE

Michel Morange

Odile Jacob, 2011
(202 pages, 23 euros).

Il existe deux biologies, l'une évolutive et l'autre fonctionnelle. L'auteur analyse les conséquences de leur convergence, attirant l'attention sur le fait que la sélection naturelle n'est pas l'unique mécanisme producteur de formes. Ainsi, aujourd'hui, le biologiste doit analyser les relations complexes existant entre ce qui est de l'ordre de la nécessité (pour la survie,...), et ce qui est de l'ordre de la contingence (le hasard,...).

L'HOMME, L'ANIMAL ET LA MACHINE

Georges Chapouthier et Frédéric Kaplan

CNRS Éditions, 2011
(220 pages, 19 euros).



Ce stimulant ouvrage fait le point sur les manières dont les animaux et les machines sont comparables aux humains. Les auteurs abordent tant les aptitudes des trois types d'êtres (complexité, cerveau, intelligence, conscience...) que leurs relations (amour, sexualité, droits...), avant de donner des « conclusions croisées », l'une du biologiste et l'autre de l'ingénieur.



Brèves

BONNES BACTÉRIES
ET BONNE SANTÉ

Gérard Corthier

Quæ, 2011 (128 pages, 19 euros).



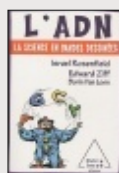
Qui sont ces milliards de bactéries qui peuplent nos intestins et quel est leur rôle ? Comment sont-elles arrivées là et pourquoi ne nous rendent-elles pas malades ? Telles sont les questions auxquelles répond de façon claire et accessible un spécialiste de microbiologie et de physiologie digestive.

L'ADN

Israel Rosenfield *et al.*

Odile Jacob, 2011

(258 pages, 19 euros).



L'histoire de la découverte de l'ADN et de son rôle pas à pas, à travers le regard de deux professeurs d'université américains et d'un dessinateur de bandes dessinées. C'est ce que nous propose cet ouvrage qui réussit, par des dessins très explicites, à rendre tangibles les mécanismes les plus complexes de réplication et de réparation de l'ADN.

CULTURE SCIENTIFIQUE
ET HUMANISME

Nicole Hulin

L'Harmattan, 2011

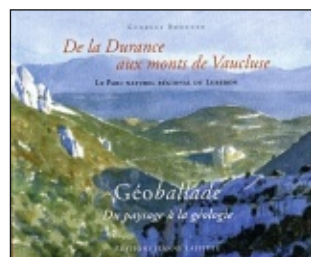
(202 pages, 20 euros).

La question de la place des sciences dans l'enseignement n'est pas nouvelle, rappelle cet ouvrage qui retrace les principaux débats du XIX^e et du XX^e siècles sur le sujet. Nombre de scientifiques s'étaient mobilisés pour améliorer l'enseignement des sciences, de la leçon de choses de l'école primaire au rapport entre sciences et lettres dans le secondaire. Les questions soulevées – quelles sciences enseigner ? Dans quels buts ? Comment favoriser la recherche ? Comment former les professeurs ? – sont toujours d'actualité.

responsable des séismes actuels, tout est relaté avec précision, y compris la grande période d'érosion qui a façonné les paysages lorsque la *Mare Nostrom* avait disparu pour renaître aussitôt, il y a entre cinq et six millions d'années. La lecture et la compréhension sont facilitées par une bonne corrélation de cartes, schémas et coupes géologiques simplifiées et colorisées.

La vie n'est pas absente de cet ouvrage où une grande place est faite aux fossiles terrestres et marins qui ont servi de bornes au calendrier terrestre. Même l'homme, dont les activités ancestrales ont été intégrées au parc naturel, a droit à un chapitre spécifique.

Mais sans le don artistique de l'auteur, initié aux couleurs et aux grands espaces sahariens, en Mauritanie, ce livre ne serait qu'un guide géologique de plus. Ce qui en fait l'originalité, ce sont les magnifiques aquarelles illustrant paysages et fossiles. Il est vrai que les tons pastel de la Haute-Provence, des bleus profonds des forêts aux blancheurs lumineuses des falaises « urgoniennes » en passant par les ocres d'Apt et les vio-



lets des champs de lavande, se prêtent bien à l'exercice.

Mieux que des photographies, ces esquisses soulignent les grands traits géologiques et, quand cela n'est pas suffisant, les paysages sont expliqués par une gravure géologique. De même, les difficultés sont aplanies, comme le séisme de Lambesc, précédé d'une explication sur le mécanisme des

séismes. Une manière de faire aimer la géologie de 7 à 77 ans.

→ Michel Villeneuve

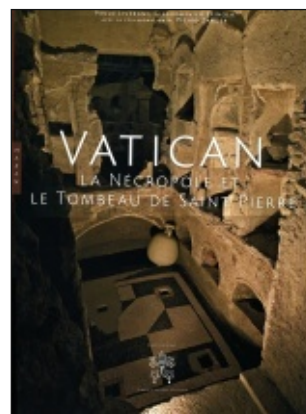
CNRS/Université de Provence

→ ARCHÉOLOGIE

Vatican
La nécropole
et le tombeau
de saint PierrePaolo Liverani,
Gandomenico Spinola
et Pietro Zander

Hazan, 2010

[352 pages, 79 euros].



La nécropole de la *via Triumphalis* est abordée à travers différents secteurs de fouilles dont celui de Santa-Rosa, impressionnant par sa conservation et qui a fait l'objet d'une fouille récente.

Le qualificatif de « Pompei funéraire » n'est pas usurpé !

Voilà l'impression que procure cet ouvrage richement illustré et documenté. Les auteurs nous présentent une vue claire et synthétique des fouilles menées dans la cité vaticane de 1930 à 2006. Entre le I^{er} et le IV^e siècle, la zone orientale de ce territoire accueillait un vaste espace funéraire en bordure d'une voie romaine (*via Triumphalis*). La nécropole s'étendait sur le versant d'une petite colline où de fréquents éboulements, durant l'Antiquité et le Moyen Âge, ont contribué à la conservation de nombreux tombeaux antiques.

La présentation est axée sur deux zones de la nécropole, sous la basilique Saint-Pierre et près de la *via Triumphalis*. Dans la première, d'importants tombeaux maçonnés et richement décorés ont été édifiés par une frange aisée de la population. Un éclairage spécifique est apporté à l'un d'eux, attribué à l'apôtre Pierre et sur lequel des générations de pèlerins se sont recueillis.

Le principal intérêt de cet ouvrage est de montrer, à travers les monuments, le mobilier et l'iconographie (peintures, mosaïques, statuaire...), le passage progressif de l'incinération à l'inhumation entre les I^{er} et IV^e siècles à Rome. On observe ainsi la succession chronologique des sépultures et les divers aménagements au sein d'une nécropole vite saturée. Les deux zones offrent l'avantage de présenter des tombes monumentales et des tombeaux plus modestes de type columbarium, voire d'humbles tombes avec de simples vases surmontés de conduits à libations. Les stèles funéraires nous renseignent parfois sur le statut social des individus en révélant, outre leur identité, leur statut (esclave, affranchi de l'empereur...) et leur fonction au sein de la société romaine.

→ Philippe Blanchard

INRAP, Tours



Retrouvez l'intégralité de votre magazine
et plus d'informations sur :
www.pourlascience.fr