

SCIENCE & GASTRONOMIE

Légumes artificiels à foison

En jouant avec des gels et des liquides, on peut produire des fruits ou légumes artificiels bien plus vite que par des cultures in vitro.

Hervé THIS



Des oranges artificielles ? Ce furent, en 2001, les « conglo-mèles ». Aujourd'hui, on sait obtenir mieux : des tissus végétaux artificiels dont les compartiments contiennent, au choix, un gel ou un liquide.

Commençons par observer une orange : sans entrer dans les détails de sa structure, il y a la peau, qui protège l'ensemble des « poils endocarpiques » emplis de jus. L'utilisation d'alginate de sodium, un gélifiant extrait d'algues, permet de reproduire ces derniers : soit on dissout du lactate de calcium dans du jus d'orange et on laisse tomber des gouttes de ce liquide dans une solution d'alginate de sodium, soit on dissout de l'alginate de sodium dans le jus d'orange et on dépose des gouttes de ce liquide dans une solution de lactate de calcium.

Dans les deux cas, une peau gélifiée se forme, les ions calcium Ca^{2+} venant ponter les molécules d'alginate, ce qui forme une mince couche de gel à la surface des gouttes. La conglo-mèle s'obtient alors simplement en déposant les perles formées dans un bol, puis en versant une solution de gélatine, qui les solidarise. Avec deux demi-sphères recollées, on forme une sphère, puis on peut, si l'on veut, ajouter une « peau d'orange » en trempant la sphère refroidie dans une solution de gélatine colorée en orange (avec du bêta-carotène, pigment des carottes et vendu sous le code E160a) à la limite de la prise.

On le voit, cette reproduction n'est guère difficile, mais qu'en est-il pour les tissus végétaux formés de cellules dont la taille est de

l'ordre du micromètre ? La technique des perles évoquée plus haut n'est pas utilisable, car les perles ont un diamètre limité par la taille de gouttes que l'on peut produire. Une autre technique consiste à diviser finement un matériau gélifié, puis à solidariser les « particules » formées.

Par exemple, si l'on part de jus d'orange que l'on fait prendre en gel à l'aide d'agar-agar (un polysaccharide, cousin de l'amidon, donc, mais extrait des algues) et si l'on passe le gel dans un moulin électrique, on produira des particules de gel que l'on pourra ensuite solidariser à l'aide d'un gélifiant différent (par exemple une solution de gélatine), afin de former une dispersion de microgels dans un gel. Dans ce système, la gélatine reproduit la paroi végétale, et l'agar-agar reproduit la gélification du cytosol, le liquide à l'intérieur des cellules.

Voudrait-on une reproduction de paroi plus réaliste, avec de la cellulose ? Utilisons alors une centrifugeuse de cuisine, pour y mettre des carottes, par exemple. Le résidu de centrifugation, souvent jeté, est fait de cellulose quasi pure, que l'on peut laver, puis sécher, avant de l'incorporer à la préparation que l'on fait gélifier.

On préférerait un pseudo-cytosol liquide, et non gélifié ? Une première solution consiste à emplir de liquide un matériau poreux. Pensons au baba au rhum : selon le type de « gâteau » ou de « pain », on peut obtenir soit des porosités connectées, soit des porosités isolées. Pour le baba, l'existence d'un réseau connecté permet au rhum de se répartir dans tout le gâteau.

Toutefois, cette solution reproduit mal le tissu végétal, où les cellules communiquent peu : il vaut mieux les reproduire par des poches de liquide. On les obtient, par exemple, en commençant par faire un gel de gélatine. Mixons-le, afin d'obtenir de petits fragments de gel qu'on solidarise ensuite à l'aide d'un gélifiant qui ne soit pas une protéine et d'un liquide contenant du jus d'ananas frais. Une fois la gélification faite, l'enzyme du jus d'ananas, la broméline, diffusera vers le gel de gélatine et dégradera son réseau solide. Des poches liquides se formeront alors dans la matrice solide.

Et c'est ainsi que d'innombrables solutions se présentent à qui veut faire des fruits ou des légumes artificiels, dont la consistance rappellera celle des végétaux, mais dont le goût sera exactement celui qu'on aura décidé d'avoir, soit parce que l'on aura dissous des solutés dans l'eau qui forme les divers gels, soit parce que l'on aura émulsionné de la matière grasse, où seront dissous des composés odorants. ■



Hervé THIS, physico-chimiste, est directeur du Centre international de gastronomie moléculaire AgroParisTech-Inra et directeur scientifique de la Fondation science & culture alimentaire (Académie des sciences).



Retrouvez la rubrique
Science & gastronomie sur
www.pourlascience.fr

■ MATHÉMATIQUES

Dans le secret des nombres

Marianne Freiberger et Rachel Thomas

Dunod, 2015

[320 pages, 18,90 euros].

Ce livre est un voyage initiatique dans le monde mathématique. Les auteurs nous proposent un itinéraire foisonnant à travers les prolongements actuels de nombreux problèmes mathématiques classiques ou récents. Il est doux, lors de la lecture, de revisiter des sites connus, puis de découvrir



de nouveaux aperçus. La pédagogie des guides nous conforte : leur discours nous intéresse par la beauté des structures mathématiques évoquées et par leur utilité pratique. Cette bivalence est ici miraculeuse et enchanteuse.

Ces vaticinations ne sont pas erratiques, les objets disparates des mathématiques s'unissent souvent dans une théorie supérieure ou par des analogies « incroyables » entre deux domaines qui éclairent leur résolution. La balade suit toutefois plus les traces du génie prolifique d'Euler qu'elle n'est inspirée par la rigueur de Bourbaki. Par moments, il reste des ambiguïtés. C'est peut-être inévitable.

Donc, certaines itinérances sont superbes par leur fertilité incongrue d'un nouveau sujet, comme le chapitre brillantissime

« Des abeilles et des hommes » où l'on visite des « petits mondes » inattendus. D'autres excursions dans des domaines austères peuvent être moins exaltantes, comme le calcul de π .

Lors du voyage, des bouquets de compréhension surgissent : à propos de l'équation de Navier-Stokes régissant les comportements des fluides, la réflexion selon laquelle la difficulté de sa résolution est liée à l'immense variété des phénomènes observés est pertinente, c'est la Némésis mathématique ! Les auteurs s'attachent aussi à nous montrer les impasses, les voies aujourd'hui sans issue visible, ce qui nous console de nos incapacités passées et nous stimule pour nos efforts futurs. Il y a en effet encore beaucoup de choses à démontrer en mathématiques. Ainsi, certaines questions très simples sont irrésolues : grandeur et limite de la pensée mathématique ! Henri Poincaré, qui avait mieux que personne percé certains secrets et ce faisant buté contre des frontières mathématiques qu'il avait délimitées, écrivait : « La pensée n'est qu'un éclair au milieu de la nuit. Mais c'est cet éclair qui est tout. » Laissez-vous guider dans cette exploration du monde avec pour unique bagage votre cerveau.

Philippe Boulanger



■ HISTOIRE DES SCIENCES

Histoire des théories scientifiques de l'extinction des espèces

Cédric Grimoult

Ellipses, 2014

[640 pages, 45 euros].

L'extinction des espèces est pour nous un concept acquis : beaucoup d'êtres aujourd'hui éteints, qu'il s'agisse des dinosaures, des mammouths ou des hommes de Néandertal, nous sont plus familiers que bien des espèces actuelles, et nous savons fort bien, hélas, que nombre de plantes et d'animaux disparaissent pratiquement sous nos yeux. Mais il n'en a pas toujours été ainsi. Longtemps, l'idée même qu'une espèce pût disparaître a paru inacceptable, pour des raisons religieuses (la création divine n'avait pu produire d'êtres assez imparfaits pour qu'ils soient frappés d'extinction) ou philosophiques (la « grande chaîne du vivant » ne pouvait souffrir de lacunes).

Ce n'est qu'à l'extrême fin du XVIII^e siècle que l'ampleur du phénomène d'extinction des espèces a fini par être reconnue par la science, grâce en particulier aux études de Georges Cuvier sur les fossiles. Mais une fois le concept accepté, encore fallait-il trouver des causes à ces disparitions d'espèces – et cette recherche des processus qui peuvent amener des espèces à disparaître, parfois en grand nombre (on parle alors d'extinctions en masse), continue aujourd'hui à nourrir les controverses au sein de la communauté scientifique.

Dans ce gros livre, Cédric Grimoult examine en détail l'évolution des idées au sujet des extinctions, depuis l'Antiquité jusqu'à aujourd'hui. Il le fait avec une

érudition et une précision remarquables (la bibliographie ne comporte pas moins de 125 pages !), et nous livre une histoire assez exhaustive des débats sur le sujet, qui ont mobilisé et mobilisent encore nombre de paléontologues, biologistes, géologues et même astronomes, depuis que des causes extraterrestres sont invoquées pour expliquer certaines grandes extinctions.

Le livre est dense et, pour l'apprécier, il n'est pas inutile d'avoir quelques bases en histoire des sciences, car l'auteur, occupé avant tout par l'histoire des idées, n'a guère l'occasion ni la place de présenter le contexte plus large dans lequel les débats se sont déroulés. Il faut voir dans cet ouvrage une source très utile d'informations détaillées sur une question scientifique dont on s'aperçoit, à la lecture, qu'elle est depuis plusieurs siècles au cœur des sciences géologiques et biologiques.

Eric Buffetaut

CNRS et laboratoire de géologie de l'ENS, Paris

■ SCIENCES DE L'ÉVOLUTION

L'histoire du corps humain

Daniel E. Lieberman

JC Lattès, 2015

[500 pages, 24,50 euros].

Professeur de biologie humaine à Harvard, l'auteur réfléchit ici à l'évolution du corps humain. Réponse *a priori* adaptée aux contraintes environnementales, celui-ci devrait être gage de la survie de l'espèce, mais son inadaptation relative d'aujourd'hui donne le sentiment d'une régression.

Durant plus de six millions d'années, plusieurs étapes clés ont marqué cette évolution : posture érigée, gros cerveau, diversification alimentaire, émergence

du langage, de l'aptitude à la coopération et constitution de cultures transmissibles... sont autant de traits acquis par *Homo sapiens*, qui en ont fait la seule espèce d'hominidés survivante et dont les membres vivent aussi longtemps. L'apparition de l'agriculture puis la révolution industrielle ont parachevé cette évolution. Toutefois, une régression est en cours, car, en modifiant l'environnement, *Homo sapiens* a créé les conditions d'une inadaptation majeure, responsable de l'émergence de maladies nouvelles...



Parmi toutes les transformations qui ont produit *Homo sapiens*, la plus adaptative a sans aucun doute été notre capacité à créer un patrimoine culturel transmissible. Face à la sélection naturelle, les cultures humaines sont devenues la force essentielle du changement agissant sur le corps humain. *Homo sapiens* est devenu à la fois acteur et victime de son devenir : il doit utiliser son corps plus conformément à l'usage pour lequel l'évolution l'a formé, tout en ouvrant largement le champ de l'intelligence collective afin de parvenir à éviter ou à corriger les nouvelles maladies. L'enjeu de ce livre est de le dire.

Bernard Schmitt
CERNh, Lorient

■ PRÉHISTOIRE

Chauvet-Pont d'Arc : le premier chef-d'œuvre de l'humanité

Pedro Lima

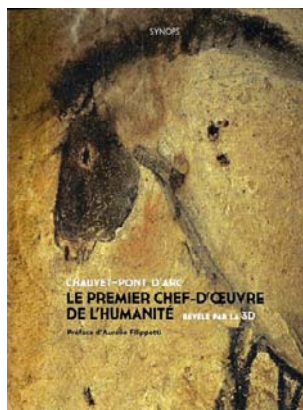
Synops, 2014
(208 pages, 34,90 euros).

La découverte de la grotte Chauvet, en 1994, ne dévoilait pas seulement l'un des sommets de l'art paléolithique, elle apportait par ses datations une révision sensationnelle de la chronologie de l'art de la préhistoire : elle précède de plus de 15 000 ans Lascaux !

Afin d'éviter les désastres qu'ont connus d'autres grottes ornées, il a été décidé, dès le moment de la trouvaille, de préserver de façon optimale ce site exceptionnel des dégradations liées à son exploration, à son étude et à sa visite par le public. C'est pourquoi un fac-similé de cette étincelante cavité a été réalisé par le cabinet Perazio. Sans dommage pour la grotte authentique, il permettra au grand public de pénétrer dans cet extraordinaire univers artistique.

Destiné aux visiteurs, le présent livre propose une présentation à grands traits de la grotte, de sa découverte, du site monumental où elle est située, de ses caractéristiques archéologiques et artistiques, et des études scientifiques qui y ont été réalisées.

En outre, il est aussi une introduction au fac-similé lui-même, qui décrit les techniques élaborées mises en œuvre pour reproduire à l'identique le support et les peintures pariétales :



scanner permettant d'enregistrer en trois dimensions les volumes souterrains avec une résolution de l'ordre du dixième de millimètre ; photographies numériques livrant, également en trois dimensions, les images des figures dessinées et peintes.

Ces techniques ne font pas que reproduire à l'identique ce qu'on connaissait déjà. Grâce à elles, il est possible de s'affranchir des contraintes physiques imposées jusque-là aux photographes par les nécessités de la sauvegarde de la grotte : par exemple d'approcher au plus près les parois peintes pour en relever les détails, de choisir des angles et des points de vue jusque-là inaccessibles, de porter sur ces images de vifs éclairages, impossibles à l'intérieur de la grotte sous peine d'endommager les précieuses peintures...

Il en résulte un somptueux dossier photographique, qui renouvelle en effet la vision déjà habituelle que nous avons de la grotte Chauvet à travers les photographies réalisées depuis vingt ans dans la cavité.

Claudine Cohen
EPHE, EHESS, Paris



L'Europe celtique à l'âge du Fer

Olivier Buchsenschutz (dir.)
PUF, 2015
(512 pages, 42 euros).

Les Gaulois et *tutti quanti* sont mythiques. Plus concrètement, des gens vivaient en Europe tempérée pendant l'âge du Fer et la plupart appartenait à une civilisation que l'on qualifie de celtique. Les auteurs, tous archéologues de haute volée, passent en revue les données essentielles disponibles sur ce puissant phénomène archéologique : des traces similaires depuis l'Angleterre jusqu'à la Turquie. Il en ressort que les Celtes sont avant tout un grand groupe linguistique, qui a dominé l'Europe pendant huit siècles.



Analyse des réseaux sociaux appliqués à l'éthologie et à l'écologie

Cédric Sueur (dir.)
Matériologiques, 2015
(514 pages, 35 euros).

Les animaux et les plantes forment des sociétés et à toutes les échelles. L'étude de ces interactions entreprise ici est non seulement intéressante en elle-même, mais fournit aussi des modèles applicables aux sociétés humaines. En effet, les individus vivant dans un réseau écologique ont des liens de compétition, d'exclusion, de prédation, de coopération... La façon dont ils agissent et interagissent influe sur le réseau, dont la structure exerce à son tour une influence sur les individus. C'est cette boucle fondamentale de rétroaction qui est étudiée ici sous mille formes.



Atlas de la vigne et du vin

F. Legouy et S. Boulanger (dir.)
Armand Colin, 2015
(176 pages, 25 euros).

Cet ouvrage décrit en images, en graphiques et par des textes les grands vignobles mondiaux, leur origine, leur nature et leur économie. Cartes et schémas sont clairs et les textes documentés, de sorte que l'ensemble constitue un excellent moyen de se faire une religion sur le vin - ce breuvage qui, dans la balance commerciale française pèse 7,6 milliards d'euros, tandis que la France consomme 14 % du vin de la planète tout en en produisant 16 %. Des chiffres à s'enivrer !

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



OCCULTE GRAVITATION

Le *Dictionnaire de l'impossible* de Didier van Cauwelaert (rééd. J'ai lu, 2014) présente les récits de nombreux témoins d'événements paranormaux : délocalisations, dialogues avec des morts, prémonitions, voyances, apparitions, etc. Jeter la suspicion sur ces récits ne suffit pas à dissiper le malaise né de leur lecture. Car ils ne défient pas plus notre raison que la gravitation ! Si notre raison interdit de croire aux premiers, elle interdit de croire à la seconde...

En fait, nous sommes peu rationnels. À force de voir les objets tomber, ce phénomène n'éveille aucun malaise en nous. Il devrait au contraire déstabiliser d'autant plus qu'il est plus familier : on a beau y réfléchir



depuis longtemps, il garde maints secrets. Chaque fois qu'un objet tombe, la frayeur métaphysique devrait nous saisir. Une force occulte est à l'œuvre, et produit un effet étrange : l'attraction de l'objet par le sol, auquel rien ne semble le relier. Comme tout ce qui s'obstine à nous échapper, ce mystère recèle de la menace.

Que nous n'ayons pas l'expérience personnelle des faits relatés par Cauwelaert ne suffit pas pour voir en eux des falsifications. Le boson de Higgs s'est manifesté moins souvent, et devant moins de gens, que la Vierge. Faut-il en déduire : « Ce truc-là, moi, je n'y crois pas ! » ? Pour la plupart, nous ne connaissons que vaguement la démarche permettant de détecter ce boson, nous ne côtoyons ni les physiciens qui l'ont suivie ni les témoins cités par Cauwelaert. Accorder notre confiance aux uns, la refuser aux autres, n'est-il pas un préjugé ?

Qu'importe, au fond. Le normal est aussi intrigant, et pas moins inquiétant, que le paranormal. En cela, les opposer est peu pertinent. « Le spiritisme ne m'a jamais paru plus extraordinaire que de voir le Soleil tourner autour de la Terre » (Henry James, « Le Professeur Fargo », II, *Nouvelles complètes*, Pléiade, T. I, p. 1085).

HYPOTHÈSE SUR HYPOTHÈSE

En mathématiques, le mot « hypothèse » sert à décrire une situation. Exemple : on fait l'hypothèse que tel triangle a deux côtés égaux. Suite à quoi, on précise la description en démontrant que ce triangle a aussi deux angles égaux.

En sociologie, une hypothèse s'apparente à une conjecture. Ainsi, on fait l'hypothèse qu'existe une corrélation entre deux phénomènes, et on la teste par une enquête. Si elle est confirmée, l'hypothèse ne se transforme pas en explication. Expliquer la corrélation consiste à trouver ce qui la cause.

En physique, une hypothèse a plutôt le statut de théorie en cours de discussion. Si elle se confirme et unifie un vaste champ, elle joue le rôle d'une explication.

En préhistoire, une hypothèse reste toujours... hypothétique, puisqu'elle attribue à une population éteinte une conception défendue par un chercheur actuel.

En droit, une hypothèse n'est pas un moyen de cerner une vérité. Quand la loi donne le droit de vote à tous les citoyens, elle fait l'hypothèse que tous sont également éclairés, ce qui est une fiction juridique.

Bref, le mot « hypothèse » a autant d'acceptions qu'il y a de spécialités. Bien entendu, pareille conclusion n'est qu'une hypothèse...



UNE THÉORIE DE L'ESPRIT DU JEUNE ENFANT

Très jeune, paraît-il, l'enfant acquiert une « théorie de l'esprit » : il comprend qu'autrui ne ressent et ne pense pas comme lui.

Mais rares sont les adultes qui, en présence d'un jeune enfant, ont une théorie de l'esprit !



L'enfant donne aux adultes un immense plaisir, enchante leur vie. Donc, se figurent-ils, lui-même éprouve plaisir à être, sa vie est enchantement. Le bonheur qu'il apporte a pour source un bonheur qui est en lui. Symétrie en reflet exprimée par Victor Hugo : « Son doux regard qui brille/Fait briller tous les yeux. »

Cette illusion a été souvent dénoncée, mais les adultes peinent à s'en défaire. Quand un chagrin d'enfant est provoqué par ce qui leur apparaît comme un rien, ils rechignent à voir que ce chagrin n'est pas rien et est aussi douloureux que si sa cause était « sérieuse ». Et quand s'achève la séquence classique larmes-consolation-sourire retrouvé, ils croient que le sourire efface les larmes. Ils oublient combien le temps de l'enfant diffère du leur. Même si, dans leur perception d'adultes, les larmes ont peu duré, elles peuvent, dans celle de l'enfant, avoir représenté une éternité.

Entouré d'adultes qui le comprennent si mal, l'enfant sent qu'ils ne perçoivent pas ce qu'il perçoit. C'est parce que, en sa présence, les adultes abdiquent toute théorie de l'esprit qu'il est amené à en élaborer une. ■