

Astronomie

La vie sur Mars

Charles Frankel. Éditions du Seuil, 1999 (312 pages, 135 francs).

Dès l'Antiquité, l'homme hésite : la Terre est-elle immuable, au centre de l'Univers, entourée d'«ornements célestes», ou bien est-elle en orbite autour du Soleil, au même titre que les autres planètes ? L'Église catholique cautionne la première hypothèse, et tout dissident à la doctrine officielle de la création termine dans les flammes de l'Inquisition. Ainsi périt Giordano Bruno (1548-1600), prêtre italien, hérésiarque, qui s'est emparé des idées héliocentriques de Nicolas Copernic (1473-1543) et qui a proclamé que les différentes planètes pouvaient abriter la vie ; les étoiles sont autant de soleils, avec leurs planètes, leurs races, leurs cultures et leurs religions. Bernard de Fontenelle (1657-1757), dans ses *Entretiens sur la pluralité des mondes*, conçoit également des systèmes stellaires peuplés d'habitants, de plantes, d'animaux divers.

L'héliocentrisme l'emporte, alors que les lunettes astronomiques montrent les astres. En 1659, Christiaan Huygens (1629-1695) propose les premiers croquis de Mars, planète plus éloignée du Soleil que la Terre : il imagine un cli-

mat plus froid que le nôtre, et des habitants adaptés à cette rigueur.

Au XIX^e siècle, les spéculations sur la pluralité des mondes continuent, et Camille Flammarion (1842-1925) propose une exploration systématique des planètes, afin d'y rechercher la vie. Dans ce contexte, il n'est pas étonnant que Giovanni Schiaparelli (1835-1910), puis Percival Lowell (1855-1916) décrivent des chenaux ou des canaux sur Mars : une race extraterrestre serait-elle obligée de lutter contre la sécheresse pour conserver sa végétation et assurer son agriculture ?

Au XX^e siècle, les télescopes contredisent les intuitions de Lowell : les canaux n'étaient que des artefacts. En revanche, on observe des changements polaires saisonniers : une voile humide se déplacerait-il vers l'équateur, autorisant la reprise périodique de la végétation martienne ? La recherche d'une atmosphère devient prioritaire, mais les premiers résultats, décevants, font reculer l'hypothèse de la vie sur Mars.

Après beaucoup d'essais soviétiques et américains, c'est en 1965 que la sonde *Mariner 4* fournit enfin des renseignements partiels et peu encourageants sur la planète rouge : elle est deux fois plus petite que la Terre, et son atmosphère a une pression 100 fois inférieure à celle qui nous fait vivre. Les sondes suivantes donnent une couverture photographique plus complète, et la géologie martienne se révèle pleine de surprises. Tandis que les calottes glaciaires feuilletées recouvrent les pôles, l'hémisphère Sud se compose de vieux

terrains cratérisés, et l'hémisphère Nord de volcans géants, élevés ou plats qui reposent sur des plaines. Outre ces formations, on découvre un canyon long et profond, qui serait la preuve d'un effondrement du sol lors de la fonte de glaces souterraines. De plus, des formations typiques de bassins hydrographiques sont observables dans les deux hémisphères.

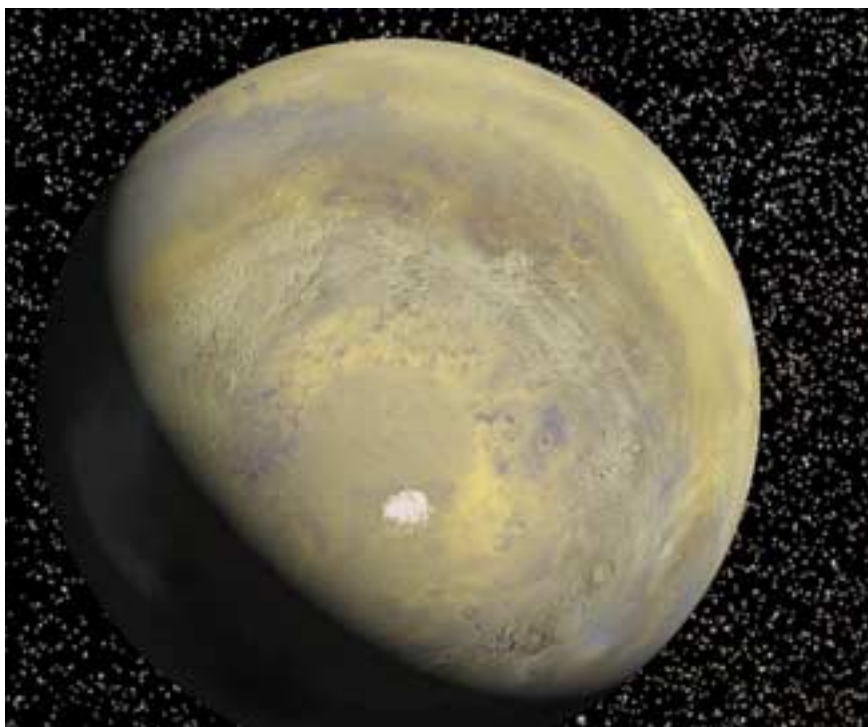
La température oscille entre -15 °C le jour et -80 °C la nuit, et l'atmosphère ténue comprend du dioxyde de carbone (95 pour cent), de l'azote (2,7 pour cent), de l'argon (1,6 pour cent), et des traces d'oxygène, de monoxyde de carbone et d'eau. Cependant, dans un passé lointain, des variations climatiques ont existé, et il est raisonnable d'envisager une atmosphère plus chaude et plus dense, favorable à la vie.

Ainsi la recherche de la vie sur Mars ne repose plus sur l'existence d'intelligences extraterrestres avec lesquelles on chercherait à communiquer, mais sur la compréhension d'un passé géologique, climatique et chimique qui pourrait avoir favorisé l'apparition de la vie. Les recherches sur les milieux extrêmes terrestres, telles les sources hydrothermales ou les glaces de l'Antarctique, nous autorisent à étudier, sur d'autres planètes que la Terre, des mécanismes prébiotiques, puis biotiques.

C'est une météorite martienne découverte le 27 décembre 1984 en Antarctique, ALH 84001, qui relance un débat passionné et justifie de nouveaux espoirs. On connaît bien l'histoire de cette pierre de deux kilogrammes : elle est née avec la planète dans le magma en fusion, il y a 4,5 milliards d'années, à plus de 100 mètres de profondeur, a subi des chocs qui l'ont zébrée il y a quatre milliards d'années, des fluides chauds ont circulé dans les stries, déposant des carbonates, il y a 3,6 milliards d'années. C'est à cette époque que la vie aurait pu apparaître. Puis la planète a perdu son atmosphère, la pierre est restée congelée durant trois milliards d'années, avant d'être éjectée dans l'espace ; après un séjour de quelque 15 millions d'années, elle serait arrivée sur la Terre il y a 13 000 ans. L'analyse de la roche a montré des particularités surprenantes : des globules de carbonates avec, en surface, des larmes de magnétite et des microformes qui font penser à de très petites bactéries.

Ces caractéristiques, sans constituer des preuves absolues, permettraient d'envisager une activité biologique. Les indices discutés depuis des années incitent partisans et adversaires de la vie sur Mars à considérer l'exploration de la planète comme essentielle.

En 1997, le remarquable petit robot *Sojourner* a roulé sur le sol martien et



La planète Mars.

exploré une plaine d'inondation. Sur le site, il a montré des rochers qui avaient été violemment charriés il y a un milliard d'années. Toujours pas de trace de vie à la surface de la planète... mais en profondeur ?

À la recherche d'un site approprié pour la recherche d'une vie profonde, on envisage des vols habités, qui déposeraient sur la planète rouge tout le matériel nécessaire à ces missions humaines de longue durée. Outre la recherche de la vie, les prospections concerneraient les ressources minérales : la planète est jugée colonisable, le sol fertile. On envisage d'enrichir l'atmosphère et de la réchauffer («terraformage»). Quand l'effet de serre sera enclenché, la température et la pression augmentées, les calottes polaires fourniront de l'eau, et du dioxyde de carbone s'échappera du sol. On parle d'un millénaire pour que l'homme vive sur Mars...

Ainsi, de la recherche de nos origines à l'exploration d'autres planètes, les questions essentielles demeurent, mais la science, faite de propositions audacieuses et d'expérimentations novatrices, nourrit le rêve. Le livre de Charles Frankel est une brillante réussite. Vulgarisation scientifique bien maîtrisée, documentation actualisée, objectivité : il ne bascule jamais dans le sensationnel. De cette histoire passionnante, le lecteur éprouve le besoin impérieux de connaître la suite.

Michèle FEBVRE

Biologie

La sculpture du vivant

Jean-Claude Ameisen. Éditions du Seuil, 1999 (340 pages, 145 francs).

La mort cellulaire programmée, aussi nommée apoptose, est aujourd'hui l'un des phénomènes les plus étudiés par la recherche biomédicale : plus de 10 000 articles concernant l'apoptose ont été publiés dans des revues scientifiques, en 1999 seulement.

La mort des cellules était connue, depuis le ^{xix}^e siècle, comme un processus de sculpture du corps au cours du développement embryonnaire, mais la recherche biologique du ^{xx}^e siècle s'est concentrée, pendant plusieurs décennies, sur la multiplication et la différenciation des cellules, négligeant la mort de ces dernières comme phénomène structurant. C'est seulement en 1972 qu'a été redécouverte la mort cellulaire et que le mot

«apoptose» est apparu ; à partir de cette date, la biologie, la science du vivant, se penche sur les mécanismes moléculaires de la mort des cellules au cours des processus physiologiques (reproduction, développement, homéostasie de l'organisme adulte, vieillissement) et décrit les nombreuses situations où des cellules superflues, âgées, endommagées ou placées en dehors de leur contexte habituel, disparaissent par apoptose.

On doit évidemment vaincre une petite résistance intuitive pour concevoir que, dans notre organisme, des millions de cellules meurent chaque seconde, que cette mort massive sculpte inlassablement notre corps, que son bon déroulement, sans excès et sans oubli, est même indispensable à notre survie. Concept plus surprenant encore, les cellules ne sont pas assassinées par leurs voisines, mais contribuent activement à leur mort : elles s'autodétruisent ou, pour utiliser une expression anthropomorphe, «se suicident».

Dans cet ouvrage qui porte le sous-titre «Le suicide cellulaire ou la mort créatrice», Jean-Claude Ameisen conte avec un style parfois lyrique, adapté à la dimension philosophique de la question, l'importance du suicide cellulaire pour la physiologie et la physiopathologie des organismes supérieurs. Il donne une vision intégrée des étapes qui ont contribué à l'explosion de ces champs de recherche, tout en procurant suffisamment d'informations de base pour que le livre soit lisible par un assez large public, notamment les étudiants des facultés des sciences ou de médecine. Je regrette l'absence de schémas, de graphiques et de références bibliographiques qui, du texte, permettraient de remonter à la source des informations données, mais je dois admettre que ce texte, le premier dans son genre en langue française, a le mérite de rendre concevable l'idée de la mort (et du suicide) des cellules comme partie intégrante de la vie.

L'auteur n'hésite pas à soulever les très grandes questions philosophiques et pratiques liées à l'apoptose ; il les aborde d'une manière claire, souvent à l'aide de métaphores simples. Ainsi une grande partie du livre est consacrée aux mécanismes de régulation de la mort, de sa programmation intrinsèque et extrinsèque, de la destruction enzymatique de la cellule, du ramassage des dépouilles cellulaires au sein de l'organisme, et de l'implication de la mort cellulaire dans les pathologies et dans le vieillissement.

Le livre se demande également pourquoi, pendant l'évolution, des structures vivantes ont acquis les mécanismes fins et régulés d'autodestruction qui permettent la mort des cellules, indispensables au fonctionnement des organismes pluri-



Cellule en apoptose au microscope électronique : sa membrane bourgeonne et son cytoplasme se divise en petits ballonnements.

cellulaires, les «sociétés des cellules». C'est dans les organismes pluricellulaires que l'absence d'apoptose, pendant l'embryogenèse, peut engendrer des malformations majeures ou, plus tard, contribuer à la prolifération incontrôlée, à l'immortalisation des cellules qui, normalement, s'élimineraient (cas du cancer).

Comment le vivant a-t-il inventé la mort en son sein ? La réponse est complexe, puisqu'elle demande une réflexion inductive, non vérifiable au laboratoire (l'évolution ne se récapitule pas dans un tube à essai) : la démarche doit être plus philosophique que scientifique («scientifique» au sens de Karl Popper, qui revendique la possibilité d'invalidation expérimentale). Néanmoins, J.-C. Ameisen a le mérite d'ébaucher un scénario qui rend plausible l'invention de la mort. Il part d'un constat : même si, intuitivement, l'apoptose n'a qu'un sens dans les organismes pluricellulaires (où le sacrifice «altruiste» de certaines cellules s'effectue au profit de la collectivité) et n'a pas d'utilité dans les organismes unicellulaires (qui, *a priori*, n'ont pas besoin de comportements altruistes), il apparaît que certains êtres unicellulaires eucaryotes, lorsqu'ils meurent, par exemple dans des conditions de culture défavorables, présentent des altérations biochimiques et morphologiques qui ressemblent à l'apoptose des cellules humaines.

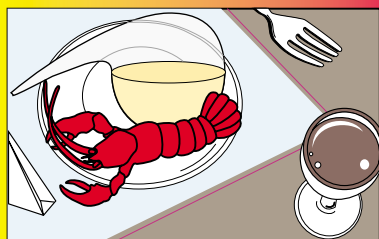
Le programme officiel de la mort pourrait donc avoir été développé par des bactéries (dont des colonies ont parfois un comportement social, y compris la mort «altruiste») ; l'incorporation symbiotique de celles-ci, sous la forme de mitochondries, dans les cellules eucaryotes primitives unicellulaires (les précurseurs des organismes pluricellulaires) constituerait l'élément fondateur de la mort programmée, d'abord dans les eucaryotes unicellulaires, puis dans leurs dérivés pluricellulaires. L'auteur propose également une autre solution, sans exclure la première : le suicide des cellules pourrait être l'expression extrême de réactions cataboliques qui résulteraient de l'inversion de

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 28 février 2000.



réactions biochimiques bâtisseuses, et la mort serait un simple sous-produit de la vie. L'énigme est servie.

Telles sont les grandes contradictions qui opposent vie et mort des cellules, individualisme et altruisme, santé et vieillissement, normal et pathologique, et qui sont habilement esquissées dans ce livre, dont la lecture profitera notamment aux non-spécialistes.

Guido KROEMER

Entomologie

Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord (nouvelle édition)

J. d'Aguilar et J.-L. Dommangeat.
Éditions Delachaux et Niestlé, 1998.

La première édition du *Guide des libellules*, parue en 1985, avait obtenu un très vif succès auprès des naturalistes, car, depuis des années déjà, le très fameux livre de M. Robert, *Les libellules* (1958), était épuisé et celui de M. Aguesse, *Les odonates de l'Europe occidentale...*, de dix ans son cadet, s'adressait à un public beaucoup plus spécialisé. Une quinzaine d'années après, il était temps que ce livre soit réédité dans la collection des *Guides du naturaliste*, elle-même remise au «goût du jour».

L'ouvrage est découpé en deux grandes parties : le texte, réservé aux généralités et à la description des espèces, et l'illustration (planches en couleur et cartes de répartition). Les généralités, comprenant tout ce qu'il faut savoir de la biologie des libellules actuelles, ont fait l'objet d'additions et de modifications qui concernent essentiellement l'écologie (aspect de la vie des odonates, ou libellules, qui a fait le plus de progrès ces dernières années), la conservation des milieux et, surtout, les réglementations régionales ou nationales relatives au prélèvement de ces insectes, certains pays allant jusqu'à interdire toute collecte.

Les chapitres concernant la récolte et l'élevage ont également été modifiés. Si les clés d'identification ont subi peu de changements dans leur contenu, leur illustration a toutefois été augmentée pour les larves ; en revanche, elles paraissent moins lisibles que dans la précédente édition. Il reste un regret, que nous faisons déjà pour l'édition précédente : l'absence de clés d'identification pour les espèces, au moins pour les adultes.

La faune de l'Europe comprend actuellement 137 espèces et environ 37 sous-espèces. Le nombre des espèces a augmenté (sept ou huit espèces selon la lecture que l'on fait de l'édition précédente), suivant en cela les données nouvelles de la systématique et de la biogéographie. Les additions les plus conséquentes concernent les genres *Boyeria*, avec son espèce *cretensis* endémique de Crète, et *Cordulegaster*, dont les représentants sont de très grande taille ; ainsi deux espèces font leur entrée dans le *Guide*, soit qu'elles aient été confondues, soit que leur statut ait changé. Cinq autres espèces, en limite de leur répartition géographique ou dont nous connaissons mieux la répartition, sont maintenant considérées comme faisant partie de la faune européenne. Ce sont : *Ischnura hastata*, aux Açores ; *Macromia amphigena fraenata*, dans l'extrême Est de la région considérée ; *Acisoma panorpoides ascalaphoides*, également très localisée (Algérie orientale) ; *Orthetrum taeniolatum* (Moyen-Orient) ; *Rhyothemis semihyalina*, déjà signalée dans l'édition précédente, présente dans la péninsule Arabique et dont les populations d'Algérie et d'Israël auraient disparu ; *Trithemis festiva*, au Moyen-Orient.

La nomenclature a suivi les quelques changements proposés par les systématiciens. Chaque espèce donne lieu à une petite monographie où est résumé tout ce qu'il en est aujourd'hui connu : les synonymes, les noms vernaculaires, les caractères permettant de les identifier, les variations spécifiques, les formes infraspécifiques quand il en existe, les habitats, les mœurs et une nouvelle rubrique fort utile traitant des espèces ressemblantes. Les espèces présentes en France, au nombre de 85, sont repérées par un petit pictogramme, suivant leur nom, représentant notre pays. Les regrets concernant cette partie ont trait, comme pour l'édition précédente, à l'iconographie, qui est insuffisante ou inutilisable pour identifier les espèces (la plupart des figures étant de la taille du timbre-poste).

La partie centrale de l'ouvrage réservée aux planches en couleur a été augmentée par de très belles photographies. De nombreuses espèces protégées en Europe et en Île-de-France sont photographiées. Les magnifiques planches de René Préchac ont pour la plupart été conservées, sauf celle illustrant les *Cordulegaster*, qui a été remplacée par deux pages de belles photographies, trop petites néanmoins pour que les caractères propres à chaque espèce soient bien visibles. Les cartes de répartition, fort utiles pour avoir une vision synthétique de la répartition des espèces, sont