

■ POUR LA SCIENCE

Novembre 2012 - n° 421

www.pourlascience.fr

Édition française de Scientific American

La conjecture ABC

Une énigme de la théorie
des nombres résolue ?

Les LED blanches

L'éclairage de demain

Exoplanètes

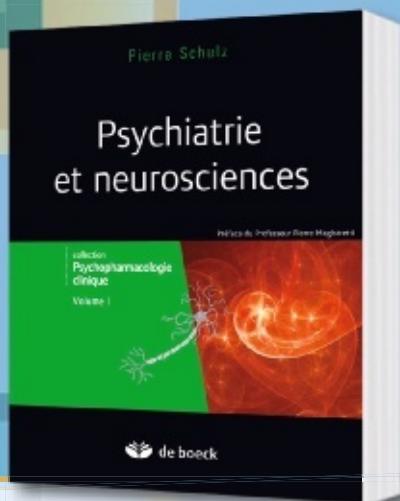
Quel temps y fait-il ?

DOSSIER

ÉPIDÉMIE D'OBÉSITÉ
L'impact de l'environnement

M 02687 - 421 - F: 6,20 €





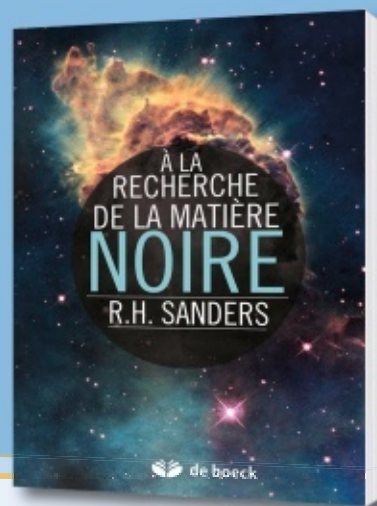
NOUVEAUTÉS sciences

■ PSYCHIATRIE ET NEUROSCIENCES

Pierre **SCHULZ**

Cet ouvrage présente une synthèse des connaissances contemporaines sur les traitements biologiques en psychiatrie. Il offre une sélection d'informations en neurosciences cliniques et des recommandations pour la pratique médicale.

54,00 € ~ 576 pages



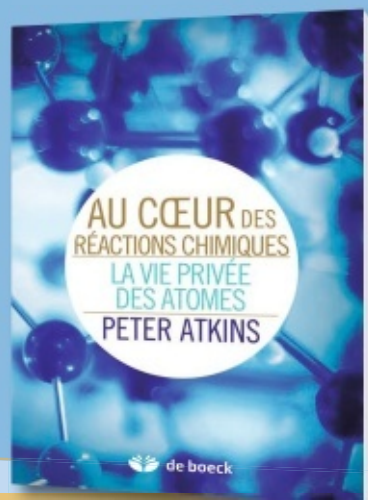
■ À LA RECHERCHE DE LA MATIÈRE NOIRE

Robert **SANDERS**

La matière noire permet de trouver une explication à une multitude d'observations astronomiques. Ce livre explique comment et pourquoi cette forme mystérieuse de matière dans l'Univers s'est imposée jusqu'à devenir le paradigme majeur de l'astrophysique.

22,00 € ~ 230 pages

Des découvertes passionnantes!

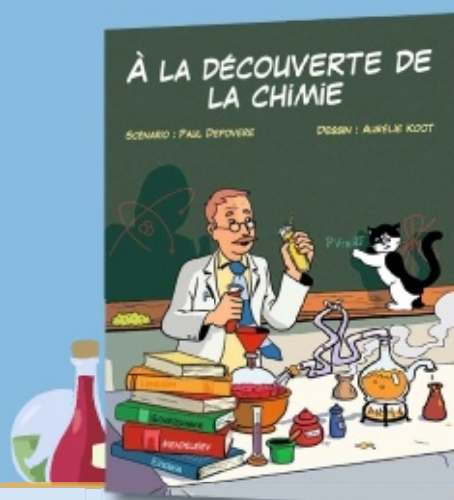


■ AU CŒUR DES RÉACTIONS CHIMIQUES

Peter William **ATKINS**

L'originalité de ce livre tient au fait que le lecteur se retrouve parmi les atomes, avec pour seule mission de comprendre comment ils se comportent vis-à-vis de leurs voisins.

25,00 € ~ 198 pages



■ À LA DÉCOUVERTE DE LA CHIMIE

Paul **DEPOVERE** - Aurélie **KOOT**

Apprenez la chimie très agréablement grâce à cette BD qui explique comment sont nées certaines expériences et découvertes chimiques.

18,00 € ~ 48 pages



Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice de la rédaction : Françoise Pétry

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédacteurs : François Savatier, Marie-Neige Cordonnier,
Philippe Ribeau-Gésippe, Guillaume Jacquemont, Sean Bailly

Dossiers Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Cerveau & Psycho

Rédactrice en chef : Françoise Pétry

Rédacteur : Sébastien Bohler

L'Essentiel Cerveau & Psycho

Rédactrice : Bénédicte Salthun-Lassalle

Directrice artistique : Céline Lapert

Secrétariat de rédaction/Maquette : Annie Tacquenot,
Sylvie Sobelman, Pauline Bilbault, Raphaël Quercel, Ingrid Leroy

Site Internet : Philippe Ribeau-Gésippe assisté de Yoan Bassinet

Marketing : Élise Abib

Direction financière : Anne Gusdorf

Direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Jérôme Jalabert assisté de Marianne Sigogne

Presse et communication : Susan Mackie

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Conseillers scientifiques : Philippe Boulanger et Hervé This

Ont également participé à ce numéro : Gregory Barsh,
Maximilian Bauer, Bernard Bégaud, Serge Berthier,
Michel Brune, Nicole Capitaine, Patrick De Kepper,
Hélène Morlon, Florence Noble, Christophe Pichon, Éric
Reyssat, Daniel Rouan, Daniel Tacquenot, Elisabeth Vangioni.

PUBLICITÉ France

Directeur de la Publicité : Jean-François Guillotin

(j.f.guillotin@pourlascience.fr)

Tél. : 01 55 42 84 28 ou 01 55 42 84 97 • Fax : 01 43 25 18 29

SERVICE ABONNEMENTS

Ginette Bouffaré. Tél. : 01 55 42 84 04

Espace abonnements :

http://tinyurl.com/abonnements-pourlascience

Adresse e-mail : abonnements@pourlascience.fr

Adresse postale :

Service des abonnements - 8 rue Férou - 75278 Paris cedex 06

Commande de livres ou de magazines :

0805 655 255 (numéro vert)

DIFFUSION DE POUR LA SCIENCE

Contact kiosques : À juste titres ; Benjamin Boutonnet

Tel : 04 88 15 12 41

Canada : Edipresse : 945, avenue Beaumont, Montréal,

Québec, H3N 1W3 Canada.

Suisse : Servidis : Chemin des châlets, 1979 Chavannes - 2 - Bogis

Belgique : La Caravelle : 303, rue du Pré-aux-oies - 1130 Bruxelles.

Autres pays : Éditions Belin : 8, rue Férou - 75278 Paris Cedex 06.

SCIENTIFICAMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina. Editors : Ricky Rusting, Philip Yam, Gary Stix, Davide Castelvecchi, Graham Collins, Mark Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong. President : Steven Inchcoombe. Vice President : Frances Newburg.

Toutes demandes d'autorisation de reproduire, pour le public français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou les documents contenus dans la revue « Pour la Science », dans la revue « Scientific American », dans les livres édités par « Pour la Science » doivent être adressées par écrit à « Pour la Science S.A.R.L. », 8, rue Férou, 75278 Paris Cedex 06.

© Pour la Science S.A.R.L. Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous les pays. La marque et le nom commercial « Scientific American » sont la propriété de Scientific American, Inc. Licence accordée à « Pour la Science S.A.R.L. ».

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement la présente revue sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie [20, rue des Grands-Augustins - 75006 Paris].



Esprit droit ou juste ?

La rhétorique est l'art de la persuasion par le langage. Elle fut pratiquée par les sophistes, et notamment par Protagoras d'Abdère (–485 à –410 environ). Il considérait que toute cause est défendable et que l'homme est la mesure de toutes choses. Dès lors, aucune connaissance, aucune valeur ne serait universelle. Ce relativisme, qui semble interdire la possibilité d'un savoir objectif, fut condamné par Platon (–423 à –348).

Aujourd'hui, le relativisme séduit certains esprits, pour qui tous les savoirs et toutes les opinions se vaudraient. Dans ce contexte, les frontières entre science, opinions, croyances, voire mysticisme, se brouillent. Certains scientifiques, notamment aux États-Unis, participent à ce courant, profitant de leur image de chercheur reconnu par leurs pairs et de personnage médiatique pour instiller dans leurs ouvrages leurs croyances personnelles (voir l'entretien avec Yves Gingras, page 22).

Les frontières se brouillent.

La déception peut faire le lit du relativisme. Or le doute s'installe parfois chez certains, déçus que la science n'ait pas répondu à tous les espoirs qu'elle avait soulevés au XX^e siècle. Mais la science progresse, tâtonne, s'aventure dans des voies sans issue, se trompe parfois et remet sans cesse l'ouvrage sur le métier. Même en mathématiques (ou surtout en mathématiques ?), la prudence est de mise. Un mathématicien japonais a annoncé avoir résolu un problème de la théorie des nombres, la conjecture ABC. L'annonce de sa résolution a été prise avec circonspection : étant donné la longueur de la démonstration, elle n'a pas encore été vérifiée (voir *La conjecture ABC*, page 24). Pourtant, la résolution de cette conjecture soulagerait la communauté des mathématiciens. Si l'on n'avait pas mis en évidence le boson de Higgs, les physiciens auraient dû revoir le modèle fondamental de la physique. Si la conjecture ABC était fausse, la géométrie algébrique tremblerait sur son socle...

Selon le philosophe Alain (1868-1951) : « Un homme savant a compris un certain nombre de vérités. Un homme cultivé a compris un certain nombre d'erreurs. Et voilà toute la différence entre l'esprit droit et l'esprit juste. L'esprit droit surmonte l'erreur sans la voir ; l'esprit juste voit l'erreur. » (*Les vigiles de l'esprit*, 1942). Le scientifique doit voir l'erreur... et la surmonter. Est-il droit et juste ? ■

1 **ÉDITO**4 **BLOC-NOTES***Didier Nordon***Actualités**6 **OGM : une étude
qui en appelle d'autres**8 **Démence : les somnifères,
facteurs de risque ?**9 **Éclaircie dans l'énigme
du lithium cosmique**12 **Le rat qui peut changer
de peau**

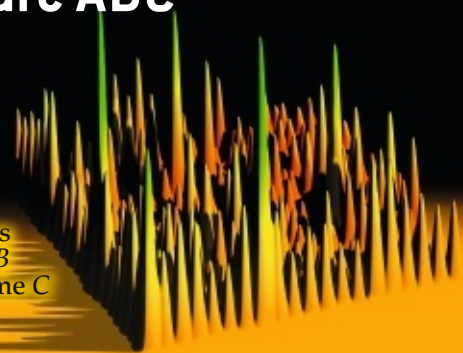
... et bien d'autres sujets.

13 **LES PRIX NOBEL 2012****Opinions**14 **POINT DE VUE****Attention à la notion
de culture en politique !***Régis Meyran*15 **DÉVELOPPEMENT DURABLE****Peut-on recycler à l'infini ?***Alain Geldron*18 **VRAI OU FAUX****Les estrogènes
protègent-ils des maladies
cardio-vasculaires ?***Pierre-Yves Scarabin*20 **COURRIER DES LECTEURS**22 **ENTRETIEN****Croyances :
des scientifiques
à contre-emploi***Entretien avec Yves Gingras*

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement
Pour la Science brochés sur la totalité du tirage ainsi que deux
 encarts posés en 4^e de couverture : un courrier *Pour la Science*
 offre spéciale Noël sur l'ensemble de la diffusion abonné
 et 11 500 exemplaires d'un encart *Philosophie magazine*
 en aléatoire sur l'édition France métropolitaine.
 En couverture : © Jean-François Colonna
 (CMAP/École polytechnique, www.lactamme.polytechnique.fr)

À LA UNE24 **MATHÉMATIQUES**
La conjecture ABC*Gerhard Frey*

Les décompositions en facteurs
 premiers de deux entiers A et B
 sont reliées à celle de leur somme C
 par des lois profondes
 qui s'éclaircissent peu à peu.

32 **TECHNOLOGIE**
**Les LED blanches,
l'éclairage de demain***Nicolas Grandjean*

Les lampes à diodes électroluminescentes
 blanches sont appelées à remplacer les ampoules
 à incandescence. Elles offrent une bonne qualité
 de lumière et autorisent d'importantes
 économies d'énergie.

40 **ASTROPHYSIQUE**
Le climat des exoplanètes*Kevin Heng*

L'étude de l'atmosphère des planètes extrasolaires
 est désormais à la portée des astronomes.
 On parvient aujourd'hui à estimer la température
 et la vitesse des vents à la surface
 de certaines exoplanètes.



68 **NEUROBIOLOGIE** Plaisir : la nouvelle carte cérébrale

Morten Kringelbach et Kent Berridge

Les circuits cérébraux associés au plaisir ont été précisés. De meilleurs traitements de la dépendance et de certaines maladies mentales pourraient en découler.

DOSSIER

L'épidémie d'**obésité**, entre gènes et environnement

54 **ÉPIDÉMIOLOGIE** Éradiquer l'obésité ?

D. Meyre et Ph. Froguel

56 **ENDOCRINOLOGIE** Les perturbateurs endocriniens, acteurs silencieux de l'obésité ?

*J.-B. Fini,
M.-S. Clerget-Froidevaux
et B. Demeneix*

64 **GÉNÉTIQUE** L'obésité dans les gènes ?

D. Meyre et Ph. Froguel



Regards

76 **HISTOIRE DES SCIENCES**

Comment on a déclaré la guerre au DDT

Valérie Chansigaud

En 1962, l'Américaine Rachel Carson dénonçait l'impact des pesticides sur l'environnement et la santé.

80 **LOGIQUE & CALCUL**

Les entiers ne naissent pas égaux

Jean-Paul Delahaye

Il est impossible de définir une loi de probabilité uniforme sur l'ensemble des nombres entiers.

86 **SCIENCE & FICTION**

La Force des Jedis

J.-S. Steyer et R. Lehoucq

88 **ART & SCIENCE**

Piero della Francesca et les « piles d'assiettes »

Loïc Mangin

90 **IDÉES DE PHYSIQUE**

Propulsions préhistoriques

*Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik*

93 **SCIENCE & GASTRONOMIE**

Des goûts et des récepteurs

Hervé This

94 **À LIRE**

Rendez-vous sur

**POUR LA
SCIENCE.fr**

Le site de référence
de l'actualité scientifique internationale

■ Toutes les sciences en un clic

- Des actualités quotidiennes
- Des articles en libre accès
- Votre magazine numérique en ligne*
- Plus de 8 ans d'archives*

■ Des services exclusifs

- Les réactions aux articles**
- Des offres d'emploi scientifiques
- Des newsletters**
- Un espace abonnement

* Service payant. Si vous êtes abonné(e), les numéros compris dans votre abonnement sont offerts.
** En créant votre compte.

→ MOI ET LES MATHS

Pour un mathématicien ordinaire, le fait que des pans entiers de sa discipline lui échappent est un rappel humiliant de ses limitations. Est-il même en droit d'avoir une opinion sur les mathématiques, lui qui en connaît une si faible proportion ? Deux lectures le soulageront peut-être : il est en bonne compagnie. Dans *Les Déchiffreurs* (Belin, 2008), Maxim Kontsevitch (médaille Fields 1998) déclare : « Il est courant pour un mathématicien de manifester un certain dédain envers un collègue travaillant dans un domaine différent du sien. Quel plaisir pervers ce type peut-il trouver à étudier un sujet sans objet et parfaitement rébarbatif ? J'ai certes essayé d'apprécier la beauté cachée de différents domaines, mais il reste bien des champs où la source de l'intérêt demeure pour moi un mystère complet. »

Dans *Théorème vivant* (Grasset, 2012), Cédric Villani (médaille Fields 2010) écrit que Ngô Bao Châu (également médaille Fields 2010) a résolu un vieux problème relevant « d'un domaine réputé pour sa difficulté, qui m'est totalement étranger ». Il écrit aussi : « Je ne comprends pas un traître mot à la recherche de Vladimir Voevodsky [médaille Fields 2002], et la réciproque est probablement vraie. » Ainsi, semblent révolues non seulement l'époque où les mathématiciens avaient une vue d'ensemble de leur discipline, mais aussi celle où ils regrettaient de ne plus pouvoir en avoir une.

Dans les dîners en ville, les mathématiciens s'agacent d'entendre leur voisin (avocat ou médecin, inévitablement) dire : « Les maths, moi, je vous avoue, je n'y ai jamais rien compris. » Peut-être, dans les dîners entre médaillés Fields, chacun agace-t-il son voisin en lui susurrant : « Tes maths, moi, tu sais, je n'en ai pas lu une ligne. »

L'ignorance des mathématiques est la chose du monde la mieux partagée.

→ ÉLUCUBRATIONS

De Rabelais à Borges, les écrivains recourent à l'énumération pour faire naître le comique, le vertige métaphysique, le souffle épique...

Mais, maniée par les universitaires, l'énumération perd sa saveur. Un sociologue écrit ainsi : « Les pratiques économiques comme les pratiques pédagogiques, les pratiques religieuses comme les pratiques scientifiques, les interactions ordinaires comme les actes d'institution les plus marquants, s'organisent et s'effectuent toujours à travers de multiples pratiques langagières (contrats, écritures comptables, exercices scolaires et leçons, catéchismes ou textes sacrés, théories, formules mathématiques ou comptes rendus d'expérience, conversations informelles ou discours d'institution, etc.). » Le lecteur, groggy, en vient à ne plus percevoir la banalité de la synthèse : « Les pratiques langagières sont d'emblée présentes dans toute activité humaine » (Bernard Lahire, *Les cadres sociaux de la cognition*, dans F. Clément et L. Kaufmann, *La sociologie cognitive*, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 2011).

Donner des exemples est une démarche inverse à celle qui consiste à énumérer. On exprime une idée, puis on la fait jouer sur des exemples pour la rendre plus claire, montrer sa portée et ses limites, etc. Au contraire, énumérer sert souvent

à cacher soit qu'il n'y a pas d'idée, soit que celle-ci est banale. Dans l'écriture d'un « texte d'idée », une énumération ne devrait pas dépasser l'étape du brouillon. Si elle fait naître une idée originale, c'est celle-ci qu'il est intéressant de dégager et de publier. Si elle n'en fait pas naître, mieux vaut attendre des jours meilleurs.



→ QUESTION DE POINT DE VUE

En visitant une église, en Arménie, le physicien russe Sergey Kapitza (1928-2012) remarque une relique : un morceau de bois provenant de l'arche de Noé. Il demande au prêtre qui le guide s'il peut en obtenir un fragment, afin de faire une datation au carbone 14. « Volontiers, répond le prêtre, ce serait un excellent test pour votre méthode » (Sergey Kapitza, *Global Population Blow-Up and After, Global Marshall Plan Initiative*, 2006).

Kapitza ne précise pas si la datation a eu lieu, mais l'anecdote donne à méditer. Le prêtre prend d'emblée comme référence son système de pensée. Il n'est pas fermé à la science mais, à ses yeux, il revient à la tradition religieuse de tester ce qu'elle dit. Alors qu'aux yeux d'un physicien, il revient à la science de tester ce que dit la tradition.

Chacun de nous construit une dissymétrie plus ou moins inconsciente. Ses



convictions lui paraissent dotées de la force de l'évidence, pas celles de son interlocuteur. Un dialogue n'est possible que si chacun admet que ses évidences n'en sont que pour lui. Il faut introduire une symétrie, c'est-à-dire trouver un terrain dans lequel aucun des systèmes de pensée en présence n'est privilégié. Apparemment, il ne suffit pas d'être dans une église pour que ce petit miracle se réalise.

→ CENTRE RELATIF

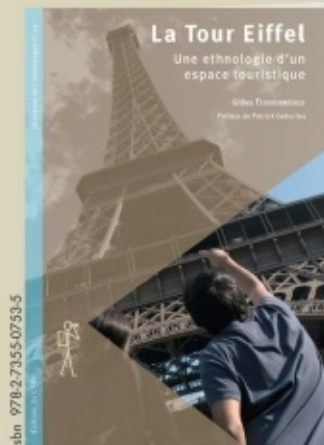
Vous êtes égaré dans cet enchevêtrement de villes qu'est une banlieue – celle de Bordeaux, disons. À force, vous ne savez plus si vous êtes en train d'errer à Talence, à Bègles, à Villenave d'Ornon, à Gradignan, à Pessac... Les poteaux indicateurs ne sont d'aucun secours. Quand ils ne donnent pas la direction de quelque obscur lieudit, ils donnent celle du « Centre ville », sans autre précision. « Centre ville, je veux bien, mais de quelle ville ? » La moindre commune, dirait-on, se prend pour une célébrité : chacun est censé la reconnaître, elle croirait déchoir d'avoir à rappeler son nom.

Rien de tel que d'être ballotté de panneau « Centre ville » en panneau « Centre ville », dans la déprimante uniformité d'un tissu urbain, pour percevoir à quel point la notion de centre est relative, locale – et, pour tout dire, insignifiante. ■



Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

la plus importante collection d'instruments de travail pour la recherche en sciences humaines



La tour Eiffel
Une ethnologie d'un espace touristique
Gilles Teissonnières

368 pages
16 x 24 cm
ill. n. et b.
28,40 €



Histoire de l'anthropologie de la parenté
Autour de Paul Lacombe (1834-1919)
sous la direction de
Agnès Fine et Nicolas Adell

408 pages
17 x 22 cm
28,40 €



Le Feu aux poudres
Une ethnologie de la
« modernisation » du service public
Ghislaine Gallenga

304 pages
16 x 24 cm
ill. n. et b.
28,40 €

* ventes@cths.fr * vente en librairie ou sur notre site : www.cths.fr * Distribution SODIS *

Biologie végétale

OGM : une étude qui en appelle d'autres

Une étude sur un maïs génétiquement modifié relance le débat sur la toxicité des OGM. Au-delà des controverses qu'elle réveille, elle oblige à repenser les modalités d'autorisation de commercialisation et les procédures de tests.

Le 19 septembre, la revue *Food and Chemical Toxicology* publiait une étude de Gilles-Éric Séralini, de l'Université de Caen et du Comité de recherche et d'information indépendantes sur le génie génétique (le CRIIGEN), consacrée aux effets de la consommation d'un herbicide et d'un maïs génétiquement modifié résistant à ce produit. La publication a fait grand bruit, beaucoup de réactions ont été enflammées... et tous en ont appelé à la raison ! Soit, examinons sans passion les différents aspects de ce nouveau rebondissement dans la controverse sur les OGM.

D'abord, en quoi a consisté l'étude ? Elle s'intéressait au maïs NK603, commercialisé par la firme *Monsanto*, génétiquement modifié pour résister au *Roundup*, l'un des herbicides les plus utilisés dans le monde. Quelque 200 rats de la souche Sprague-Dawley ont été répartis en plusieurs groupes : un groupe contrôle ; trois groupes nourris avec diverses concentrations de maïs NK603 non traité au *Roundup* ; trois groupes similaires aux précédents, mais dont le maïs avait été traité avec l'herbicide ; trois groupes au régime alimentaire sans OGM, mais dont l'eau contenait du *Roundup* à des concentrations variables.

Au total, 20 groupes (10 pour chaque sexe) de dix animaux ont été testés. Pendant deux ans, le sang des rats a été prélevé toutes les trois semaines environ afin qu'y soient mesurés 31 paramètres. Au terme de l'expérience, tous les organes des animaux ont été examinés selon divers procédés.

Les mâles et les femelles du groupe contrôle ont vécu en moyenne 624 et 701 jours, ces durées de vie ayant servi de base pour tester la mortalité : tout



Le maïs NK603, génétiquement modifié pour résister au *Roundup*, est-il sans effets sur la santé ? Une étude sur des rats montre que non. Elle est critiquée, mais relance le débat sur les procédures de tests des OGM.

décès ultérieur était attribué à l'âge. Dans le groupe contrôle, 30 pour cent des mâles et 20 pour cent des femelles sont morts avant cet âge. Ces chiffres atteignent 50 et 70 pour cent chez les rats nourris avec l'OGM, mais la mortalité n'était pas proportionnelle à la dose. Les auteurs supposent un effet de seuil : la surmortalité apparaîtrait dès une certaine quantité, faible, d'OGM ingérée.

Chez les femelles, la plupart des morts étaient dues à des tumeurs des glandes mammaires ou de l'hypophyse. Chez les mâles, les organes les plus touchés étaient le foie et les reins. Les tumeurs étaient deux à trois fois plus fréquentes chez les rats testés que dans le groupe contrôle. Le nombre et la taille des tumeurs n'étaient pas proportionnels à la dose ingérée, ce qui trahirait, là encore, un effet de seuil.

Les auteurs concluent que le glyphosate, le principe actif du *Roundup*, est toxique à des teneurs bien inférieures à celles acceptées par les autorités sanitaires. De plus, la consommation de l'OGM NK603 seul aurait les mêmes effets délétères sur le foie, les reins, les glandes mammaires...

Le mécanisme proposé est fondé sur le rôle de l'enzyme EPSP synthase. Chez les plantes, elle participe à la synthèse de l'acide shikimique, un précurseur clef de nombreux composés essentiels. Le glyphosate est un inhibiteur de cette enzyme, ce qui est fatal à la plante. Or, chez le maïs NK603, un gène d'une version bactérienne de l'EPSP synthase (insensible au glyphosate) est introduit dans le génome de la plante. Celle-ci produirait moins de composés phénoliques dérivés de l'acide shikimique, connus pour

leur action antioxydante. Ainsi, les rats nourris d'OGM bénéficieraient d'une moindre protection et seraient plus enclins à développer des tumeurs. Ce mode d'action doit être confirmé.

L'équipe de G.-E. Séralini compare son protocole à, d'une part, celui retenu par *Monsanto* dans un article de 2004 pour évaluer un maïs résistant au glyphosate et, d'autre part, celui recommandé par l'OCDE pour tester la toxicité de divers produits. Les auteurs mettent en avant la durée de leur étude (24 mois contre 3 le plus souvent), le nombre de doses testées (trois contre deux), le nombre de paramètres mesurés notablement supérieur...

La méthodologie semble exemplaire et *Food and Chemical Toxicology* est une revue qui publie après vérification par les pairs sans parti pris. Pourtant, plusieurs objections à l'étude ont été soulevées. D'abord, l'usage de la souche Sprague-Dawley de rats a été critiquée, car elle est connue pour sa propension à développer diverses tumeurs et son espérance est d'environ deux ans. En 1979, une étude a montré que parmi 100 rats ayant vécu plus de deux ans, 81 avaient développé une tumeur. Précisons que l'organe le plus touché était la thyroïde et non les glandes mammaires, le foie ou les reins. En outre, cette souche est celle utilisée pour des tests de cette nature, notamment ceux de *Monsanto* en 2004. Fallait-il prendre une souche plus robuste et rendre la comparaison moins pertinente ou bien la même souche et rendre délicate l'interprétation des résultats ?

Autre problème, le nombre de rats par groupe. À raison de dix par groupe (en tenant compte du sexe), les résultats sont-ils statistiquement fiables ? Certains en doutent et ce d'autant plus que la souche choisie a un faible taux de survie. Une population totale de 200 animaux est souvent ce qui a été choisi dans d'autres études, mais ici le nombre de doses et de combinaisons testées diminue la taille des groupes et affaiblit la portée des résultats. Remarquons