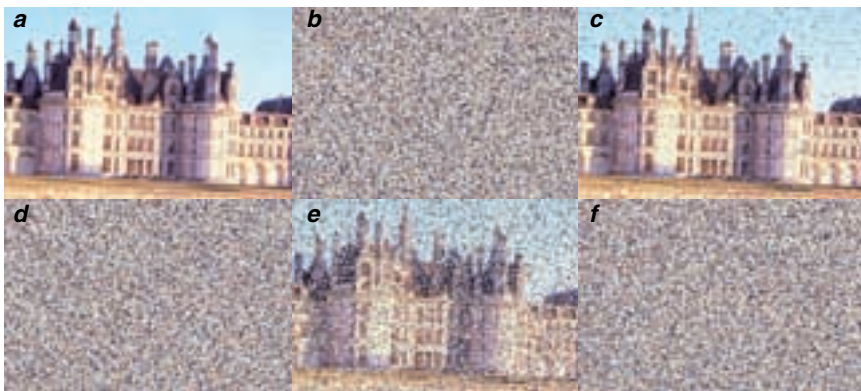




7. Les retours approximatifs. La transformation du boulanger pour une image de taille 240×160 . Les cycles ont respectivement les longueurs 1, 4, 29, 64, 156, 157, 274, 2183, 22458, 13 074. Ces nombres ont pour plus petit commun multiple 27 720 023 335 722 958 656 qui est le temps de retour (plutôt long!). À l'étape 40 000 000 images (b), tout est brouillé. De même, aux étapes 50 000 000 (d) et 100 000 000 (f). À l'étape 48 935 982 (qui est le ppcm de 13 074, 22 458, 4) les 35537 pixels (c) correspondant aux cycles de longueur 13074, 22458, 4 et 1 sont en bonne place. Cela représente une part importante des 38 400 points de l'image, que l'on reconnaît donc. À l'étape 98 455 872 (ppcm de 22 458, 274, 64, 4) à nouveau un nombre important (22 801) de points est en bonne place (e).

de vous annoncer que, par exemple, l'image initiale sera de retour dans 10 ans 3 mois 5 jours 4 heures et 35 minutes.

Voici le principe de ce calcul qu'il est intéressant de détailler, puisqu'il fait comprendre le retour miraculeux à l'image de départ.

Lorsqu'on applique une transformation bijective, chaque point suit un cycle : par exemple, le point de coordonnées (0,0) va en (1,5) et le point de coordonnées (1,5) va en (3,7), le point de coordonnées (3,7) revient en (0,0) : (0,0) est revenu à sa place au bout de trois applications de la transformation. L'appartenance à un cycle (ici de longueur trois) est la règle générale : chaque point appartient ainsi à un cycle et un seul, dont la longueur bien sûr peut être n'importe quel nombre entier de taille inférieure au nombre de points de l'image. Aussi l'ensemble des points de l'image peut être décomposé en une liste de cycles : par exemple, l'un de longueur 3, un autre de longueur 6, un autre de longueur 15.

Il est clair que chaque point d'un cycle revient à sa place pour les images dont le numéro est un multiple de sa longueur ; donc l'image revient exactement identique à elle-même si son numéro est simultanément un multiple de toutes les longueurs des cycles, autrement dit, si c'est un multiple du plus petit commun multiple des longueurs des cycles. Le plus petit commun multiple de 3, 6 et 15 est 30, donc, avec notre exemple, le temps de retour est 30.

Connaître le temps de retour peut donc s'obtenir simplement en décomposant l'image en cycles et en calculant le plus petit commun multiple de la lon-

gueur des cycles trouvés : même si le temps de retour est de mille milliards, quelques secondes permettent alors de le savoir (ah, les merveilles du raisonnement mathématique!).

Mieux, grâce à la décomposition en cycles de la transformation, vous pouvez, en quelques secondes, connaître l'image numéro 1001 (ou n'importe quel autre nombre aussi grand soit-il) sans avoir à calculer les images précédentes. Expliquons cette idée, en supposant que les cycles sont, comme précédemment, de longueur 2, 6 et 15.

Vous calculez le reste de la division de 1001 par 2, c'est 1, et, pour chaque point de l'image appartenant à un cycle d'ordre 2, vous appliquez donc une fois la transformation.

Vous calculez le reste de la division de 1001 par 6, c'est 5 (car $1001 = 166 \times 6 + 5$) et donc, pour chaque point des cycles d'ordre 6, vous appliquez cinq fois la transformation à ces points.

Vous divisez 1001 par 15, ce qui donne un reste de 11. Pour les points appartenant aux cycles de longueur 15, vous appliquez donc 11 fois la transformation. Au total, vous n'avez que très peu appliqué la transformation (et à chaque fois en quelques points), pourtant vous connaissez maintenant la position de chacun des points après 1001 applications de la transformation.

Dans le cas général, l'utilisation de cette idée demande une bonne organisation du calcul et le stockage des cycles en mémoire. Mais, pour aller directement à une image lointaine, la procédure est incomparablement plus rapide que la méthode naturelle consistant à appliquer autant de fois qu'il le faut la transformation à chaque point de l'image.

LE FLOU EXPLIQUÉ

Cette décomposition en cycles nous permet aussi de comprendre pourquoi l'image revient proche de l'image initiale pour certaines valeurs du numéro d'image. En effet, imaginons que le temps de retour soit très long et de la forme $2m$. Supposons que l'on s'arrête à l'image numéro m . Tout cycle possède une longueur qui est un diviseur de $2m$ (car, d'après ce que l'on a vu, le temps de retour est un multiple de la longueur de chaque cycle) ; s'il y a des cycles d'ordre impair, leur longueur divise donc m , et donc leurs points sont bien en place dans l'image numéro m . Dès que suffisamment de points sont en place, le contenu de l'image nous apparaît superposé à une sorte de bruit qui ne nous empêche pas de voir l'image.

La figure 7 représente des images dont les numéros assurent ainsi que de nombreux points sont à la bonne place : les images obtenues sont des retours approximatifs à l'image de départ. On comprend alors qu'il n'y a pas à s'étonner, lors de l'application répétée d'une transformation bijective, de retrouver ces réminiscences partielles que nous avons remarquées dans la figure 6. L'explication de leurs déformations est de même nature.

Grâce à l'arithmétique des cycles, les fascinantes bizarreries des transformations bijectives de points deviennent un peu moins mystérieuses. Cela n'enlève rien à leurs charmes, que nous vous invitons à explorer en visitant notre site et en utilisant le logiciel que nous avons conçu pour cela.

Jean-Paul DELAHAYE est directeur adjoint du Laboratoire d'informatique fondamentale de Lille du CNRS. **Philippe Mathieu** est professeur d'informatique au LIFL.

e-mail : delahaye@lifel.fr

Adresse internet pour d'autres images et le logiciel gratuit :

<http://www.lifel.fr/~mathieu/transform>

J.-P. DELAHAYE, *Le mélange des cartes*, in *Pour La Science*, mars 1997.

R.L. DEVANEY, *Chaotic Dynamical Systems*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1988.

H.-O. PEITGEN, **H. JÜRGENS** et **D. SAUPE**, *Chaos and Fractals*, *New Frontiers of Science*, Springer-Verlag, pp. 536-548, 1992.

I. PRIGOGINE et **I. STENGERS**, *La nouvelle alliance*, Gallimard, chapitre 9, 1979.

Écologie

Guide des 134 réserves naturelles de France

Chantal Cans et Antoine Reille.
Éditions Delachaux et Niestlé, 1997.

Ce guide énumère les 134 réserves naturelles officielles de France métropolitaine et d'Outre-mer. Il succède à une première édition qui, en 1987, ne mentionnait que 85 réserves : le nombre de tels sites augmente de quatre à six chaque année, pour couvrir aujourd'hui plus de 280 000 hectares. À ce rythme, le chiffre de 150 sera peut-être atteint en l'an 2000, offrant ainsi un ensemble représentatif d'éléments du patrimoine national dont on assure la préservation.

Chaque réserve est décrite d'un quadruple point de vue géographique, géologique, botanique et zoologique. Une carte, originale, permet de reconnaître rapidement la configuration du site. Pour terminer chaque présentation, une fiche technique résume, sous

la forme de pictogrammes : les caractéristiques (date de création et de révision, superficie, propriétaire, gestionnaire) ; la réglementation des activités (chasse, pêche, récoltes et cueillettes, fouilles) et de la circulation (véhicules à moteur, vélos et VTT, pédestre, à cheval, chiens, bateaux à moteur) ; l'accueil (point de réception, signalisation, visite guidée...).

Les réserves sont regroupées selon les types de milieux : ceux de montagne, les zones humides de l'intérieur, les îles, falaises, marais littoraux et réserves marines, les rivières et leurs rives, les sites d'intérêt botanique, les grottes et les sites d'importance géologique et paléontologique.

L'appellation «réserves naturelles» (partie d'écosystème terrestre ou aquatique bénéficiant d'un statut de protection partielle ou totale) couvre souvent des lieux aux vocations diverses, et bien que leur nombre paraisse important, d'autres espaces méritent encore une garantie nationale. De surcroît, leur dispersion, leur faible surface et leur environnement anthropisé les rend parfois vulnérables et fragiles.

Rappelons que la protection d'espèces rares de plantes ou d'animaux

passé avant tout par la préservation de ces biotopes particuliers qui entretiennent la biodiversité. Dans le cas des insectes, certaines espèces rares ou localisées de libellules, par exemple, fréquentent ces réserves (*Lestes macrostigma*, *Coenagrion lunulatum*...). Cependant, une seule réserve a été créée pour protéger un insecte : c'est la forêt de Cerisy, en Basse-Normandie, qui abrite la sous-espèce *cupreonitens* de *Chrysocarabus auranitens*. Ce carabe aux élytres variant du bronze au noir ne peut y être récolté, et la destruction des arbres morts, des souches et des talus, où il hiverne, est interdite.

Ces réserves bénéficient d'un statut juridique, mais cette réglementation stricte ne doit pas présumer que ces espaces soient fermés aux activités humaines et seulement réservés aux recherches scientifiques. Si c'est le cas pour huit d'entre eux, la plupart des autres sont aménagés, pour permettre l'observation de leurs richesses sans risque de destruction.

C'est pourquoi ce guide pratique (une liste alphabétique eût été plus commode qu'un index, avec passage obligé par la région, puis par le département) et complet nous engage à un voyage dans une nature encore préservée.

Jacques d'AGUILAR



A. Reille - Éditions Delachaux et Niestlé

Les bouquetins sont réapparus en Vanoise.

Médecine

Idées folles, idées fausses en médecine

Petr Skrabanek et James McCormick. Éditions Odile Jacob, 1997.

Quand j'ai abordé le domaine de la fertilité humaine, il était admis que le «meilleur jour» pour l'insémination artificielle avec donneur était le dernier point bas de la courbe thermique. La justification était que le nombre de succès obtenus pour ce jour était maximal. Je dis bien le nombre, et non le pourcentage. Ce qui n'étonne pas : on pratiquait le plus d'inséminations ce jour-là, parce qu'on le croyait le meilleur ! Puis, dans mes études du cancer, une erreur m'a frappé : un cancérologue, sur un échantillon de quelques centaines de femmes atteintes d'un cancer du sein, observait que le cancer survenait d'autant plus tôt que les premières règles avaient été plus précoces. Comme l'âge de sur-

venue du cancer était quasiment leur âge actuel, je proposai d'examiner un échantillon témoin de femmes sans cancer : je constatai alors que plus les femmes étaient jeunes, plus leurs premières règles avaient été précoces. L'explication était que l'âge aux premières règles a baissé au cours du siècle : le cancer n'avait rien à voir dans cette affaire...

Ces deux fautes de raisonnement, la première évidente, et ridicule, la seconde plus pernicieuse, montrent la diversité des erreurs possibles. P. Skrabanek et J. McCormick en tentent un inventaire dans leur chapitre «Sophismes en tous genres», avec un esprit critique et caustique, pour le plus grand bénéfice des lecteurs.

Les premiers sophismes concernent la corrélation ; j'en retiendrai deux. La première erreur est la croyance en la transitivité de la corrélation : si A est lié à B et si B est lié à C, alors A serait automatiquement lié à C. Cette erreur fausse notamment l'interprétation de ce que l'on nomme les critères de substitution : dans l'évaluation de certains médicaments, on substitue à un critère intéressant, mais dont la connaissance est tardive (la mort, par exemple), ou rare ou difficile, un critère plus accessible, qui lui est lié. Ainsi, pour évaluer l'effet d'une alimentation sur le taux d'infarctus, on l'évaluera sur la baisse de la concentration en cholestérol. C'est là un pari commode, mais qui demande vérification. La nécessité de cette dernière n'est pas toujours ressentie. Dans notre essai *Concorde* sur l'efficacité de l'AZT administré dès les premiers symptômes de séropositivité, on a constaté un effet sur le nombre des lymphocytes T4, mais pas sur la survie. La plupart des médecins refusaient ce résultat : le nombre de lymphocytes T4 est si lié à la survie qu'une augmentation de ce nombre sans conséquences sur la survie semblait impossible. Pour les convaincre de la non-transitivité de la corrélation, j'ai dû poser la question : s'il y a corrélation entre la prise d'un médicament et la baisse du poids, faut-il penser, puisque le poids est lié à la taille, qu'il y aura baisse de taille ?

La deuxième catégorie d'erreurs tourne autour du risque, par suite, surtout, de la confusion entre risque relatif et risque absolu. Les risques de cancer bronchique des fumeurs et des non-fumeurs sont des risques absolus. Le risque relatif est le risque des fumeurs rapporté à celui des non-fumeurs. Ainsi, dans plusieurs enquêtes, on observe que le risque relatif de cancer bronchique chez les fumeurs est de l'ordre de 10 : c'est dire que leur risque absolu est dix fois supérieur à

celui des non-fumeurs. Le risque relatif est parlant, mais quelle portée à le résultat : «le risque des non-fumeurs est multiplié par 10» quand on ne précise pas ce risque des non-fumeurs ?

Les auteurs ont raison de viser, à cet égard, l'exemple du tabagisme passif ; il y a peu, j'ai lu dans une revue à grande diffusion, ce conseil aux lectrices : «N'épousez pas un fumeur, vous mourrez deux fois plus.» Sans doute cette phrase lapidaire se référerait-elle à une enquête japonaise qui montrait un risque de mort par cancer du poumon chez les non fumeuses d'environ 16 pour 100 000, en cas de tabagisme familial, contre environ 8 pour 100 000 autrement. C'est bien une multiplication par deux, qui frappe les esprits, mais un risque de 16 pour 100 000 au lieu de 8 pour 100 000 doit-il empêcher d'épouser l'homme qu'on aime ?

D'autres erreurs sont présentées dans un chapitre sur le diagnostic. Je retiendrai la discussion sur le difficile problème de la distinction entre le normal et l'anormal. À partir de quel seuil est-on obèse ? Ou hypertendu ? Peu après la guerre, ma cholestérolémie se révéla hors des limites du normal indiquées par le laboratoire. Dix ans plus tard, sans que j'aie été traité, ma cholestérolémie était à l'intérieur de l'intervalle considéré comme normal. Elle n'avait pas changé, mais les limites s'étaient déplacées : la moyenne de la population française avait augmenté. P. Skrabanek et J. McCormick insistent judicieusement sur la distinction entre ce que je nomme l'anormal fréquentiel, et l'anormal opérationnel : est anormal fréquentiel le sujet dont la mesure s'écarte de la moyenne, de plus de deux écarts-types par exemple, tandis que l'anormal opérationnel est celui dont la mesure justifie un traitement. L'ignorance de cette distinction est bien sûr source d'erreurs médicales.

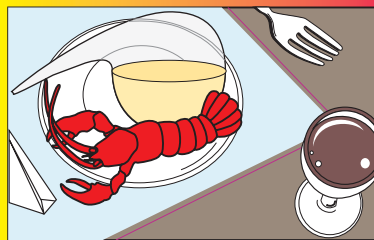
Dans un chapitre consacré aux placebos, les auteurs admettent que la seule solution rigoureuse pour évaluer l'effet d'un traitement en dehors de l'effet placebo consiste – quand c'est éthiquement possible – à conduire des essais où les traitements reçus sont ignorés du malade et, éventuellement, du médecin : c'est l'essai en double aveugle. Cependant, toujours critiques, ils considèrent qu'il est le plus souvent difficile, voire impossible, de réaliser un essai en vrai double aveugle. En fait, on peut toutefois y parvenir, même dans des cas difficiles, à condition de prendre des précautions. Ainsi, dans l'essai français sur le traitement du diabète par la ciclosporine, malades et médecins ignoraient le traitement reçu (ciclosporine pour un groupe,

FRANCE INFO et POUR LA SCIENCE

vous invitent
à écouter la chronique
de Marie-Odile Monchicourt :

Info Sciences

Tous les jours
sur **France Info**
à 15 heures 41,
17 heures 10,
20 heures 12,
22 heures 12,
et 23 heures 42



Les prochains
résultats présentés
dans la rubrique
Science et Gastronomie
seront annoncés sur
France Info
le 25 janvier 1997.

FRANCE

info

placebo pour l'autre), mais le statisticien en avait connaissance ; il était chargé, quand la ciclosporine provoquait un début d'effet secondaire, chez un patient, d'en diminuer la dose dans la proportion prévue par le protocole. Toutefois, pour qu'une telle diminution ne signe pas l'administration de ciclosporine, il faisait correspondre à ce patient un témoin tiré au sort et dont la dose de placebo était diminuée dans les mêmes proportions.

D'une manière générale, P. Skrabanek et J. McCormick propagent une vue pessimiste des essais thérapeutiques, ce que je regrette vivement, comme je regrette leurs réserves excessives pour la prévention. Après avoir caricaturé les excès de la prévention, ils passent en revue les domaines du cancer et des maladies cardio-vasculaires, mais de façon très partielle.

Pour les maladies cardio-vasculaires, notamment, ils considèrent que les essais portant sur les facteurs de risque les plus importants (régime alimentaire, tabagisme, tension artérielle, poids, sédentarité) n'ont donné que des résultats négatifs. Ils concluent que les examens font plus de mal que de bien et qu'en aucun cas on ne devrait envisager un dépistage systématique ou une intervention pour changer les habitudes alimentaires. Ces développements nous ramènent, non pas 10 ans en arrière (date de la première édition du livre), mais 20 ans ! À cette époque, M. Stamler et ses collègues de l'Université de Chicago imposaient leur loi dans les congrès, dans les journaux, et P. Skrabanek considérait comme un devoir de prendre le contre-pied de cette «pensée unique», d'où son humour et son exagération. Aujourd'hui, toutefois, nous disposons de nombreuses données solides, issues d'essais de prévention par des médicaments efficaces et sûrs. D'autre part, on a démontré que, quand on parvenait à corriger des habitudes de vie néfastes, on obtenait des bénéfices en matière de santé. Le bilan n'est donc absolument pas celui, caricatural, du livre.

Un des problèmes majeurs, en prévention, est le choix des priorités : entre une prévention exagérée, au prix de considérables sacrifices, et l'absence totale de prévention, un juste milieu est à trouver, adapté à chacun. Ce choix devrait revenir aux médecins, à condition qu'ils aient une connaissance suffisante en épidémiologie et, plus généralement, en méthodologie des sciences de la vie.

C'est bien cet objectif que visent P. Skrabanek et J. McCormick : estimant que des ignorances et des erreurs ralentissent le progrès de la médecine, ils ont professé un enseignement d'initia-

tion au jugement critique en médecine. C'est de ce cours qu'est issu cet ouvrage. Toutefois, pour développer l'esprit critique, il est inopportun d'être trop critique... Leur livre comporte, en réalité, deux sortes de chapitres. Les uns décrivent des erreurs méthodologiques, objectives et «éternelles» ; les autres reflètent leur opinion sur des démarches qu'ils estiment erronées (démarches allant des essais cliniques au charlatanisme, en passant par la prévention). De telles opinions sont subjectives et peuvent fluctuer dans le temps. Les leurs ne sont plus défendables, aujourd'hui, compte tenu de données nouvelles, mais elles étaient déjà très critiquables lors de la première parution du livre, en langue anglaise, en raison de leur attitude partielle, à dessein provocatrice.

L'ouvrage gagnerait à être lu par les médecins français, essentiellement pour les erreurs méthodologiques, mais avec une grande réserve pour le reste.

Daniel SCHWARTZ

Paléontologie

La science de Jurassic Park. Comment fabriquer un dinosaure

Rob DeSalle et David Lindley.
Bayard Éditions, 1997.

Avis aux amateurs de dinosaures : ce livre leur en apprendra certainement plus sur la biologie moléculaire, la génétique et l'embryologie que sur leurs animaux favoris (bien que défunts). Avis aussi aux bricoleurs à qui les romans de Michael Crichton et les films de Steven Spielberg auraient pu donner l'envie de ressusciter un tyranosaure ou un stégosaure : ils sortiront sans doute découragés de la lecture de ce livre. Les auteurs y prennent, en effet, un malin plaisir à décortiquer les manipulations scientifiques qui permettent aux biologistes brillants, mais quelque peu imprudents, de *Jurassic Park* de faire revivre des dinosaures, avec les conséquences que l'on sait (dans *Le monde perdu*, qui constitue la suite de *Jurassic Park*, il n'y a plus guère de science, au moins dans la version cinématographique : les dinosaures sont là pour dévorer tout ce qui passe à leur portée, et peu importe comment ils ont été fabriqués).

Dans un sens, ce livre est un tribut à l'imagination de M. Crichton et à son

souci de vraisemblance : il est rare que l'on prenne le temps de consacrer un livre à la plausibilité des «ficelles» d'un ouvrage de science-fiction. Qui se soucie vraiment de savoir comment fonctionnent les soucoupes volantes d'*Independence Day* ou de tous ses pré-décèsseurs, et s'il est possible de fabriquer de tels engins ? L'argument de *Jurassic Park* a davantage fait réfléchir, sans doute parce qu'il touche à une des grandes peurs de notre temps, celle des manipulations génétiques (Dolly, la brebis clonée, parce qu'elle est bien réelle, a fait certainement plus peur à certains que les dinosaures ravageurs de M. Crichton et de S. Spielberg).

Tout paléontologue qui a eu à commenter le film de S. Spielberg s'est vu poser la question : peut-on vraiment faire revivre des dinosaures à partir d'ADN fossile ? Le livre de Rob DeSalle et David Lindley devrait rassurer les plus timorés face au génie génétique. Avec sérieux, mais non sans humour, ils reprennent tout le processus, de la récolte d'insectes conservés dans l'ambre jusqu'à l'éclosion des dinosaures et leur installation dans le Parc jurassique, afin de montrer à quel point chaque étape est semée d'embûches quasi infranchissables. Même si, fort prudemment, ils ne se prononcent pas sur ce qui sera peut-être possible dans une cinquantaine d'années, leur verdict paraît clair : la résurrection des dinosaures, ce n'est pas pour demain, d'autant que des résultats récents, postérieurs à la rédaction du livre, ont jeté des doutes sérieux sur la possibilité de conservation d'ADN au-delà de quelques milliers d'années.

Même si ce livre ne se conclut pas sur une note optimiste pour les bricoleurs de dinosaures potentiels, sa lecture est loin d'être un exercice stérile : on y apprend beaucoup sur la biologie moléculaire, le génie génétique et le développement embryonnaire, un peu moins sur la paléontologie. Les débats sur la responsabilité et l'éthique des chercheurs qui auraient été un peu hors sujet ont été évoqués en trois pages. Voici donc un livre original, d'une lecture assez agréable, et auquel les paléontologues pourront désormais renvoyer journalistes et curieux désireux de savoir si, oui ou non, on peut aujourd'hui faire revivre en chair et en os un dinosaure.

Eric BUFFETAUT

La liste de tous les livres reçus en service de presse par la rédaction de *Pour la Science* est donnée sur notre site Internet, à l'adresse : <http://www.pourlascience.com>