

Mars 2003

Édition française de Scientific American

Vin et santé



La géologie de l'île de Groix



La matière noire



La plume et le dinosaure

*Quelles plumes
avant les oiseaux ?*

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 €, RÉU : 8,92 €

M 02687 - 305 - F : 5,95 €



TRIBUNE DES LECTEURS

4

BLOC-NOTES

de Didier Nordon

5

POINT DE VUE

L'ADN a 50 ans, et après ?

James Watson

6

SCIENCE ET GASTRONOMIE

Poète, prends ton lut

par Hervé This

8

SCIENCE ET ÉCONOMIE

La forme des villes...

par Ivar Ekeland

10

TRANCHES DE VIE

par Jean-Louis Hartenberger

11



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

12

■ Le langage des sifflements ■ Une éruption volcanique gravée dans le roc ■ Jasmin de jour, jasmin de nuit ■ Des spermatozoïdes sensibles à la température ■ La fondation de Samarkand ■ Un peu de Terre sur la Lune ■ Rosetta reportée *sine die* ■ Des vignes sans gènes ■ Odeur et grossesse ■ Chimie verte

PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Vaches malades et mesures sanitaires

Pascale Gramain-Kibleur

22

LOGIQUE ET CALCUL

L'ordinateur ultime

par Jean-Paul Delahaye

98



ART ET SCIENCE

Attraction fractale

par Richard Taylor

104



IDÉES DE PHYSIQUE

Blocages parfaits

par Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

106



ANALYSES DE LIVRES

108

■ *Foi d'animal ! De la puce à l'éléphant*, de Catherine Vincent ■ *Aux origines de la monnaie*, sous la direction d'A. Testart, par J.-J. Glassner, B. Menu, A. Testart, F. Thierry ■ *Aurores, mirages, éclipses... Comprendre les phénomènes optiques de la nature*, de David Lynch et William Livingston ■ *Le chant d'amour des concombres de mer*, de Bertrand Jordan ■ *Fabre, le miroir aux insectes*, de Patrick Tort ■ *Des chimistes de A à Z*, de Éric Brown

Les plumes de dinosaures

24

Richard Prum et Alan Brush

L'étude biologique de la croissance des plumes et celle d'une série de nouveaux fossiles de dinosaures confortent une hypothèse selon laquelle la plume a évolué avant l'apparition des oiseaux.

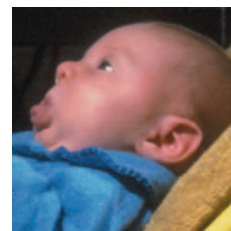


Le dialogue des sens

34

Arlette Streri

Un nouveau-né reconnaît, dès qu'il le regarde, un objet qu'il a manipulé sans le voir. Les sens semblent déjà connectés à la naissance, bien qu'ils se développent de façon échelonnée.

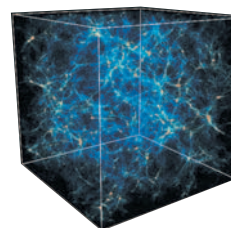


Le côté obscur de la matière

42

David Cline

La matière sombre s'est d'abord manifestée à l'échelle cosmique, mais nous ne comprendrons vraiment sa nature que lorsque nous réussirons à l'isoler dans nos laboratoires terrestres.



L'embolie des arbres

50

Pierre Cruiziat, Hervé Cochard et Thierry Améglio

Les arbres ont des mécanismes de transport de l'eau élaborés, mais quand de l'air s'infiltré dans leurs « veines », la sève ne circule plus, et leur survie est menacée.



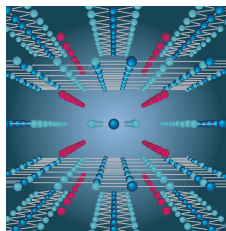
2 encarts d'abonnement pages 16 et 17, encarts commande de livres et abonnement pages 96 et 97, un encart jeté CD-Rom Pour La Science uniquement sur les abonnés, un encart jeté Elsevier sur une partie des abonnés. En couverture : © Royalty-Free/CORBIS

Les échelles quantiques

58

Thierry Giamarchi, Edmond Orignac et Didier Poilblanc

Composés hybrides, à mi-chemin entre des fils unidimensionnels et des conducteurs à deux ou trois dimensions, les échelles quantiques ont des propriétés radicalement nouvelles.



Vin et santé

66

Arthur Klatsky

Les biologistes confirment que boire de l'alcool modérément est bénéfique pour le système cardio-vasculaire. Faut-il recommander à certains patients de boire avec modération ?



Groix : une île fossile

72

Michel Ballèvre, Valérie Bosse et Gilbert Féraud

L'étude des minéraux de cette île révèle un passé géologique vieux de 400 millions d'années, à une époque où l'île appartenait à un domaine océanique aujourd'hui disparu.



Les malformations des grenouilles

80

Andrew Blaustein et Pieter Johnson

Trois facteurs sont incriminés dans l'accroissement du nombre de malformations chez les amphibiens : les ultraviolets, la pollution des eaux et une épidémie due à un parasite.



Un nouveau site plus convivial

- pour chaque article un complément d'information
- un moteur de recherche intégré
- un annuaire des sites web scientifiques

www.pourlascience.com

Klatou, barada, nictou

Ainsi l'héroïne du film culte de 1951, *Le jour où la terre s'arrêta*, commande, par l'intermédiaire du robot tout puissant de ne pas détruire la Terre. Plus que les capacités sensorielles des extra-terrestres, l'extraordinaire du film n'est-il pas la faculté, du robot et de son maître Klatou, de conjuguer leurs sensations pour agir dans un environnement terrestre absolument inhabituel. Le robot voit, reconnaît, entend, touche et se déplace sur terre en sachant interpréter les informations issues de sens différents dans un environnement qui lui est inconnu.

Les psychologues étudient cette orchestration sensorielle chez l'enfant (voir *Le dialogue des sens*, page 34). Ils suivent, en fonction de l'évolution des capacités, les interactions du toucher, de l'audition et de la vue. Ces synergies permettent à l'enfant de reconnaître les objets environnants et, très précocement, de séparer le soi du non-soi, en distinguant par la vue et les impressions cutanées le contact du doigt d'autrui ou du sien propre.

L'artiste utilise sciemment cette conjugaison des sens. « Je traduis simplement en couleur ou en ombre les sensations que les choses font naître en moi comme s'il s'agissait déjà de composer de la musique symphonique », affirmait le peintre Francis Picabia. Ne dit-on pas – ce sont aujourd'hui des clichés – qu'un tableau ou un mets est une symphonie, qu'une musique est délectable, qu'un son est coloré ?

La famille de magazines de vulgarisation scientifique (*Pour la Science*, *Les dossiers*, *Les génies de la science*) s'élargit à partir du 7 mars d'un nouveau trimestriel, *Cerveau & Psycho* (logie), qui traitera notamment des progrès conjugués de la psychologie expérimentale et de l'imagerie cérébrale. En ce début du XXI^e siècle les différentes disciplines – physique, chimie, mathématiques, biologie – se conjuguent pour décoder le fonctionnement du cerveau. Le mouvement est lancé et nous rendrons compte des avancées notables qui percent déjà.

Philippe BOULANGER



Tribune des lecteurs

L'échancrure de l'Univers

Dans son analyse de l'ouvrage de Roland Lehoucq *L'Univers a-t-il une forme*, publiée dans *Pour la Science* de janvier 2003, Michel Toulmonde explique que, selon Einstein, l'espace est «déformé, courbé par la gravitation due à la présence de la matière». Or, si une surface, bidimensionnelle, peut se déformer ou se courber que ce soit en une sphère comme la Terre, en un cylindre, ou en un tore, c'est parce qu'il existe une troisième dimension d'espace pouvant contenir le rayon de courbure de la surface. Si l'Univers, tridimensionnel cette fois, est courbé lui aussi, où se trouve son rayon de courbure? Faut-il supposer une quatrième dimension d'espace? Faut-il imaginer que l'espace tridimensionnel se courbe parce qu'il est contenu dans un hyperespace quadridimensionnel?

Patrice DELVA, Paris

Réponse de Roland Lehoucq

Il est vrai que, selon la théorie de la gravitation d'Einstein, la gravitation est la manifestation de la courbure de l'espace, elle-même résultant de la distribution de matière. Cette théorie relie donc la géométrie locale de l'espace (approximativement la façon dont on calcule la distance entre deux points voisins) à son contenu et ne dit rien sur ses propriétés globales, sa topologie (par exemple l'espace est-il fini ou infini?). Prenons un plan infini, de géométrie euclidienne, et changeons sa topologie. Pour cela, découpons dans ce plan une bande de longueur infinie dans une direction et de largeur finie dans l'autre. En collant les deux bords de la bande, nous obtenons un cylindre, tube de longueur infinie. Dans cette opération, la géométrie n'a pas changé : le théorème de Pythagore s'applique aussi à la surface du cylindre. La courbure du cylindre est donc nulle, comme celle du plan. Cela peut paraître surprenant, car on a l'impression qu'il existe une courbure non nulle, liée au rayon du cylindre. Cette vision met en jeu un espace extérieur au cylindre, celui dans lequel nous le représentons, qui lui donne une courbure «extrinsèque». Le mathématicien Gauss a montré que l'on peut caractériser complètement un espace sans faire appel à un espace «extérieur». Un être plat vivant à la surface du cylindre n'aurait accès ni à cet espace extérieur de dimension supérieure ni à cette courbure extrinsèque : pour lui, le cylindre est localement euclidien.

Tout n'est pas noir pour la cigogne blanche

Suite à l'article *Les migrations des cigognes* (voir *Pour la Science*, février 2003), j'aurais souhaité faire deux commentaires. Une erreur s'est glissée dans le texte page 58 : le pygargue de Steller est une espèce différente de l'aigle des steppes, et l'espèce qui migre d'Asie centrale en Afrique du Sud est l'aigle des steppes. Une erreur d'illustration est également à signaler page 61 où la photographie représente un pygargue à tête blanche d'Amérique du Nord et pas un pygargue de Steller.

Par ailleurs, si la reconstitution actuelle des populations des cigognes blanches d'Europe de l'Ouest reste fragile et est liée à une meilleure protection et aux opérations d'élevage en captivité, les populations espagnoles de cet oiseau affichent une dynamique particulière dont les auteurs ne parlent pas. En effet, sans aucun soutien à la population comme cela a été fait en Alsace, les cigognes blanches d'Espagne sont passées de 6 753 couples en 1984 à 7 821 en 1990, et 16 643 en 1994. Ces derniers chiffres sont supérieurs aux effectifs des années 1940, avant que les milieux favorables à l'espèce ne soient altérés par l'homme. Il semble que cette augmentation soit due à la sédentarité de certains oiseaux qui ne migrent plus ou presque plus vers l'Afrique, mais aussi à un changement de régime alimentaire avec l'utilisation des dépôts d'ordures ménagères et une consommation croissante des écrevisses américaines qui ont été introduites. Cette dynamique se retrouve pour les populations françaises de cigognes qui augmentent aussi de manière spectaculaire (520 couples en 1998, 650 en 2000, soit là aussi davantage que dans les années 1940) et sans doute pour les mêmes raisons (par exemple, le couple qui niche aux portes de Clermont-Ferrand se nourrit essentiellement sur la décharge de la ville). Ces oiseaux qui s'installent en France hors de l'Alsace correspondraient à des surplus de la population espagnole. Ils affichent d'ailleurs une productivité en jeunes supérieure à celle des couples alsaciens. L'opposition entre cigognes de l'Ouest et de l'Est en Europe, telle que les auteurs la présentent, est donc à relativiser.

Alex CLAMENS,
Clermont-Ferrand

Réponse de D. Picamelot et S. Samtmann

Centre d'écologie et physiologie énergétiques,
Université Louis Pasteur, Strasbourg

Il est clair que depuis de nombreuses années, les cigognes européennes trouvent dans les décharges publiques de nouvelles zones d'alimentation, qui peuvent avoir favorisé une sédentarisation des oiseaux. L'hypothèse que les cigognes espagnoles seraient à l'origine de l'augmentation du nombre de cigognes en France est très intéressante. Malheureusement, le seul élément publié en faveur de cette hypothèse est l'observation d'un unique individu bagué en Espagne et nichant en France, alors que de nombreux adultes issus de la sous-population locale sont régulièrement observés comme nicheurs. L'immigration étant généralement sous-estimée puisque tous les individus ne sont pas bagués, l'utilisation des outils de la génétique des populations permettrait d'étayer ou non l'hypothèse. Ce travail est actuellement en cours.

La tectonique à l'école

C'est avec la plus grande satisfaction que j'ai lu la lettre de Monsieur Mattauer dans la tribune des lecteurs de décembre 2002. Je dois ajouter que les géologues n'ont pas été les seuls à soutenir rapidement Wegener : les géographes ont accordé crédit à sa théorie, certes imparfaite, mais ingénieuse. Élève de seconde au lycée Corneille de Rouen en 1937, j'ai conservé mon ouvrage de géographie d'alors – «Géographie générale» de André Allix et André Leyritz, Hatier, 1934 –, qui expose en quelques lignes les travaux de Wegener :

(...) Dans ces conditions, les continents ne sont nullement astreints à garder, à travers les milliers de siècles des époques géologiques, les mêmes positions. Ils peuvent se déplacer, ils peuvent même se déchirer; et A. Wegener, qui a mis en avant cette théorie, a fait remarquer que certains continents, comme l'Amérique du Sud et l'Afrique, ou les deux rives de la mer Rouge, ont des contours semblables et opposés comme les deux moitiés d'un journal déchiré par le milieu. Les continents, d'abord soudés, se seraient ainsi déchirés et séparés les uns les autres. Cette ingénieuse théorie a le mérite d'expliquer bien des points de géographie physique, notamment les contractions locales qui ont donné naissance aux plissements montagneux.

Marcel DESBLED, Belbeuf

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

Trop vite en besogne!

Notre enseignement est sinistré, entendons-nous souvent. Avant de répéter cette antienne, n'oublions pas que notre perspective est déformée, donc notre jugement faussé. Voici en quoi.

Depuis un siècle, sinon deux, l'accélération caractérise notre société. Les trains et les avions vont de plus en plus vite ; les techniques, la médecine, sont sans cesse plus efficaces ; notre espérance de vie ne fait qu'augmenter... Nous sommes si habitués à voir toutes les durées d'exécution être compressibles, toutes les puissances être extensibles, que nous en venons à penser que telle est la norme.

Mais, au milieu de nos paysages renouvelés à chaque instant, le rythme de l'enseignement demeure, immuable. Aujourd'hui comme jadis, l'élève doit, avant de parler une langue étrangère, apprendre, oublier, réapprendre dix fois, vingt fois, le vocabulaire nécessaire. Aujourd'hui comme jadis, l'élève ne comprend une théorie difficile qu'après l'avoir dix fois, vingt fois, appliquée à contresens. L'homme est ainsi fait : il apprend lentement, très lentement ; il comprend lentement, très lentement. Le progrès n'y change rien. Le moindre ordinateur héberge plus de savoir que la Bibliothèque d'Alexandrie, mais l'utilisateur de cette Bibliothèque avait une mémoire ni plus ni moins vaste, une intelligence ni plus ni moins sûre, que l'utilisateur d'ordinateur.



Dans un monde de supersoniques et de TGV, l'enseignement progresse au même pas que dans un monde de bateaux à voiles et de chars à bœufs. Dans un monde où tout va plus vite, rien ne lui permet d'aller plus vite. Voilà ce dont nous devons tenir compte avant de «porter un regard critique sur les performances de notre système éducatif».

Le train des syllogismes

Affichés sur les trains en Île-de-France, les sigles RONI, VICK, CAPU, OLAF, RIPI, DAPI, MONA... (je n'ai pas vu LISA) indiquent la destination et le type du train. Dans VICK, par exemple, V signifie Versailles et I, partiellement direct. Dans MONA, M signifie Massy et O, omnibus. Et CK? Et NA? CK ne signifie rien, pas plus que NA ; ils ont été ajoutés pour obtenir un mot sonore. À la SNCF comme dans l'ADN, certaines séquences sont codantes, d'autres non.

Le Moyen Âge aussi a inventé des mots. L'un est encore connu de nos jours, le mot BARBARA, qui désigne un syllogisme du type de celui-ci : «les hommes sont mortels, or les logiciens sont des hommes, donc les logiciens sont mortels». D'autres, attachés à d'autres syllogismes, sont oubliés : FERIO, FELAPTON, BAMALIP, DATISI, DIMATIS... Fait remarquable, le Moyen Âge, plus performant que la SNCF sur ce point, savait donner un sens à toutes les lettres de ces mots, utilisés comme procédés mnémotechniques pour mémoriser les divers syllogismes. Les voyelles A, E, I et O codaient quatre types de propositions de base et les consonnes indiquaient quelles opérations étaient à effectuer entre elles.

Une synthèse entre chemin de fer et scolastique s'impose. À un syllogisme facile, comme celui en BARBARA, associons un trajet facile : Bourg-Arcueil-Robinson-Bourg-Arcueil-Robinson-Arcueil. À un trajet exigeant des correspondances difficiles – Bougival-Aubervilliers-Montigny-Arpajon-Liancourt-Ivry-Palaiseau – associons un syllogisme également difficile, celui en BAMALIP.

Le Moyen Âge connaissait 19 formes de syllogismes seulement. Ridicule! Le nombre d'itinéraires possibles en Île-de-France est bien plus élevé. Plutôt que rester à nous ennuyer pendant nos trajets en banlieue, inspirons-nous d'eux pour inventer de nouveaux syllogismes. Grâce au train, nous découvrirons des lois de la logique inconnues jusqu'à présent.

Homo laverait-il plus blanc?

Les manipulations génétiques, appliquées à l'homme, révoltent. La perspective de changer l'homme scandalise : c'est de la folie.

De la folie? Admettons. Songeons bien, toutefois, que porter *a priori* un tel jugement revient à manifester une étonnante indulgence à l'égard de l'homme. Depuis les voies romaines bordées d'esclaves crucifiés jusqu'à Hiroshima, depuis les pyramides de crânes élevées par Gengis Khan jusqu'à Auschwitz, sans oublier

ce qui se passe de nos jours, l'homme écrit une histoire horrible. Je doute que la création d'un être pire que lui soit une performance à la portée de la science. Qui sait si le mutant obtenu par les savants fous ne se comportera pas de manière... humaine. Si bien que, comme souvent, les fous auront été sages.

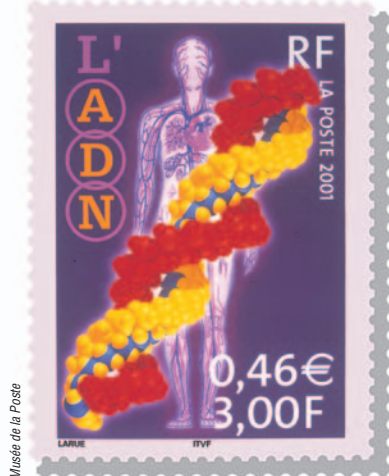


Théserez-vous et lisez!

C'est par antiphrase qu'un administratif haut placé est dénommé un «responsable». L'individu a, en effet, trop de décisions à prendre pour s'informer en détail sur chaque dossier. Il fait donc confiance à ses collaborateurs et signe sans lire. Quelle responsabilité!

Cette conception toute administrative de la notion de responsabilité a, hélas, envahi la recherche scientifique. Celle-ci fourmille de gens qui participent à tellement de jurys de thèse et sont priés de donner leur avis sur tellement de projets d'articles, que le temps leur manque pour lire ce qu'ont écrit les impétrants. Alors, ils font confiance. Confiance à l'auteur de l'article, qui a l'air sérieux ; ou confiance à un collègue, qui dit que la thèse est valable. En outre, refuser exige plus de travail qu'accepter, car il faut justifier le refus : argument puissant en faveur du feu vert! Ainsi s'accroît la littérature des thèses et des articles – aussi grise, aussi peu lue, aussi énorme, aussi conformiste que celle des rapports administratifs. Mais feu vert ne veut pas dire caution. Si naît la moindre polémique – ce qui est une malchance rarissime, il faut au moins que ce soient les frères Bogdanov qui aient soutenu la thèse pour que cela se produise! – ils réagissent comme les administratifs surpris par un dossier brûlant : ils se renvoient la balle. Le professeur «responsable» du thésard dit qu'il pensait que la thèse était bonne, puisqu'une bonne revue avait accepté d'en publier des extraits ; le «responsable» de la revue tient le «raisonnement» inverse. Personne n'avait pris le temps de se faire un avis étayé.

Que nul ne participe à un jury de thèse s'il n'a lu, compris et apprécié toute la thèse! Que nul ne donne son aval à la publication d'un article s'il n'a lu, compris et apprécié tout l'article! Voilà deux revendications de bon sens, qui n'ont l'air de rien. De nos jours, pourtant, les mettre en œuvre créerait un bouleversement majeur au sein de la cité scientifique.



L'ADN a 50 ans, et après ?

JAMES WATSON

L'un des découvreurs de la double hélice fait le bilan d'un demi-siècle de génétique.

Le 2 avril 1953, la revue britannique *Nature* publiait un article où James Watson, Francis Crick et Frederick Wilkins proposaient le modèle en double hélice de l'ADN. À l'occasion du 50^e anniversaire de cette fameuse structure, John Rennie, rédacteur en chef de *Scientific American*, a rencontré l'un de ses pères, J. Watson, qui retrace l'histoire de sa découverte, et nous livre ses réflexions sur l'état actuel de la génétique et les controverses dont elle est l'objet.

John Rennie : *L'ADN s'est échappé de la sphère scientifique et est devenu un phénomène culturel, voire le symbole de la vie. Il fait partie de notre quotidien et inspire jusqu'aux artistes. Il y a 50 ans, dans les Laboratoires Cavendish de l'Université de Cambridge, pouviez-vous prévoir un tel engouement ?*

James Watson : Non, bien sûr, car personne ne savait séquencer ni même amplifier l'ADN (l'amplification consiste à produire de nombreuses copies d'un même ADN afin de l'étudier). En 1961 ou 1962, l'immunologiste australien Franck MacFarlane affirmait que l'ADN et la biologie moléculaire n'auraient jamais aucun effet sur la médecine. L'avenir lui a donné tort ! Cependant, ces applications ne sont devenues possibles qu'avec la mise au point de méthodes pour déchiffrer l'ADN. C'est pourquoi le *Projet Génome Humain* est si important.

En 1953, seuls nous importaient comment l'ADN code l'information et quels mécanismes cellulaires produisent les protéines, c'est tout. L'idée de thérapie génique n'est apparue que 15 ans plus tard, à la fin des années 1960, quand les enzymes de restriction (ces enzymes coupent l'ADN en des endroits donnés et connus) ont été découvertes, ainsi que, peu après, les méthodes de séquençage.

J. R. : *La concurrence pour établir la structure de l'ADN a été féroce et les traits de personnalité ont eu leur importance. Par ailleurs, cette découverte semblait quasiment « inéluctable » à cette époque. Beaucoup d'entre vous en étaient proches ; on pense à Frederick Wilkins (co-lauréat du prix Nobel de médecine en 1962 avec vous-même et F. Crick), à Linus Pauling (1901-1994, prix Nobel de chimie en 1954, et prix Nobel de la paix en... 1962), et enfin, à Rosalind Franklin (1920-1958).*

J. W. : C'était inéluctable... avec les données de diffraction des rayons X, et sans doute un petit quelque chose en plus. Toutefois, même s'il n'avait pas les clichés du King's College, à Londres, Pauling aurait pu penser à l'hélice alpha, (une structure hélicoïdale qu'adoptent certaines séquences protéiques. Cette structure est à l'origine d'une théorie de la diffraction par les molécules hélicoïdales qui a joué un rôle dans l'élaboration du modèle de la double hélice).

J. R. : *Donc, si vous n'aviez pas élucidé cette structure...*

J. W. : ...Je ne crois pas qu'une année se serait passée sans qu'elle ne le soit. Nous ne savions pas que Franklin, dès

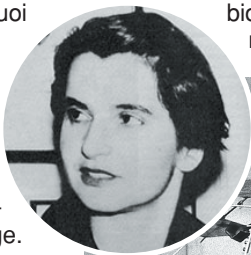
février, s'était intéressée à la forme B (la double hélice de l'ADN adopte trois formes : la forme B, la plus courante, et deux autres, plus denses, la forme A et la forme Z), car elle avait quitté le King's College ; découragée par la discrimination et la concurrence, elle aurait toutefois écrit un rapport où elle proposait le modèle de la double hélice, mais nous l'ignorions alors.

J. R. : *On a toujours soutenu que Wilkins vous avait montré les résultats cristallographiques de Franklin sans sa permission. Ces clichés auraient été décisifs.*

J. W. : Plusieurs personnes se sont demandées pourquoi nous n'avions pas parlé avec Rosalind plus tard, notamment pour la remercier de son aide. La difficulté est qu'elle ne voulait pas en discuter. Peu avant sa mort, elle a rencontré Francis, et cela aurait pu être l'occasion de régler ce différend, mais seul « l'avenir l'intéressait » disait-elle.

J. R. : *Aurait-il été plus approprié de partager le prix Nobel avec elle plutôt qu'avec Wilkins ?*

J. W. : Je ne crois pas. Wilkins nous a fourni les clichés de la forme A et elle, ceux de la forme B. Dans un monde idéal, ils auraient eu le prix Nobel de chimie, et nous celui de biologie. Cela aurait été une façon de nous honorer tous les quatre, mais personne n'y a pensé.



Ce samedi 28 février 1953, nous avons élaboré un modèle dont nous n'étions pas certains. Nous avons pensé que des données de diffraction des rayons X seraient une preuve supplémentaire. Toutefois le modèle reposait sur un mécanisme de copie auquel tous les biologistes voulaient croire, quelles que soient les données cristallographiques.

J. R. : *En effet, de la complémentarité des nucléotides résulte un mécanisme simple de copie de l'ADN.*

J. W. : Vous savez, nous ne pensions parcourir que la moitié du chemin ! Nous proposons une structure dont les cristallographes prouveraient la pertinence. Le problème de la copie se serait posé ensuite. Nous sommes célèbres parce que la molécule d'ADN est exceptionnelle. Si Rosalind avait parlé à Francis dès 1951 et partagé ses résultats, elle aurait découvert cette structure : elle serait célèbre à ma place !

J. R. : *En un siècle, nous sommes passés de la redécouverte des lois de Mendel et de l'identification des chromosomes en tant qu'agents de l'hérédité au séquençage quasiment complet du génome humain. Selon vous, en génétique, reste-t-il des découvertes majeures à faire, ou bien n'est-ce plus qu'une affaire de détails ?*

J. W. : Le problème majeur, à mon avis, est la chromatine, l'assemblage compact de l'ADN, dans les chromosomes, avec des protéines, nommées histones. Comment un fragment donné d'ADN enfoui dans un chromosome devient-il accessible ? Quels sont les mécanismes et les rôles de la méthylation et des phénomènes épigénétiques (qui modifient l'expression des gènes selon l'environnement) ? Vous héritez bien plus que d'un simple patrimoine génétique ! Ces questions sont les plus excitantes de la génétique d'aujourd'hui.

Et les progrès semblent particulièrement rapides. Sans vouloir jouer au devin, je pense que dans les dix prochaines années, ce champ sera bien « débroussaillé ». De nombreux scientifiques compétents travaillent sur ce sujet, et ils ont les outils nécessaires. Les principes fondamentaux du fonctionnement des gènes seront alors connus et nous serons capables d'aborder des questions, tel le fonctionnement du cerveau.

J. R. : *Les ARN (ces molécules sont, comme l'ADN, composées de nucléotides et porteuses d'information) sont sortis de l'ombre de l'ADN. Nous connaissons aujourd'hui des phénomènes d'interférences où des molécules d'ARN modifient l'expression des gènes. Saurons-nous percer les secrets de cet autre domaine ? Est-ce comparable aux problèmes des histones ?*

J. W. : Oui, c'est plus complexe que nous le pensions en 1953. À cette époque, il n'y avait qu'une sorte d'ARN, l'ARN messager, une copie d'un gène d'ADN qui est ensuite traduite en protéine dans les cellules. Toutefois, pour fabriquer cet ARN, les histones doivent s'éclipser. C'est à nouveau le problème de la chromatine.

J. R. : *Dans un numéro récent de la revue Nature, Walter Gilbert (prix Nobel en 1980) affirme que la « biologie moléculaire est morte », principalement car son objet, l'ADN, a envahi tous les autres domaines.*

J. W. : Je partage son avis, dans le sens où l'ADN est devenu un outil. Il y a encore un problème fondamental à résoudre : comment l'information est stockée et utilisée dans le cerveau. C'est un problème plus important que l'ADN, et plus complexe.

J. R. : *Si vous débutez aujourd'hui...*

J. W. : Je travaillerais sur les relations entre les gènes et le comportement. Vous pouvez trouver des gènes qui participent au comportement, mais cela n'explique pas comment le cerveau fonctionne. Passionné par l'ornithologie depuis mon enfance, mes premiers centres d'intérêts scientifiques ont porté sur la migration des oiseaux. Sans savoir comment le cerveau d'un oiseau fonctionne, vous ne saurez pas comment les gènes « disent » où migrer, car les mères ne l'apprennent pas aux jeunes ! C'est donc hérité.

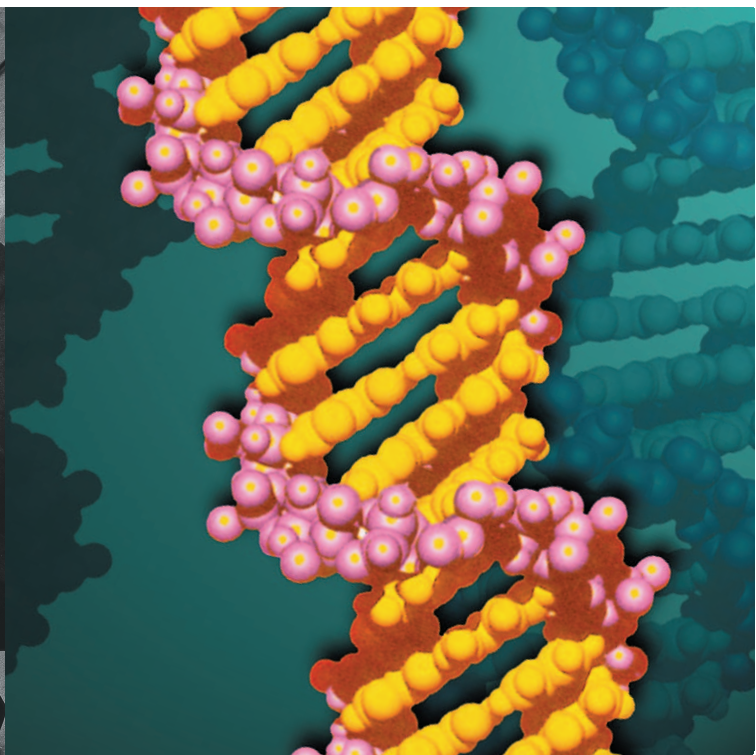
Il y a plusieurs comportements importants à élucider. Certains disent qu'ils ne comprennent pas que des hommes puissent aimer les hommes, mais je pense qu'il est aussi mystérieux que les hommes aiment les femmes ! Ces problèmes sont complexes. Francis affirme que les neurosciences ne sont pas fondées sur un équivalent de la molécule d'ADN.

J. R. : *À propos de politique, plusieurs thèmes de débats publics sont liés à l'ADN : les organismes génétiquement modifiés, le clonage... Quelle confiance accordez-vous à la gestion politique de ces dossiers ?*

J. W. : Je pense qu'ils sont si controversés que les États ne devraient pas intervenir. Les décisions sur la reproduction sont du ressort des femmes, pas des autorités. Aujourd'hui, le sujet est le clonage... en admettant qu'il soit possible. Cependant, le premier clone ne sera pas comme la première utilisation de la bombe atomique. Il n'y aura pas mort d'homme ! Si vous, votre femme et plusieurs membres de vos familles êtes porteurs d'une maladie, peut-être aimeriez-vous un enfant qui en soit dépourvu. Certains disent : « C'est la porte ouverte aux bébés sur mesure. » Toutefois, si vous pouvez vous assurer que votre enfant ne sera pas atteint par cette maladie, n'est-ce pas un progrès ? Qui serait lésé ?

J. R. : *Pensez-vous que le public en sait assez en matière de génétique pour prendre des décisions raisonnées ?*

J. W. : Si vous croyez qu'une plante n'existe que par la volonté de Dieu, vous pouvez dire qu'il ne faut pas y toucher. Cependant, l'Amérique n'est plus ce qu'elle était à l'arrivée des Pères pèlerins, ces puritains britanniques qui ont fui les persécutions religieuses en 1620 et ont débarqué en Amérique à bord du *Mayflower*. Ils sont les « fondateurs » des États-Unis. Nous avons tout changé. Nous n'avons pas respecté le passé, mais plutôt tenté de l'améliorer. Et je crois qu'interdire cette quête est contraire à l'esprit humain.





Poète, prends ton lut

HERVÉ THIS

Le lutage des cocottes ne prévient l'évaporation et la «perte des arômes» que si la température du liquide est proche de celle de l'ébullition.

Poulettes pattes noires en cocotte lutée... Les poulettes sont préparées, mises en cocotte avec une garniture aromatique ; puis, le couvercle posé sur la cocotte est «hermétiquement» soudé à celle-ci par un cordon de pâte, faite de farine et d'eau. Les cuisiniers imaginent que les «arômes» sont recyclés dans l'espace clos de la cocotte, de sorte qu'ils viennent imprégner les chairs. Puis, lors du service, quand le maître d'hôtel casse le cordon de pâte durci, les convives sont inondés d'un flot d'odeurs. Il y a du spectacle, dans l'usage du lut, mais les molécules odorantes sont-elles véritablement piégées ? Réservons la question de l'imprégnation des chairs pour une autre fois et déterminons, ce mois-ci, si le lutage retient effectivement les molécules odorantes.

«La sagesse, dit le philosophe Alain, remet en question des choses connues et reçues, et doute par principe en vue de s'assurer mieux.» Foin du rêve du cuisinier ou du gourmand, doutons de l'efficacité du lut, et expérimentons.

Le test le plus simple consiste à comparer deux cocottes identiques, lutées ou non. Au laboratoire, nous remplacerons les cocottes par des béchers en verre gradués, et les couvercles par des verres de montre ou par des soucoupes de tasse à café. Sur l'un des béchers, posons seulement le «couvercle» ; sur l'autre, lutons, c'est-à-dire soudons le couvercle au bécher par un lourd cordon de pâte, faite de farine travaillée avec de l'eau. Dans la même lancée, comparons ces deux béchers à un troisième bécher laissé ouvert. Dans les trois béchers, plaçons un même volume d'eau (voir la photographie ci-contre). Puis introduisons les trois béchers dans un four à la température de 180 °C, par exemple (une température habituelle pour la cuisson des poules et poulets).

Suivons alors les variations du niveau de l'eau dans les béchers au cours du temps. On voit que l'eau s'évapore plus vite dans le bécher non couvert... mais aucune différence n'apparaît entre les béchers avec couvercle posé, et avec couvercle luté. Le lut serait-il une beauté culinaire inutile ? Les cuisiniers confrontés aux résultats de cette expérience qui met leur savoir en question argumentent, critiquent l'expérience, reprochent aux béchers de ne pas être des cocottes... mais seuls les plus au fait des arcanes techniques font valoir que l'expérience réalisée ne vaut rien, parce que les conditions d'usage du lut n'ont pas été respectées : les livres de cuisine ne le disent pas, mais la transmission orale l'affirme, le lut n'est utile que pour les cuissons longues, à température modérée.

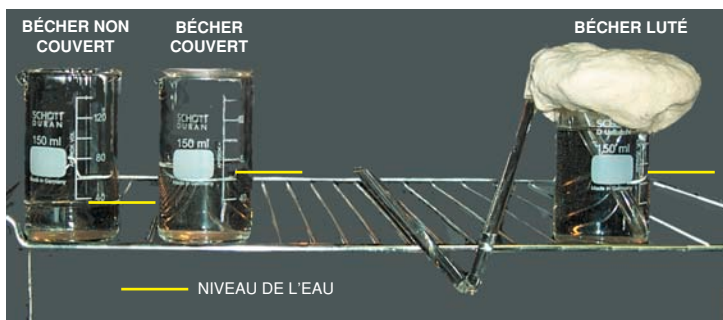
Modérée de combien ? Donnons à la cuisine le bénéfice du doute, et reprenons l'expérience en plaçant les trois mêmes béchers à la température de 110 °C. Cette fois, l'eau s'évapore différemment dans le bécher simplement couvert et dans le bécher

couvert et luté : ce dernier retient toute son eau, même après quatre heures de cuisson. La tradition culinaire est dans le vrai : si le lut retient la vapeur d'eau, il retient aussi les molécules odorantes que cette vapeur aurait entraînées.

Comment corroborer ces résultats ? Si l'eau est retenue dans le bécher luté, alors qu'elle s'évapore, l'intérieur du bécher couvert et luté doit être sous pression. Mesurons la pression en modifiant un peu le système : n'importe quel chimiste amateur peut utiliser une petite lampe à alcool pour couder un tube de verre en Z : couché, ce tube est plongé dans l'eau d'un bécher, et le tube en U qui dépasse du bécher est alors rempli d'un liquide (qui ne s'évapore pas : de l'huile, par exemple). Le couvercle est posé sur le bécher garni de son tube, puis luté. L'ensemble est placé dans un four réglé à la température de 110 °C. Le liquide dans le tube en U est alors poussé par la vapeur formée : ainsi mesure-t-on la pression dans le bécher luté et voit-on que la pression augmente progressivement, à mesure que la cuisson s'opère.

La science n'est pas accumulation de mesures, mais exploration des mécanismes. Comment le lut confine-t-il la vapeur d'eau ? Il existe plusieurs sortes de lut, mais les plus couramment prescrits sont les plus rudimentaires : ils sont faits de farine et d'eau. Le travail de la pâte provoque la formation

d'un réseau de protéines, le gluten, qui piège les grains d'amidon ; ainsi la pâte devient-elle «viscoélastique», c'est-à-dire un peu visqueuse (elle coule difficilement) et un peu élastique (en raison du réseau de gluten). Chauffée, cette pâte sèche en surface, tandis que l'amidon absorbe



l'eau et s'empêse ; les grains d'amidon se soudent.

Quand la pâte sèche rapidement, comme dans la cuisson à la température de 180 °C, elle se contracte en surface (elle sèche), tandis que son cœur est encore humide. Des fissures apparaissent dans la croûte par où la vapeur d'eau formée dans le bécher s'échappe. En revanche, quand on chauffe doucement, le séchage est plus homogène, et l'ensemble du cordon de pâte se contracte, sans se fissurer. La vapeur est retenue.

La conclusion culinaire ? Le lut est un bon moyen de retenir la vapeur et les molécules odorantes des mets, mais les livres de cuisine seraient avisés de n'en recommander l'usage qu'aux températures peu supérieures à celles de l'ébullition de l'eau, car la pression augmente vite avec la température interne T , comme la puissance quatrième du quotient $T/100$.

Rendez-vous de France Info et de Pour la Science, le 26 mars, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.