

adultes, qui, à de rares exceptions près, appartiennent à leurs colonies, de la naissance jusqu'à leur mort.

Cependant, certaines ouvrières agissent parfois contre l'intérêt de leur colonie. Elles tentent de se reproduire, mais leur projet échoue généralement, un peu comme il arrive que des conflits surviennent entre des gènes. En général, l'identification à leur colonie est la seule carte d'identité des fourmis, car elles forment des sociétés anonymes : au-delà de la distinction entre castes – celles des soldats et celles des reines –, les fourmis ouvrières ne se reconnaissent pas en tant qu'individus. Parce qu'elles font partie d'un superorganisme, la mort d'une ouvrière a peu d'importance, et leur engagement social sans faille est leur seule caractéristique.

L'exemple le plus stupéfiant d'allégeance à la colonie est celui de l'espèce *Linepithema humile*. Originnaire d'Argentine, elle s'est répandue dans de nombreuses autres régions du monde, transportée par des bateaux de marchandises. En Californie, elle forme une supercolonie qui s'étend de San Francisco jusqu'à la frontière mexicaine et pourrait rassembler des milliards d'individus, unis d'un bout à l'autre par la même identité « nationale ». Tous les mois, des millions de fourmis argentines meurent au cours des combats qui s'étirent sur des kilomètres autour de San Diego, où des affrontements ont lieu avec trois autres colonies dans des guerres qui durent peut-être depuis l'arrivée de l'espèce, il y a une centaine d'années.

Les équations de Lanchester s'appliquent parfaitement à ces combats. Les ouvrières argentines sont minuscules, constamment remplacées par des renforts inépuisables à mesure qu'elles périssent, et leur densité atteint plusieurs millions pour quelques centaines de mètres carrés. En surpassant largement en nombre toute espèce indigène qu'elles rencontrent, les supercolonies exercent un contrôle absolu du territoire, tuant tout concurrent qu'elles croisent.

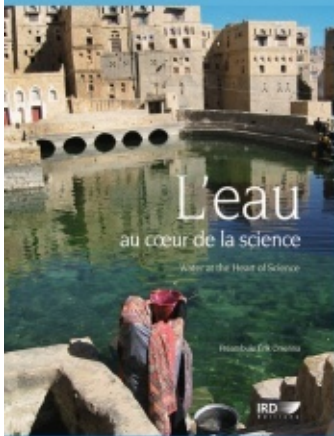
Qu'est-ce qui confère à ces fourmis argentines leur attitude implacable au combat ? Chez de nombreuses espèces de fourmis, mais cela est vrai pour l'homme aussi, après un conflit, le taux de mortalité baisse, car les deux parties s'établissent le long de frontières délimitant une zone neutre. Dans les plaines inondables, d'où sont originaires les fourmis argentines, les colonies en guerre doivent cependant interrompre le combat chaque fois que les eaux montent et les repoussent vers des terrains plus élevés. Pour autant, la guerre ne s'arrête jamais. Les affrontements continuent sans répit, décennie après décennie.

L'expansion agressive des supercolonies de fourmis rappelle comment des superpuissances coloniales humaines ont autrefois éradiqué des groupes plus petits, des Amérindiens aux Aborigènes d'Australie. Heureusement, les hommes ne constituent pas des supercolonies de fourmis : notre allégeance peut basculer au fil du temps, pour accueillir des immigrants, permettant à différentes nations de fusionner. Bien que la guerre soit peut-être inéluctable chez bon nombre de fourmis, pour nous, elle devrait être évitable. ■



Institut de recherche pour le développement

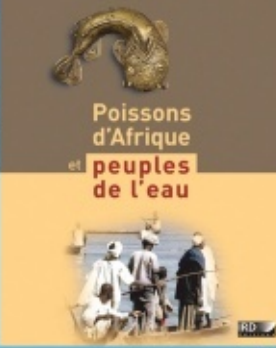
Un éditeur pour le développement



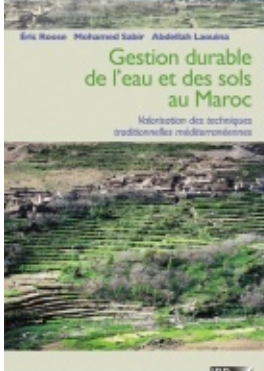
L'eau
au cœur de la science
Water at the Heart of Science
160 p., 138 photos, 35 €
978-2-7099-1723-0



Poissons d'Afrique et peuples de l'eau
D. PAUGY, C. LEVEQUE, I. MOUAS
320 p., 600 photos, 48 €
978-2-7099-1711-7



Poissons d'Afrique et peuples de l'eau
DIDER PAUGY - CHRISTIAN LEVEQUE - ISABELLE MOUAS



Gestion durable de l'eau et des sols au Maroc
Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes
É. ROOSE, M. SABIR, A. LAQUINA
344 p., 46 €
978-2-7099-1683-7



La Sierra Madre occidentale
Un château d'eau menacé
L. DESCHOUX et al.
328 p., 42 €
978-2-7099-1582-0



La Sierra Madre occidentale
Un château d'eau menacé
L. DESCHOUX et al.

Diffusion libraires : Eyrolles/Géodif
Vente par correspondance : IRD Diffusion
32, av. Varagnat - F 93143 Bondy cedex
Tél : 01 48 02 56 49 Fax : 01 48 02 79 09
diffusion@ird.fr
www.ird.fr

HISTOIRE DES SCIENCES

Comment Newton a inspiré la biologie

Au XVIII^e siècle, nombre de naturalistes ont invoqué Dieu pour expliquer le vivant et son origine. Peu à peu, l'histoire naturelle s'est affranchie de ces idées grâce à des arguments inspirés de la physique newtonienne.

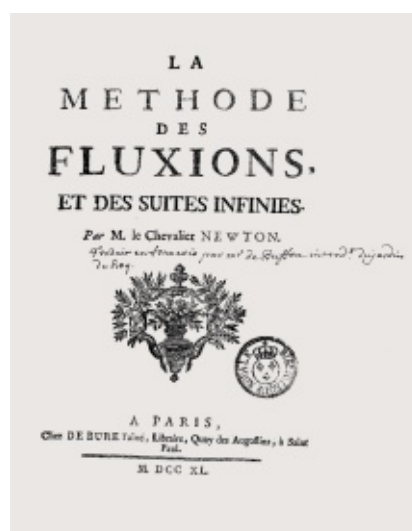
Pascal Charbonnat

Lorsque l'on s'interroge sur les apports de Newton à la science, viennent immédiatement à l'esprit ses lois de la mécanique, sa théorie de la gravitation ou son calcul infinitésimal, et les révolutions que ces concepts ont entraînées dans l'étude des phénomènes physiques. Néanmoins, la physique et les mathématiques ne furent pas les seuls domaines influencés par l'œuvre de Newton. Comme tant d'autres savants et philosophes, nombre de naturalistes du XVIII^e siècle ont été marqués par ses idées.

En France, Pierre Louis Moreau de Maupertuis et Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon, ont été parmi ses premiers défenseurs. Ils ont retenu de lui plusieurs concepts physiques et, surtout, un certain modèle de scientificité, qui s'est reproduit dans leur histoire naturelle et s'est propagé chez leurs disciples durant la seconde moitié du XVIII^e siècle. Ce legs newtonien semble avoir été décisif au cours du mouvement qui a conduit à la naissance de la biologie, au début du XIX^e siècle. À travers quelques exemples, nous allons voir que cette « physicalisation » de l'ancienne histoire naturelle a participé à l'élaboration de la biologie, en tant que science ayant le vivant comme objet spécifique et autonome, libéré de la tutelle théologique.

Au milieu du XVIII^e siècle, les naturalistes sont divisés sur la génération des êtres vivants. D'un côté, les partisans de la préexistence des germes invoquent une providence divine. Réaumur, par exemple, soutient que l'organisation des êtres vivants ne peut être que le fruit de l'intelligence

divine, qui a façonné chacun d'eux sous la forme d'un germe, lequel n'aura plus qu'à croître une fois libéré dans la nature. De l'autre, des naturalistes mécanistes rejettent catégoriquement l'intervention divine et recherchent une explication physique au phénomène. Buffon est de ceux-là. Selon sa théorie, dite des moules organiques, le corps d'un être vivant est une sorte de moule à partir duquel les molécules ingérées prennent la forme de ce corps. L'être se structure ainsi grâce à la nutrition et à la reproduction.



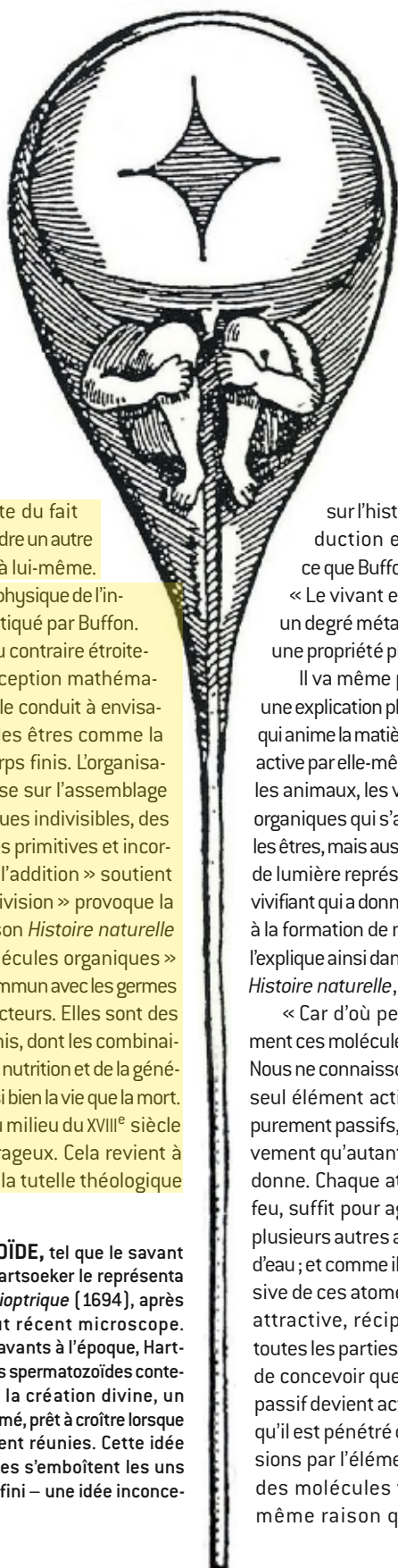
1. LA MÉTHODE DES FLUXIONS et des suites infinies de Newton, traduite par Buffon (1740). Newton y utilise des sommes infinies pour calculer des aires. La notion d'infini mathématique qu'il y développe a montré à Buffon l'importance de distinguer l'infini, en tant qu'outil mathématique, de l'infini dans la réalité. En sciences naturelles, ce dernier n'existe pas...

La proximité de Buffon avec l'œuvre de Newton n'est sans doute pas pour rien dans l'élaboration de cette explication.

Buffon a étudié les mathématiques à Angers à la fin des années 1720, et rédigé un mémoire sur le calcul infinitésimal en 1733 pour l'Académie des sciences. En 1740, il a traduit *La méthode des fluxions et des suites infinies* de Newton, dont il a retenu la critique de l'infini ontologique, c'est-à-dire de la transposition du concept d'infini au monde extérieur. Pour Buffon, la notion d'infini est un « retranchement » ou une « privation » de l'idée du fini (l'in-fini), et n'a pas d'objet réel. Elle est utile sur le plan de la méthode en tant que pur objet mathématique pour simplifier ou généraliser certains résultats, mais n'a aucune réalité tangible.

L'infini newtonien : un argument contre la préexistence des êtres

Cet infini mathématisé reçu de Newton a une conséquence importante sur l'histoire naturelle. Comme les objets d'étude de l'histoire naturelle sont tous des corps particuliers, il n'est nul besoin d'invoquer l'infini pour les décrire. Les naturalistes partisans de la préexistence des germes sont ainsi récusés. En effet, en imaginant que tous les germes d'êtres vivants existent depuis la création, ils supposent que Dieu, au moment de la création, les a disposés les uns dans les autres dans un emboîtement à l'infini. Autrement dit, ils font exister l'infini dans chaque être vivant



pour rendre compte du fait qu'un individu engendre un autre individu semblable à lui-même.

Cet usage métaphysique de l'infini est vivement critiqué par Buffon. Son approche est au contraire étroitement liée à sa conception mathématique de l'infini, qui le conduit à envisager la génération des êtres comme la combinaison de corps finis. L'organisation des êtres repose sur l'assemblage d'éléments organiques indivisibles, des « parties organiques primitives et incorruptibles », dont « l'addition » soutient la vie et dont la « division » provoque la mort, écrit-il dans son *Histoire naturelle* en 1749. Ces « molécules organiques » n'ont pas de point commun avec les germes infinis de ses détracteurs. Elles sont des objets physiques finis, dont les combinaisons, fonctions de la nutrition et de la génération, donnent aussi bien la vie que la mort.

Affirmer cela au milieu du XVIII^e siècle en France est courageux. Cela revient à demander la fin de la tutelle théologique

2. UN SPERMATOZOÏDE, tel que le savant hollandais Nicolas Hartsoeker le représente dans son *Essay de dioptrique* [1694], après observation au tout récent microscope. Comme nombre de savants à l'époque, Hartsoeker pensait que les spermatozoïdes contenaient déjà, depuis la création divine, un minuscule être préformé, prêt à croître lorsque les conditions seraient réunies. Cette idée implique que les êtres s'emboîtent les uns dans les autres à l'infini – une idée inconcevable pour Buffon.

sur l'histoire naturelle par sa traduction en termes physiques, ce que Buffon énonce ouvertement : « Le vivant et l'animé, au lieu d'être un degré métaphysique des êtres, est une propriété physique de la matière. »

Il va même plus loin en fournissant une explication physique du principe actif qui anime la matière. Pour lui, toute matière active par elle-même est « matière vive » : les animaux, les végétaux, les molécules organiques qui s'assemblent pour former les êtres, mais aussi la lumière. Les atomes de lumière représentent même l'élément vivifiant qui a donné l'impulsion nécessaire à la formation de molécules organiques. Il l'explique ainsi dans un supplément de son *Histoire naturelle*, en 1777 :

« Car d'où peuvent venir primitivement ces molécules organiques vivantes ! Nous ne connaissons dans la nature qu'un seul élément actif, les trois autres sont purement passifs, et ne prennent de mouvement qu'autant que le premier leur en donne. Chaque atome de lumière ou de feu, suffit pour agiter et pénétrer un ou plusieurs autres atomes d'air, de terre ou d'eau ; et comme il se joint à la force impulsive de ces atomes de chaleur une force attractive, réciproque et commune à toutes les parties de la matière, il est aisé de concevoir que chaque atome brut et passif devient actif et vivant au moment qu'il est pénétré dans toutes ses dimensions par l'élément vivifiant, le nombre des molécules vivantes est donc en même raison que celui des émana-

tions de cette chaleur douce, qu'on doit regarder comme l'élément primitif de la vie. »

Ainsi, pour Buffon, les atomes de lumière n'auraient rien pu faire sans la « force attractive » propre à toute matière. L'héritage newtonien est évident. Non seulement Buffon se réfère à l'attraction et à une entité physique (la lumière), mais, surtout, il conçoit la quantité des molécules organiques en fonction de la quantité des atomes de lumière. Autrement dit, il renvoie à une possible mise en équation des objets de l'histoire naturelle. Les êtres vivants ne sont plus ces objets mystérieux, irréductibles, expliqués par une organisation créée et infinie. Ils sont voués au même traitement mathématique que les corps passifs.

La génération spontanée... contre le divin

Paradoxalement, l'idée qu'une partie des êtres vivants sont produits par génération spontanée, qui a connu un grand succès dans la seconde moitié du XVIII^e siècle, semble elle aussi être née de cette volonté de s'affranchir d'une explication divine. À partir des années 1760, pour éviter de recourir à une intervention divine, tous les naturalistes influencés par Buffon supposent par exemple que de minuscules organismes vivants – des animalcules – peuvent apparaître spontanément dans des infusions de farine dans de l'eau (voir l'encadré page 83). Que représente ce