

tut doit s'adapter à des situations inédites : crise énergétique, politique agricole européenne, accords du GATT... M. Sébillotte montre que nous sommes aujourd'hui dans une ère nouvelle, où l'économie se mondialise et où la conscience de l'environnement se développe. C'est l'occasion de préciser et de développer quelques principes du travail agronomique : la créativité doit être mise en œuvre avec tous les acteurs sociaux, ce qui suppose une participation permanente des scientifiques à l'élaboration de la demande des partenaires sociaux.

Le citoyen se préoccupe de plus en plus de ses liens avec la nature, d'où son souci d'améliorer la qualité de son alimentation et de son milieu.

Ainsi la gestion du vivant, des productions agricoles, de l'environnement écologique, de l'espace rural et du développement régional sont actuellement des axes prioritaires, et l'INRA, fort de ses 3 500 chercheurs et techniciens, est certainement capable de relever ces défis. Avec son acronyme connu de tous, l'INRA s'est donné pour devise «pour la terre et les hommes».

Jacques d'AGUILAR

Paléontologie

La mort des dinosaures : l'hypothèse cosmique

Charles Frankel, éditions Masson, 1996

« Une grande énigme scientifique enfin résolue », annonce la quatrième de couverture de ce livre. Naturellement l'énigme est celle de la disparition, à la fin du Crétacé, des dinosaures et de bien d'autres espèces d'êtres vivants. La solution, le titre le dit, vient du cosmos : l'auteur est un fervent partisan de l'hypothèse selon laquelle c'est l'impact d'un gros objet extraterrestre, d'une dizaine de kilomètres de diamètre, qui provoqua, il y a 65 millions d'années, une catastrophe écologique mondiale, responsable elle-même de l'extinction en masse de cette époque. Le livre montre bien que l'impact en question, aujourd'hui, est plus qu'une hypothèse : les preuves accumulées depuis la proposition de M. et V. Alvarez, en 1980, ne laissent guère de place au doute, du moins pour ceux qui ne refusent pas *a priori* d'accepter

que des événements d'origine extraterrestre viennent parfois (peut-être même souvent) troubler le déroulement habituel de l'histoire de notre planète. Charles Frankel passe ces preuves en revue de façon claire et complète, rendant bien à César ce qui est à César (il est agréable que soit soulignée la contribution essentielle de deux chercheurs français, Robert Rocchia et Eric Robin, que les auteurs anglo-saxons qui traitent de la question ont trop tendance à négliger). Il consacre une bonne partie du livre à ce qui, à ses yeux, constitue la preuve définitive : la découverte du cratère d'impact de Chicxulub, au Yucatan, qui a l'âge et les dimensions adéquats pour expliquer les anomalies géochimiques et minéralogiques de la limite Crétacé-Tertiaire.

Le tout est présenté à la façon d'une enquête policière, ce qui rend le récit agréable à lire et met bien en évidence les tâtonnements, les rivalités, les hasards de la recherche scientifique. Il faudrait un volume bien plus épais pour examiner en détail les fascinants aspects psychologiques et sociologiques de cette révolution des sciences de la Terre qu'est le retour au catastrophisme, après un siècle et demi de règne sans partage du dogme uniformitariste, mais ce n'est pas le propos principal de ce livre, et les considérations sur la sociologie de la controverse entre catastrophistes et gradualistes, pour être assez brèves, n'en sont pas moins pertinentes dans l'ensemble.

Et les dinosaures, dans tout cela, serait-on cependant tenté de demander, en se souvenant du titre du livre ? Il faut admettre que les dinosaurophiles (et ils sont nombreux) resteront sur leur faim. L'auteur n'est pas un paléontologue, encore moins un spécialiste de dinosaures (il écorche régulièrement, et de façon variée, le mot «tyrannosaure», et son évocation des derniers dinosaures, restreinte à ceux du Crétacé supérieur de Provence, est fort sommaire). Il est clairement plus à l'aise lorsqu'il traite de géochimie ou de physique des impacts. Rien d'étonnant, dès lors, à ce que la partie qui porte sur les extinctions de la fin du Crétacé et traite des liens de causalité entre l'impact et ces extinctions ne soit pas la plus convaincante de l'ouvrage. À la décharge de Ch. Frankel, on conviendra volontiers que c'est là un des aspects qui restent le plus mal compris des événements de la fin du Crétacé. Maintenant que la réalité de l'impact ne paraît plus faire de doute (au point qu'elle est même acceptée par Vincent Courtillot, pourtant fervent partisan de l'hypothèse volcaniste), il reste en effet à démontrer que c'est bien cet événement qui est la cause première de l'extinction en masse.

Cela paraît extrêmement probable, voire évident, à Ch. Frankel, mais certains paléontologues, et non des moindres, poussés dans leurs retranchements, se déclarent aujourd'hui prêts à accepter la réalité de l'impact, mais lui nient une responsabilité importante dans les extinctions. Or, ce qui fait l'intérêt principal de l'impact de la fin du Crétacé, c'est bien son lien avec la fin des dinosaures et de nombre de leurs contemporains. Sans cette conséquence biologique majeure, l'impact n'a plus guère que l'intérêt d'expliquer une structure géologique curieuse sur la côte du Yucatan et un niveau repère stratigraphiquement utile à la limite Crétacé-Tertiaire.

Par la même occasion, les considérations développées par Ch. Frankel sur le rôle général des impacts dans l'histoire des extinctions (où il fait preuve d'un enthousiasme sans doute prématuré) et sur les dangers de telles collisions pour l'humanité seraient beaucoup moins pertinentes si l'impact de la fin du Crétacé n'avait pas eu d'effet sérieux sur la biosphère. On en revient ici à la sociologie de la recherche scientifique : nombre de paléontologues restent très réticents face au nouveau catastrophisme. Pourtant, c'est bien aux paléontologues que revient la tâche passionnante d'expliquer ce qui s'est vraiment produit dans le monde vivant, il y a 65 millions d'années, et comment l'impact de Chicxulub peut expliquer les phénomènes observés (en particulier la sélectivité des extinctions).

Les hypothèses proposées par les physiciens et les chimistes, si intéressantes qu'elles puissent être, doivent être passées au crible du test paléontologique. Pour y parvenir, il faut que les paléontologues qui étudient déjà sérieusement la question reçoivent le renfort de nombre de leurs collègues encore frileux vis-à-vis d'un phénomène qui remet pourtant leur discipline au cœur de la problématique des sciences de la Terre. Le livre de Ch. Frankel, même s'il souffre de quelques faiblesses dans le domaine paléontologique, fournit un bon état de la question en ce qui concerne les aspects géologiques et physico-chimiques de l'impact de la fin du Crétacé. Souhaitons qu'il contribue à convaincre les nombreux sceptiques qui demeurent, tant chez les chercheurs que dans le grand public – tout en gardant en mémoire la remarque désabusée de Max Planck : «Une nouvelle vérité scientifique ne s'impose pas parce que ses adversaires finissent par être convaincus et le déclarent, mais plutôt parce qu'ils disparaissent graduellement et que la génération montante est dès le départ familiarisée avec cette vérité.»

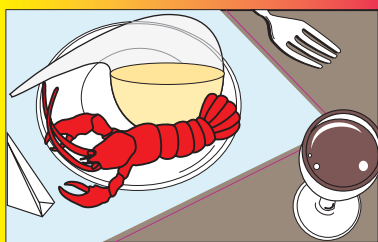
Eric BUFFETAUT

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 11 heures 44,
16 heures 21,
18 heures 14,
20 heures 12,
22 heures 21
et 0 heure 51



Les prochains
résultats présentés
dans la rubrique
Science et Gastronomie
seront annoncés sur
France Info
le 28 novembre 1996.



Informatique

L'ordinateur génétique

Jean-Louis Dessalles,
Éditions Hermès.

Le titre du livre de Jean-Louis Dessalles, paru aux éditions Hermès dans la nouvelle collection consacrée aux systèmes complexes, est déjà un avatar d'un algorithme génétique qui se serait appliqué aux deux concepts d'«ordinateur numérique» et d'«évolution génétique». Après croisement, on pouvait obtenir soit «évolution numérique», soit «ordinateur génétique». Il fallait un gagnant ; la raison aidant, le second rejeton a survécu. Toutefois le premier aurait tout aussi bien pu subsister, tant le discours tenu tout au long de l'ouvrage s'articule autour du thème de l'évolution artificielle.

Les techniques utilisées par les concepteurs d'algorithmes génétiques ont été présentées dans plusieurs numéros de *Pour la Science* (voir notamment *Les algorithmes génétiques*, par John Holland, septembre 1992). Disons seulement qu'ils sont généralement utilisés pour trouver par ordinateur de bonnes solutions à un problème sans qu'on donne initialement à la machine d'indication sur la direction où chercher.

Lorsque d'aventure le terme «Évolution» surgit dans une discussion, d'aucuns avancent leur dogme, d'autres leur Darwin ; J.-L. Dessalles, lui, sort son ordinateur et apporte des arguments de poids. Pourquoi les solutions trouvées par la nature sont-elles efficaces ? À propos d'un exemple qui revient tout au long du livre, sortir d'un labyrinthe, l'auteur considère un «génome», une séquence de chiffres binaires, qui code une marche à suivre (le «phénotype»). Puis il montre comment les mécanismes de croisement, de mutation et de sélection (par le temps mis pour sortir du labyrinthe, par exemple) conduisent à observer des évolutions numériques et à commenter des mécanismes évolutifs qui enterrent en une seule page la théorie du lamarckisme. Le balancement permanent entre la théorie darwinienne de l'Évolution et les observations du fonctionnement de l'algorithme génétique artificiel et de ses résultats donne à cet ouvrage tout son sel.

Le livre commence par une présentation du parallèle entre la programmation génétique et l'évolution naturelle, donnant sans pédanterie le cadre, le vocabulaire et les concepts qui seront manipulés ensuite. Simultanément il pose des questions capitales comme «À qui profite l'évo-

lution?» Ici pas d'argutie, seulement du factuel comme «regardez ce que donne mon programme». On voit alors, expérimentalement, qu'une mutation qui se propage est bonne pour la mutation elle-même, par exemple. Bien sûr, le livre de Richard Dawkins *Le gène égoïste* a donné cette conclusion depuis longtemps, mais J.-L. Dessalles arrive à la même conclusion de façon très simple, presque naïve, intuitive. On en vient à soupçonner que les algorithmes génétiques sont bien plus que des jouets que se sont inventés les informaticiens en mal de Nature.

Les chapitres suivants font entrer plus avant dans la technique des algorithmes génétiques : pourquoi les croisements sont nécessaires et sont plus qu'un gadget d'inspiration biologique, comment ils apparaissent chez les êtres vivants, des phénomènes de conjugaison chez les organismes unicellulaires à l'existence de la diploïdie des espèces qui présentent des sexes spécialisés. L'effet de balancement guide le choix des techniques à utiliser pour réaliser les opérations de croisement, par exemple. Les résultats expérimentaux sont alors analysés en termes d'efficacité de survie, et le terme prend alors une signification concrète immédiatement appropriable, même placé dans le cadre de l'évolution naturelle.

En invoquant toujours une légitimité qui lui semble fructueuse, tant au niveau biologique (schémas, gènes) qu'au niveau écologique (individus, espèces), J.-L. Dessalles cherche alors des techniques d'algorithmes génétiques artificiels indépendantes du problème posé. Il est amené à expliquer pourquoi les algorithmes génétiques peuvent être si aptes à résoudre des problèmes difficiles. Ces algorithmes sont particulièrement simples, puisqu'ils mélangent au hasard des gènes, des schémas. La réponse tient dans ce qu'il n'existe pas de dépendance, de corrélation, entre les différentes parties du génome et que l'algorithme va rechercher des solutions partielles en même temps en différents endroits du génome. Ce traitement parallèle intrinsèque de tous les schémas présents à un instant donné dans la population fait de l'algorithme génétique une machine à sélectionner des schémas et non des individus, même si les évaluations se font sur les individus. C'est cette propriété qui a conduit R. Dawkins à écrire que les individus d'une espèce vivante n'étaient que les enveloppes transitoires inventées par les gènes pour passer d'une génération à la suivante : les gènes sont égoïstes.

Les derniers chapitres poussent le bouchon encore plus loin : conservant l'exemple du labyrinthe, l'auteur présente les équilibres ponctués, ce phénomène qui a embarrassé le grand Darwin lui-

même et qui été théorisé récemment par Stephen Jay Gould et Niles Eldredge. L'explication devient soudainement limpide, à la lumière des expériences informatiques. Cette incursion dans les grands équilibres dynamiques permet d'aborder simplement la question : dans un processus d'évolution, qu'est-ce que l'optimalité ?

Enfin nous n'avons pas été déçu de trouver, en fin d'ouvrage, un examen des potentialités, encore à concrétiser, des algorithmes génétiques. Là encore, c'est un ultime exemple et une nouvelle expérience qui sont présentées : comment deux populations (mâles et femelles) peuvent-elles inventer un code de communication afin de mieux se reproduire ? L'invention de ce code est un fait, il n'a pas été mis dans l'algorithme par son concepteur. Quand bien même personne n'a encore conçu un algorithme tel que la fonction qui interprète le génome soit sous le contrôle du génome lui-même, on peut d'ores et déjà se dire : oui, un programme d'ordinateur est capable de nous surprendre !

Daniel COLLOBERT

Biochimie

Polyphénols 94

Éditions de l'INRA, 1995.

Les polyphénols sont des molécules plus familières qu'on ne le soupçonne : ce sont notamment les tanins, avec lesquels les tanneurs rendaient les peaux imputrescibles. Ils sont responsables de l'astringence du thé. Ils font la rudesse des vins jeunes et donnent du corps aux vins vieux.

Construits autour de six atomes de carbone disposés aux sommets d'un hexagone, comme le benzène, avec plusieurs groupes hydroxyles OH liés à certains de ces atomes de carbone, les polyphénols sont omniprésents dans le règne végétal. Protègent-ils les plantes en leur communiquant une astringence qui déplaît aux prédateurs ? C'est une des hypothèses répétitivement avancée dans la communauté des «polyphénolistes», ces biochimistes de tous bords qui se réunissent dans le cadre du Groupe polyphénol.

Groupe sans beaucoup d'équivalent : né à l'INRA en 1972, il a sa lettre, *Polyphénols actualités*, éditée par Augustin Scalbert, il a son président, élu tous les quatre ans (Raymond Brouillard, de l'Université de Strasbourg, vient de céder la place à Joseph Vercauteren, de la Faculté de pharmacie de Bordeaux). Il a ses publi-

cations. Il se réunit tous les deux ans (les XXVIII^{es} Journées internationales se sont tenues à Bordeaux du 15 au 18 juillet 1996), invitant les spécialistes du monde entier pour une rencontre dont les actes sont publiés par les éditions de l'INRA. Il assure des formations, des journées de transfert de technologie, regroupe des chimistes, des pharmaciens, des cosméticiens, des médecins : plus de 1 000 membres dans 30 pays !

Quel autre type de molécules suscite-t-il tant d'intérêt ? C'est que les polyphénols sont au centre de nombreux phénomènes et réactions d'intérêt industriel ou médical. Le «paradoxe français», qui stipule que les Français du Sud-Ouest sont relativement épargnés par les maladies cardio-vasculaires en dépit de leur alimentation très «contre-indiquée», et le régime méditerranéen, qui fait fureur aux États-Unis depuis que le paradoxe français a été reconnu, ont mis les tanins, abondants dans les vins du Sud-Ouest, au... goût du jour. De là à penser que ces molécules, souvent antioxydantes, pourraient protéger du vieillissement...

Cette nouvelle mode justifie certaines études rapportées dans *Polyphénols actualités*. Si le vin rouge tannique a un rôle cardioprotecteur, comment agit-il ? Les polyphénols initialement présents dans le vin évoluent, réagissent, mais comment ? Dans la dernière vingtaine d'années, les œnologues avaient éludé la question. La «fureur des polyphénols» a eu au moins le mérite de faire avancer les connaissances dans ce domaine.

On étudie ainsi le vieillissement de solutions modèles contenant des anthocyanes (les pigments des fruits) du raisin et de la (+) catéchine, tanin classique du vin : les auteurs observent les réactions qui modifient la couleur et le goût, caractérisant chimiquement les nouveaux composés formés. Dans la même veine, des chimistes italiens présentent un capteur enzymatique en phase organique pour la détermination des polyphénols de l'huile d'olive, également considérée comme bénéfique pour la santé : les chimistes utilisent une de ces enzymes qui transforme les polyphénols en quinones brunes à l'air, provoquant le noircissement des avocats, des pommes ou des champignons... La méthode permet d'étudier des huiles d'olive de diverses qualités : vierge, première pression, extravierge...

Enfin accessible à l'analyse chimique, la chimie des polyphénols se promet de donner des résultats remarquables. Il n'est pas démontré que ces molécules seront une fontaine de jouvence, mais leur étude donnera la clé de mystères du monde naturel : la constitution du liège, la couleur des fleurs...

Jean RICHERT

POUR LA SCIENCE

8, rue Férou 75278 PARIS CEDEX 06

POUR LA SCIENCE Directeur : Philippe Boulanger. Rédaction : Philippe Boulanger (Rédacteur en chef), Hervé This (Rédacteur en chef adjoint), Françoise Cinotti (Rédactrice - Secrétaire générale de la rédaction), Bénédicte Leclercq, Luc Allemand, Yann Esnault, Philippe Pajot. Secrétariat de Rédaction : Annie Tacquenot, Pascale Thiollier, Marion Aguttes. Direction Marketing et Publicité : Henri Gibelin, assisté de Séverine Merviel. Direction financière : Pierre Lecomte. Fabrication : Jérôme Jalabert, assisté de Delphine Savin. Directeur de la publication et Gérant : Olivier Brossollet.

Ont également collaboré à ce numéro : J.-Ch. Andrau, D. Capellen, S. Chabane, A. Costa, C. Cuvier, B. Debû, J. Fieschi, E. Gachet, A. Gavaud-Picquard, G. Guilbaud, F. Guillemette, L. Goujon, F. Hatton, E. Host-Platret, M. Lé, M. Levraut, N. Manaud, A. Masé, Dr. May-Levin, M.-N. Morin-Ganet, M.-Cl. Mouquet, Cl. Olivier, P. Pfeiffer, P. Potier, Dr. Raynal, H. Rochefort, I. Saillot, X. Sastre, S. Scholl, A. Syrota, J.-M. Vanacker.

SCIENTIFIC AMERICAN Editor : John Rennie. Board of editors : Michelle Press, Timothy Beardsley, Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, John Horgan, Kristin Leutwyler, Philip Morrison, Madhushree Mukerjee, Sacha Nemecek, Corey Powell, Ricki Rusting, David Schneider, Gary Stix, Paul Wallich, Philip Yam, Glenn Zorpette. Publisher : John Moeling. Chairman and Chief Executive Officer : John Hanley. Corporate Officers : John Moeling, Robert Biewen, Anthony Degutis.

PUBLICITÉ France

Chef de Publicité : Susan Mackie, assistée de Anne-Claire Ternois, 8 rue Férou 75278 Paris Cedex 06. Tél. (1) 46 34 21 42.

Télex : LIBELIN 202978F.

Télécopieur : 43 25 18 29

Étranger : John Moeling, 415 Madison Avenue, New York. N.Y. 10017 - Tél. (212) 754.02.62

SERVICE DE VENTE RÉSEAU NMPP

Henri Gibelin.

DIFFUSION DE LA BIBLIOTHÈQUE POUR LA SCIENCE

Canada : Modulo - 233, avenue Dunbar Mont-Royal, Québec, H3P 2H2 Canada

Suisse : GM Diffusion - Rue d'Etraz, 2 - CH 1027 Lonay

Autres pays : Éditions Belin - B.P. 205, 75264 Paris Cedex 06.

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 d'exploitation du droit de Copie (3, rue Hautefeuille - 75006 Paris). Nos lecteurs trouveront, en pages, centrales, un encart publicitaire Eppendorf et, en pages 18A, 18B, 138A et 138B, des bulletins d'abonnement.