

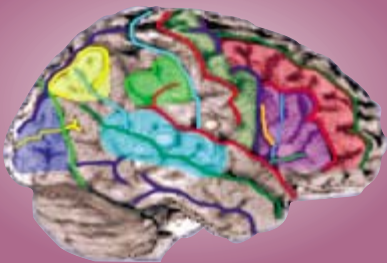
■ POUR LA

SCIENCE

Juillet 2002

Édition française de Scientific American

Les erreurs de raisonnement



La classification des courbes



Le voyage des globules rouges



Les ancêtres des baleines

Ils vivaient sur terre

FRANCE METRO : 5,95 €, DOM : 7,13 €, BEL : 7,07 €,
CH : 11,2 FS, CAN : 8,95 \$, LUX : 6,77 €, ESP : 8,71 €,
PORT. CONT. : 6,33 €, AND : 5,95 € MAY : 8,92 €, REU : 8,92 €

M 02687 - 297 - F: 5,95 €



TRIBUNE DES LECTEURS

BLOC-NOTES

de Didier Nordon



SCIENCE ET GASTRONOMIE

Qualité de viande

par Hervé This



SCIENCE ET ÉCONOMIE

Oui, mais pas chez moi!

par Ivar Ekeland

POINT DE VUE

Les défis du Muséum d'histoire naturelle

par Bernard Chevassus-au-Louis

PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Gould, héraut de l'évolution

par Jean-Louis Hartenberger



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

■ L'internationale fourmière ■ Les géants du Chihuahua ■ Le champagne nain ■ Cavaliers en terre arverne ■ L'origine des jets galactiques ■ La sieste pour la vue ■ Le déroulement de l'enroulement ■ La ligne mentale des nombres ■ L'invention de la pierre taillée ■ L'énergie de l'air ■ Oxygène en orbite ■ L'algue du ginkgo ■ La sixième désintégration ■ L'hormone du fer ■ La détection des mines antipersonnel

ÉNIGMATHS

Justice aveugle

par Dennis Shasha



LOGIQUE ET CALCUL

Les machines pensent-elles?

par Jean-Paul Delahaye



ART ET SCIENCE

Les mystérieux sona

par Avida Dollars

IDÉES DE PHYSIQUE

La nage des poissons

par Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik



ANALYSES DE LIVRES

■ **Primo Levi, le double lien : Science et littérature**, sous la direction de W. Geerts et J. Samuel
■ **Les requins sont-ils des fossiles vivants?**, de Gilles Cuny
■ **Histoire secrète des chefs-d'œuvre**, de Didier Dubrana
■ **La science au péril de sa vie - Les aventuriers de la mesure du monde**, de Arkan Simaan ■ **De la science à la philosophie, hommage à Jean Largeault**, sous la direction de Miguel Espinoza

4

5

7

8

9

10

18

92

98

104

106

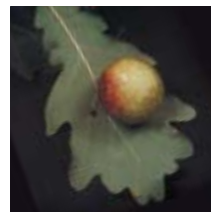
108

Les interactions durables des génomes

30

par Claude Combes

Les associations de certains parasites avec leur hôte forment des systèmes, où les interactions durables des génomes dotent les partenaires de propriétés nouvelles.

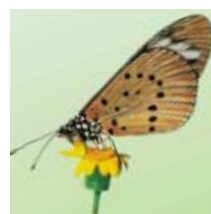


La bactérie *Wolbachia*, parasite féministe

34

par Fabrice Vavre

La bactérie *Wolbachia*, transmise par les femelles, favorise sa propagation en stérilisant les femelles non infectées, en féminisant les mâles, et en déclenchant le clonage des femelles.



Le grand inventaire cosmique

40

par G. Hasinger et R. Gilli

Bientôt les astronomes connaîtront avec certitude tous les objets susceptibles d'émettre de la lumière dans l'Univers. Le grand inventaire des objets cosmiques sera achevé.



La correction des erreurs de raisonnement

48

par O. Houdé, S. Moutier, L. Zago et N. Tzourio-Mazoyer

Pour la première fois, on a mis en évidence que les erreurs de raisonnement résultent de l'activation de «mauvaises» aires cérébrales que l'on peut apprendre à inhiber.



La taxonomie des courbes

56

par Marcel Berger

Des mathématiciens explorent la diversité des courbes pour les classer. Vladimir Arnold a enrichi leur tâche en identifiant une nouvelle spécificité des courbes : l'«étrangeté».



Les mammifères à la conquête des mers

64

par Kate Wong

L'étude de nouveaux fossiles et des analyses d'ADN ont éclairé l'origine des baleines : elles descendent des mammifères terrestres, probablement de l'ancêtre de l'hippopotame.



Les constantes varient-elles?

72

par Jean-Philippe Uzan

Deux constantes fondamentales de la physique semblent avoir varié au cours de l'histoire de l'Univers. Ces observations relancent le débat sur la nature des lois physiques.

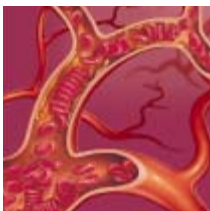


Le voyage des globules rouges

80

par Jacques Dufaux,
Patrick Snabre, Gérard Guiffant

Pour faciliter l'écoulement du sang, les globules rouges se déforment et s'alignent dans les capillaires. Dans les vaisseaux plus gros, ils forment des « piles d'assiettes » réversibles.

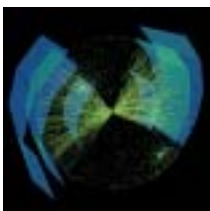


La traque du plasma de quarks et de gluons

86

par Yves Schutz
et Hugues Delagrangé

Les constituants des noyaux se désagrègent-ils à haute température? Les physiciens font de nouvelles expériences, en espérant confirmer ce phénomène de déconfinement.



2 encarts d'abonnement pages 16 et 17, encarts commande de livres et abonnement pages 96 et 97.
En couverture : © Alain Bénétou.

Chaque mois, retrouvez le sommaire complet
de la revue **en ligne** avec pour chaque article
une bibliographie et un complément d'information.

www.pourlascience.com

Raisonnements et émotions

« Toute notre dignité consiste en la pensée », affirmait Pascal. Cette faculté de réflexion nous valorise grandement. Bon pour l'ego. Toutefois, penser correctement nous est difficile. Mauvais pour l'ego. « Travaillons donc à bien penser », poursuivait Pascal.

Oui, mais comment? Et d'abord, pourquoi réfléchissons-nous si mal? Le génial mathématicien Henri Poincaré s'étonnait que les démonstrations mathématiques soient si difficiles alors qu'elles ne consistent qu'en une suite de trivialités du type $A = B$, $B = C$, etc. Chacune de ces égalités est de compréhension aisée, mais la longueur de la suite rend la tâche ardue, voire décourageante. La nécessité de la motivation pointe l'oreille.

Les expériences conduites par les chercheurs (voir *La correction des erreurs de raisonnement*, pages 48 à 55) montrent que nous ne rectifions nos défaillances cérébrales, que nous n'apprenons efficacement, que si les enseignements ont une dimension émotionnelle. L'explication logique de l'erreur n'est pas suffisante, ce sont les émotions qui suscitent la motivation.

La conjonction est bizarre, car l'esprit de géométrie, de froid et lucide cartésianisme, est classiquement opposé à l'esprit de finesse, de connotation sensible. Pascal, auteur de cette distinction, avait compris que l'opposition est superficielle : pour convaincre et faire comprendre, il faut « toucher le cœur » affirmait-il. À la lueur de l'évolution, cette nécessité ne surprend plus : le cerveau humain s'est façonné pour que la peur ou la joie améliore notre comportement logique nécessaire à la survie. Aussi les enseignements qui touchent la sensibilité ont-ils plus de portée : ils nous encouragent à suivre la chaîne de déductions évoquée par Poincaré.

Ces conclusions sont validées par des mesures de l'activité cérébrale : quand nous raisonnons mal ou que nous raisonnons bien, des aires différentes du cerveau sont activées. Et dans les processus d'apprentissage efficaces, les aires de l'émotion sont scintillantes.

CQFD émotionnel.

Philippe BOULANGER

Tribune des lecteurs

Sa propre haleine

Dans *La mauvaise haleine* (voir *Pour la Science*, mai 2002), Mel Rosenberg se demande pourquoi l'on est sensible à l'haleine des autres et non à la sienne. Comme il le souligne, il ne s'agit ni d'une habitude ni de l'impossibilité d'aspirer par le nez son propre souffle buccal, car la rétro-olfaction est opérante. L'explication la plus vraisemblable s'applique à toutes les formes de stimulus sensoriels : le cerveau n'apporte à la conscience que les stimulus pertinents et représentant une modification de l'environnement. Ainsi, une heure après vous être parfumé le matin, alors que, ne sentant plus rien, vous vous demandez si vous l'avez réellement fait, votre voisin vous fait remarquer que vous avez mis trop de parfum ! Habitant dans une rue passante, vous n'êtes pas gêné par la circulation, mais une fois à la campagne dans un endroit calme, vous dormez mal à cause du changement d'environnement sonore. Il en va de même de notre propre haleine : nous ne la sentons pas, car la stimulation olfactive est permanente et ne représente donc pas un « danger » potentiel.

Michel LABROUE, La Ciotat

Réponse de Mel Rosenberg

Michel Labroue a raison de dire que nous nous habituons aux odeurs nous parvenant en permanence. Cependant, cet effet n'intervenait pas dans nos expériences. Les personnes reconnaissaient leur propre mauvaise haleine si nous leur faisions sentir des ustensiles qu'ils avaient mis en bouche (une cuillère ou un cure-dent). Ces personnes étaient par ailleurs incapables de qualifier objectivement leur haleine. En fait, leur capacité à isoler leur haleine parmi d'autres dépendait de l'idée qu'il se faisait de leur haleine, agréable ou malodorante. Les gens à mauvaise haleine semblent être attentifs à celle des autres. Dans l'hôpital où je travaille, un couple s'est présenté, chacun se plaignant de l'haleine de l'autre !

Frigo sans électricité

La perspective scientifique *Du froid à volonté* (voir *Pour la Science*, mai 2002) sous-entendait que le système de réfrigération par adsorption présenté dans l'article était un précurseur de la réfrigération sans électricité. Edmond et Ferdinand Carré, inventeurs de la machine à frapper les carafes, ont dû se retourner dans leur tombe : la réfrigération sans électricité a bien été une nouveauté, mais sous Napoléon III. La machine à frapper les carafes consistait en

une pompe placée au-dessus de la boisson à rafraîchir. Plus près de nous, les réfrigérateurs à absorption pour le camping fonctionnent au gaz butane. Autre exemple : le réfrigérateur solaire dont le principe repose sur l'évaporation d'ammoniac. Ce réfrigérateur a été produit en quantité pour les pays africains où il assure la conservation d'aliments et la production de la glace nécessaire au transport des vaccins.

Nous pouvons toutefois proposer une direction de recherche : nous pouvons chauffer rapidement un corps grâce aux micro-ondes, mais nous n'avons aucun moyen de le refroidir brutalement. Un moyen d'y parvenir serait d'utiliser de l'azote liquide. À quand l'azote liquide en supermarché ?

Michel CLAUDON, Vandœuvre-lès-Nancy

Asthénosphère et plaques

Dans le domaine de la tectonique des plaques, l'avenir se révèle riche en perspectives comme le montre M. Mattauer dans *La tectonique sous les plaques* (voir *Pour la Science*, mai 2002). J'aimerais néanmoins apporter deux précisions à cet article.

Premièrement, M. Mattauer indique que l'asthénosphère s'étend depuis la base de la lithosphère jusqu'à la discontinuité de Gutenberg qui sépare le manteau du noyau externe (2 900 kilomètres de profondeur). Or, il me semble que l'asthénosphère, caractérisée pas sa ductilité, ne se prolonge que jusqu'à 670 kilomètres de profondeur.

Deuxièmement, à propos de la subduction du Pacifique, l'auteur indique que la plaque Pacifique et le continent Sud-américain se rapprochent d'environ dix centimètres par an. Ne s'agit-il pas plutôt de la subduction qui s'opère entre la plaque Sud-américaine et la plaque de Nazca ? Cette dernière est « coincée » entre la plaque Pacifique à l'Ouest et la plaque Sud-américaine à l'Est. De ce fait, la plaque Sud-américaine se rapproche de la plaque de Nazca. La plaque Pacifique, quant à elle, se déplace globalement vers l'Ouest.

Thibault SIMONÉ, Ivry-sur-Seine

Réponse de M. Mattauer

Il est vrai qu'on avait souvent pris l'habitude de réserver le terme « asthénosphère » au manteau ductile situé au-dessus de la discontinuité de Gutenberg, correspondant à un changement de phase. Cependant, la tomographie sismique a montré, qu'après avoir traversé cette limite, les zones de subduction pouvaient s'enfoncer jusqu'à 1 000, voire 2 000 kilo-

mètres de profondeur. Cela implique que le manteau lui-même se comporte de façon ductile. Des travaux récents ont montré des zones d'anisotropie sismique correspondant à de grands écoulements, ce qui indique que le comportement « asthénosphérique » n'est pas limité au manteau supérieur.

Vous avez tout à fait raison de noter que ce n'est pas la très grande plaque Pacifique qui se rapproche de l'Amérique du Sud, mais seulement la petite partie de l'océan Pacifique situé à l'Est de la ride Pacifique, et que les spécialistes appellent la microplaque de Nazca. Les figures 2 et 3 de l'article le montrent bien.

La règle de l'exception

Comme de nombreux lecteurs de la revue *Pour la Science*, j'apprécie les chroniques de Didier Nordon, mais quelle n'a pas été ma surprise de le voir signer, le mois dernier, un billet où il ne mentionne pas le Dictionnaire du diable, d'Ambrose Bierce :

« Exception (n.). Objet qui prend la liberté de différer des autres objets de sa catégorie, par exemple : un homme honnête, une femme fidèle, etc. La phrase bien connue : « l'exception confirme la règle » revient constamment sur les lèvres des ignorants qui se la passent de l'un à l'autre sans jamais songer à son absurdité. Le proverbe latin *Exception probat regulam* signifie que l'exception, loin de confirmer la règle, la met à l'épreuve. Le malfaiteur qui a traduit cet excellent dicton en lui substituant une phrase d'un sens diamétralement opposé a mis en œuvre un pouvoir maléfique qui semble devoir être immortel.

Hervé THIS

Larves d'insectes

Entomologiste amateur, j'aimerais apporter des précisions à l'article *Les insectes judiciaires* (voir *Pour la Science*, juin 2002). L'auteur, Mark Benecke, écrit que lors de l'examen d'un cadavre, si le corps est desséché, on y trouve surtout des dermestes et des anthrenes, dont on récupère les petites carapaces de chitine qu'ils abandonnent au fil de leurs mues pour déterminer le cheminement de ces insectes dans le corps. Or les dermestes sont des coléoptères : ils ne muent pas au stade adulte. Il s'agit donc plutôt de la larve du dermeste, qui se nourrit également de tissus secs. D'autre part, l'anthrene n'est pas un papillon, ce que laisse croire la qualification de « petites chenilles », mais un coléoptère de la même famille que les dermestes. Jean GELLY, Bouc-Bel-Air

Écrivez à *Pour la Science* vos réactions, vos commentaires et vos réflexions sur l'actualité scientifique et vos relations avec la science. L'adresse de *Pour la Science* sur Internet est : tribune@pouirlascience.fr. Découvrez d'autres contributions de lecteurs sur le site Web www.pouirlascience.com

Bloc-notes

DIDIER NORDON

Des programmes hors-la-loi!

L'affaire est d'une gravité exceptionnelle. Le Conseil supérieur de l'éducation n'a pas siégé valablement, le 11 juillet 2000, lorsqu'il a délibéré des programmes scolaires. Le quorum n'étant pas atteint à 9h30, une nouvelle convocation a été adressée à ses membres le même jour à 10h. Vous vous rendez compte! Heureusement, la Société des agrégés veille. Elle a saisi le Conseil d'État et obtenu, le 8 mars 2002, qu'il annule les programmes au motif que «ces délibérations doivent être regardées comme ayant eu lieu, non au cours d'une deuxième réunion, dispensée de quorum, mais lors de la poursuite, après une courte interruption, de la réunion initiale».

Que va-t-il se passer? Les mauvais esprits répondent : rien. N'appartenant pas à cette famille spirituelle, je crois au contraire que les autorités vont mettre en place des examens d'un type nouveau. Les élèves devront démontrer qu'ils ont tout oublié des programmes dont on leur avait illégalement bourré le crâne. Ainsi, le mal sera réparé et la Société des agrégés ne pourra se lamenter sur la baisse des exigences : prouver qu'on ignore une chose est autrement plus difficile que de prouver qu'on la connaît.

Le futur de la poésie

Il l'emparouille et l'endosse contre terre ;
Il le rague et le roupète jusqu'à son drôle ;
Il le pratèle et le libucque et lui baroufle les
ouillais ;
Il le tocarde et le marmine,
Le manage rape à ri et ripe à ra.
Enfin il l'écorcobalise.

Ce texte d'Henri Michaux (*Le grand combat*) étant souvent reproduit, on peut imaginer que, au cours des millénaires à venir, les hasards des futurs guerres et pillages, incendies et séismes, inondations et destructions, ces hasards fassent de lui, parmi tous les textes écrits en français, le seul dont un exemplaire survive à l'oubli qui finira par recouvrir notre langue et notre civilisation.



Songérons alors aux érudits archéologues du XXX^e ou du XL^e siècle n'ayant d'autre pierre de Rosette, pour reconstituer notre monde englouti, que *Le grand combat*. Quelles doctes conclusions tireront-ils de son déchiffrement? Comment nous décriront-ils dans leurs ouvrages de vulgarisation à l'intention du public avide de connaissances puisées auprès des meilleurs spécialistes? Impossible à prévoir : cela ne dépendra que de leur imagination.

Songérons également à l'inévitable aplomb avec lequel quiconque disposera d'une tribune s'emparera de ce qui lui convient dans les théories construites sur notre compte, laissera tomber le reste, et dénoncera les interprétations erronées dont se seront rendus coupables ses néfastes rivaux. N'est-il pas vital, en effet, pour qui veut maintenir une position, de proférer avec une parfaite assurance des certitudes absolues – fussent-elles secrétées à partir d'absolues incertitudes?

C'est ce que je viens de faire ici, puisque j'en sais encore moins sur le XXX^e siècle qu'il n'en saura sur nous. Cela montre que mon raisonnement est correct.

Sentiment communautaire

Un ensemble de chercheurs ne suffit pas à former ce qu'on appelle une «communauté scientifique». Il n'en forme une que s'il est structuré par la présence en son sein d'organes administratifs, lesquels doivent être composés, non d'administrateurs professionnels, mais des chercheurs eux-mêmes, qui n'ont bien sûr que cela à faire. L'organe de base est le groupe de recherche. À partir de lui, les organes sont construits par empilements successifs. On fabrique ainsi des laboratoires, composés de plusieurs groupes de recherche ; puis des comités de liaison entre laboratoires ; puis des comités de pilotage au niveau ministériel ; puis des commissions de suivi au niveau interministériel ; puis des comités nationaux d'évaluation ; puis des missions internationales. Etc. Le processus est sans fin. On peut toujours et à tout instant créer une nouvelle structure chargée de chapeauter des structures déjà existantes ou de faire le lien entre elles.

Il y a une contrainte, cependant. Nous sommes en démocratie. Or qui dit démocratie dit égalité des droits. Il est donc impératif que chaque chercheur soit directeur d'au moins un organe et simple membre d'au moins un autre. Nous voici maintenant à même, tirant parti au mieux de la situation, de poser un problème de combinatoire. À savoir : quel est, en fonction du nombre de chercheurs, le



nombre minimum de groupes de recherche nécessaires pour remplir la contrainte?

Le problème a l'air intéressant, voire difficile. Un beau sujet. Ouf! C'est la preuve que, malgré tout, la recherche ne perd jamais complètement ses droits.

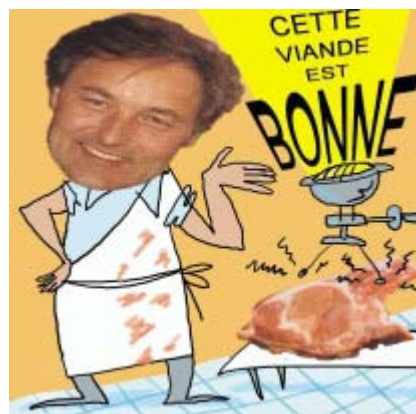
Spiritisme mathématique

Je respecte les valeurs établies. Il suffit que Michael Atiyah émette une opinion sur les mathématiques pour que je m'y range aussitôt. Il a eu la médaille Fields, il sait de quoi il parle. Ainsi, constatant la vitesse avec laquelle les mathématiques prolifèrent et se demandant si, dans ces conditions, elles peuvent demeurer le sujet que nous aimons, il déclare être finalement optimiste. Je le serais aussi, si Michael Atiyah n'exposait les raisons «objectives» de son optimisme. Or une de ces raisons est, écrit-il, que, si Newton, Gauss ou Archimède revenaient, ils approuveraient les développements actuels.

Miracle, me voici soudain l'égal de Michael Atiyah! Sa médaille Fields ne prouve rien quant à ses talents de spirite. Pour vérifier ce qu'il affirme, procédons comme lui, c'est-à-dire de façon objective : faisons, à notre tour, tourner les tables. Newton, Gauss, Archimède – grands esprits, êtes-vous là? Nous sommes là. Que pensez-vous de l'état actuel des mathématiques? Nous sommes très pessimistes.

Faire parler les morts est rigoureusement impossible – et c'est précisément grâce à cette impossibilité même que c'est si facile! Essayez, vous verrez. Vous pouvez leur faire dire ce que vous voulez, aucun ne viendra protester (M. Atiyah, *Mathematics : Frontiers and Perspectives*, editors V. Arnold et al., IMU, AMS, 2000, préface p. IX).





Qualité de viandes

HERVÉ THIS

On détermine et l'on pourra contrôler la maturation des viandes et leur tendreté en mesurant leurs propriétés électriques.

Comment être certain que la viande que l'on se prépare à cuire sera bonne ? Les cuisiniers ont leurs méthodes. Par exemple, ils examinent le « persillé » : quand ils voient dans le morceau des infiltrations grasses, ils supposent que la viande aura du goût, en raison des molécules aromatiques présentes dans les graisses et que cette viande a une bonne texture, grâce au « fondant » apporté par le gras. Pour voir si la viande est tendre, ils savent aussi la pincer entre les doigts : si la texture approche celle du beurre, la viande aura des chances d'être tendre. D'autres font glisser le pouce dessus, afin de sentir le « grain » (la rugosité serait de mauvais aloi).

Méthodes artisanales, subjectives, que l'on aimerait maîtriser. Au Centre INRA de Clermont-Ferrand-Theix, Jacques Lepetit, Sylvie Clerjon et Jean-Louis Damez ont montré que les propriétés électriques des viandes fournissent des informations objectives sur l'état de maturation des viandes, élément essentiel de la résistance mécanique des viandes, dénommée tendreté.

Au cœur du travail, la notion d'impédance électrique : pour la viande comme pour n'importe quel matériau, l'impédance électrique décrit la façon dont un objet, placé entre deux électrodes, permet le passage d'un courant électrique alternatif. Elle se compose de deux parties : d'une part, la résistance électrique, qui mesure la dissipation de l'énergie sous la forme de chaleur ; d'autre part, la capacité, qui mesure la quantité d'énergie électrique stockée. Dans la viande, cette composante capacitive est notable, parce que la viande se comporte comme un condensateur : les liquides intra et extracellulaires, qui contiennent des ions, sont conducteurs, mais les mouvements de ces charges électriques sont gênés par les membranes biologiques isolantes.

Les chercheurs de l'INRA ont tiré profit des variations de l'impédance selon la direction d'application du courant (parallèle ou perpendiculaire aux fibres musculaires). On conçoit la cause de la différence : la viande est un matériau ani-

sotrope, parce qu'elle est constituée de fibres musculaires, qui sont des cellules allongées contenant un réseau de protéines, de l'eau et tout ce qui fait vivre ces cellules. Ces fibres musculaires sont limitées par leur membrane et gainées par un tissu fibreux contenant du collagène (lequel donne la gélatine, après une longue cuisson dans l'eau). Elles sont réunies en faisceaux par d'autres tissus faits de collagène et des graisses sont incluses dans la structure.

TENDRETÉ ET ÉLECTRICITÉ

Comment évolue la tendreté de la viande de bœuf ? L'état de santé de l'animal est important, mais la maturation après l'abattage est cruciale : c'est un processus lent et, surtout, de durée très variable selon les animaux. En France, la viande bovine est généralement commercialisée après une à deux semaines de stockage, alors que l'optimum de maturation n'est pas toujours atteint : le consommateur paye cher une viande qui n'est pas toujours tendre. Comment le satisfaire tout en minimisant les frais de stockage ?

Des méthodes de laboratoire, physiques ou biochimiques, permettent déjà de connaître cet état de maturation, mais ces méthodes ne sont pas exploitables en site industriel. Les chercheurs ont donc mis au point des méthodes de mesures rapides et non destructives, adaptées aux contraintes industrielles. Ils ont découvert une relation entre les propriétés électriques et mécaniques de la viande en cours de maturation : pendant la maturation, l'impédance électrique d'un muscle diminue proportionnellement à la résistance mécanique. Pourquoi ? Parce que le muscle évolue au cours de la maturation : d'une part, les membranes cellulaires se détériorent progressivement, ce qui réduit leur capacité électrique ; d'autre part, l'espace extracellulaire évolue, ce qui change sa résistance électrique.

Toutefois, la relation découverte entre impédance électrique et résistance mécanique n'est pas exploitable pour le contrôle

de l'état de maturation, car le rapport entre impédance électrique et résistance mécanique varie d'un muscle à l'autre. Cul-de-sac technologique ? Pas tout à fait : très récemment, les chercheurs de Theix ont montré, comme nous l'annoncions, que l'anisotropie électrique, c'est-à-dire la différence entre les impédances électriques mesurées parallèlement et perpendiculairement aux fibres musculaires, est directement reliée à la résistance mécanique, indépendamment du muscle et de l'animal. Cette relation résulte d'un même mécanisme biochimique qui dégrade les membranes et le réseau des protéines dans les fibres musculaires.

Et comme un bonheur ne vient jamais seul, les chercheurs ont fait un nouveau pas avec le passage aux hyperfréquences : lorsque l'on envoie une onde électromagnétique de fréquence comprise entre 300 mégahertz et 20 gigahertz, polarisée linéairement (la direction du champ électrique est fixe), on peut également mesurer l'anisotropie diélectrique de la viande. Comme pour les fréquences comprises entre 1 et 10 kilohertz, l'anisotropie des réactions aux hyperfréquences diminue au cours de la maturation. De surcroît, avec les hyperfréquences, il n'est plus nécessaire de planter des électrodes dans la viande pour enregistrer son impédance (ce qui risque de propager des micro-organismes) : on mesure la maturation de la viande sans contact, à l'aide d'antennes.

Des capteurs hyperfréquences révéleront-ils bientôt la maturation des viandes ? Quand ce sera, les bouchers sauront, mieux qu'au toucher, déterminer la tendreté de leur produit.

L'ouvrage *Casseroles et éprouvettes*, édité par Belin-Pour la Science regroupe les chroniques *Science et gastronomie* d'Hervé This, revues en fonction des progrès récents.

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