

Le
Beau Livre
de la
Biologie

MICHAEL C. GERALD



Michael C. Gerald, docteur ès sciences, est professeur émérite de pharmacologie à l'université du Connecticut, dont il a été doyen. Il avait auparavant été professeur de pharmacologie et doyen associé au département de pharmacie de l'université d'État de l'Ohio et consultant à l'Organisation mondiale de la santé à Genève. Ancien membre du Conseil d'administration de la Patient Access Network Foundation, il a écrit plus de cent articles et six livres, parmi lesquels *Le Beau Livre des Remèdes et des Médicaments* (Dunod), *The Poisonous Pen of Agatha Christie* (University of Texas Press) et *The Complete Idiot's Guide to Prescription Drugs* (Alpha). Il vit aux États-Unis dans le Connecticut, à Storrs Mansfield, avec son épouse et collaboratrice, Gloria.

Michael C. Gerald

Avec la collaboration de Gloria E. Gerald

Le Beau Livre de la Biologie

De l'origine de la vie
à la génomique

Traduit de l'anglais (États-Unis) par Julien Bambaggi

DUNOD

L'ouvrage original a été publié en anglais (États-Unis) en 2015
par Sterling Publishing Co., Inc., à New York.

Titre original :
The Biology Book : From the Origin of life to Epigenetics,
250 Milestones in the History of Biology
© 2015 Michael C. Gerald

Published by permission of Sterling Publishing Co., Inc., New York.
All Rights Reserved.

Révision scientifique de la traduction : Jean Foucrier

Maquette de couverture : Elizabeth Mihaltse

© Dunod, 2015 pour la traduction française
5 rue Laromiguière, 75005 Paris
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-072409-3

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

72409 - (I) - (6) - CREA 135° - NOC - MLN

Dépôt légal : octobre 2015

Imprimé en Espagne par Gráficas Estella, S.L.

*Ce livre est dédié à nos merveilleux enfants,
Marc Jonathan Gerald et Melissa Suzanne Gerald,
qui ont toute notre reconnaissance et amour
et dont la réussite nous rend immensément heureux et fiers.*

*À la mémoire de mon frère, Steven Gerald
et de nos parents, Tobias et Ruby Gerald, Hyman et Esther Gruber,
pour leur amour, encouragement et inspiration,
nous leur dédions aussi ce livre.*



Sommaire

~4 milliards d'années	L'origine de la vie	14	~8 000 ans av. J.-C.	Les récifs de corail	72
~3,9 milliards d'années	Le dernier ancêtre commun universel	16	~7 000 ans av. J.-C.	La culture du riz	74
~3,9 milliards d'années	Les procaryotes	18	~2600 av. J.-C.	Les momies	76
~2,5 milliards d'années	Les algues	20	~2350 av. J.-C.	L'orientation animale	78
~2 milliards d'années	Les eucaryotes	22	~400 av. J.-C.	Les quatre humeurs	80
~1,4 milliard d'années	Les champignons	24	~330 av. J.-C.	<i>Histoire des animaux</i> , d'Aristote	82
~570 millions d'années	Les arthropodes	26	~330 av. J.-C.	Les migrations animales	84
~530 millions d'années	Les poissons	28	~320 av. J.-C.	La botanique	86
~530 millions d'années	Le bulbe rachidien	30	77	<i>Histoire naturelle</i> , de Pline	88
~450 millions d'années	Les plantes terrestres	32	~180	L'appareil squelettique	90
~417 millions d'années	Le Dévonien	34	1242	La circulation pulmonaire	92
~400 millions d'années	Les insectes	36	1489	L'anatomie humaine de Léonard	94
~400 millions d'années	Plantes contre herbivores	38	1521	L'ouïe	96
~360 millions d'années	Les amphibiens	40	1543	<i>De humani corporis fabrica</i> , de Vésale	98
~350 millions d'années	Les graines du succès	42	1611	Le tabac	100
~320 millions d'années	Les reptiles	44	1614	Le métabolisme	102
~300 millions d'années	Les gymnospermes	46	1620	La méthode scientifique	104
~230 millions d'années	Les dinosaures	48	1628	<i>De motu cordis</i> , de Harvey	106
~200 millions d'années	Les mammifères	50	1637	La philosophie mécaniste de Descartes	108
~150 millions d'années	Les oiseaux	52	1651	Le placenta	110
~125 millions d'années	Les angiospermes	54	1652	Le système lymphatique	112
~65 millions d'années	Les primates	56	1658	Les cellules sanguines	114
~55 millions d'années	La forêt amazonienne	58	1668	Réfutation de la génération spontanée	116
~350 000 ans	L'Homme de Néandertal	60	1669	Le cycle du phosphore	118
~200 000 ans	L'Homme anatomiquement moderne	62	1670	Ergotisme et sorcellerie	120
~60 000 ans	Remèdes tirés des plantes	64	1674	Le monde microscopique de Leeuwenhoek	122
~11 000 ans av. J.-C.	Le blé : l'aliment de base	66	1677	Les spermatozoïdes	124
~10 000 ans av. J.-C.	L'agriculture	68	1717	La théorie des miasmes	126
~10 000 ans av. J.-C.	Les animaux domestiques	70			

1729	Les rythmes circadiens	128	1859	La théorie darwinienne de la sélection naturelle	194
1733	La pression artérielle	130	1859	Les interactions écologiques	196
1735	La classification des espèces de Linné	132	1859	Les espèces invasives	198
1741	Le liquide cérébro-spinal	134	1861	La localisation des fonctions cérébrales	200
1744	La régénération	136	1862	Le mimétisme biologique	202
1759	Les théories du développement embryonnaire	138	1866	Les lois de Mendel	204
1760	La sélection artificielle	140	1866	L'ontogenèse récapitule la phylogenèse	206
1786	L'électricité animale	142	1866	Hémoglobine et hémocyanine	208
1789	Les échanges gazeux	144	1869	L'acide désoxyribonucléique (ADN)	210
1791	La communication nerveuse	146	1871	La sélection sexuelle	212
1796	La paléontologie	148	1873	La coévolution	214
1788	Surpopulation et réserves alimentaires	150	1874	Inné et acquis	216
1809	L'hérédité lamarckienne	152	1875	La biosphère	218
1828	La théorie des feuilletés embryonnaires	154	1876	La méiose	220
1831	Le noyau cellulaire	156	1876	La biogéographie	222
1831	Darwin et le voyage du <i>Beagle</i>	158	1877	La biologie marine	224
1832	La loi sur l'anatomie de 1832	160	1878	Les enzymes	226
1833	La digestion chez l'Homme	162	1880	Le phototropisme	228
1836	Fossiles et évolution	164	1882	La mitose	230
1837	Cycle de l'azote et biologie végétale	166	1882	La thermoception	232
1838	La théorie cellulaire	168	1882	Le système immunitaire inné	234
1840	La nutrition végétale	170	1883	La théorie du plasma germinatif	236
1842	La formation de l'urine	172	1883	La théorie du plasma germinatif	236
1842	L'apoptose (la mort cellulaire programmée)	174	1883	L'eugénisme	238
1843	Les venins	176	1884	La coloration de Gram	240
1843	Homologie et analogie	178	1885	La rétroaction négative	242
1845	La photosynthèse	180	1890	Microbes et maladies	244
1848	Les isomères optiques	182	1890	La couleur des animaux	246
1849	La testostérone	184	1891	La théorie neuronale	248
1850	La trichromie	186	1892	Les endotoxines	250
1854	L'homéostasie	188	1896	Le réchauffement climatique	252
1856	Foie et métabolisme du glucose	190	1897	L'immunité adaptative	254
1857	La fermentation	192	1897	L'apprentissage par association	256
			1897	Les chaînes latérales d'Ehrlich	258

1898	Le parasite vecteur du paludisme	260	1929	La progestérone	328
1898	Les virus	262	1930	Osmorégulation chez les poissons	330
1899	Succession écologique	264	1931	La microscopie électronique	332
1899	La locomotion animale	266	1935	Empreinte	334
1900	Redécouverte de la génétique	268	1935	La croissance démographique	336
1900	Ovaires et reproduction	270	1936	Stress	338
1901	Les groupes sanguins	272	1936	L'allométrie	340
1902	Culture in vitro	274	1937	La biologie de l'évolution	342
1902	La première hormone découverte	276	1938	Le coelacanthé, surnommé le « fossile vivant »	344
1904	La dendrochronologie	278	1939	Potentiel d'action	346
1905	La coagulation sanguine	280	1941	Hypothèse un gène – une enzyme	348
1907	Datation radiométrique	282	1942	Espèce biologique et isolement reproductif	350
1907	Les probiotiques	284	1943	<i>Arabidopsis</i> : modèle végétal	352
1907	Pourquoi le cœur bat-il ?	286	1944	L'ADN, support de l'information génétique	354
1908	L'équilibre de Hardy-Weinberg	288	1945	La révolution verte	356
1910	Les gènes sur les chromosomes	290	1946	La génétique bactérienne	358
1911	Les virus cancérigènes	292	1949	Formation réticulée activatrice	360
1912	La dérive des continents	294	1950	La systématique phylogénétique	362
1912	Vitamines et bérubéri	296	1951	Les cellules immortelles HeLa	364
1912	Glande thyroïde et métamorphoses	298	1952	Clonage par transfert de noyau	366
1912	Cristallographie aux rayons X	300	1952	Le séquençage de l'insuline	368
1917	Les bactériophages	302	1952	Structures mathématiques du vivant	370
1919	Les biotechnologies	304	1952	Les plasmides	372
1920	Les neurotransmetteurs	306	1952	Les facteurs de croissance nerveuse	374
1921	L'insuline	308	1953	L'expérience de Miller-Urey	376
1923	Maladies héréditaires du métabolisme	310	1953	La double hélice	378
1924	L'induction embryonnaire	312	1953	Le sommeil paradoxal	380
1924	Les périodes de fertilité	314	1953	Tolérance immunologique acquise et transplantation d'organes	382
1925	Mitochondries et respiration cellulaire	316	1954	La contraction musculaire	384
1925	Le « Procès du singe »	318	1955	Les ribosomes	386
1925	Écologie des populations	320	1955	Les lysosomes	388
1927	Les réseaux trophiques	322			
1927	Insectes : le langage de la danse	324			
1928	Les antibiotiques	326			

1956	Test génétique prénatal	390	1974	Le métabolisme du cholestérol	450
1956	L'ADN polymérase	392	1974	Le goût	452
1956	Les seconds messagers	394	1975	Les anticorps monoclonaux	454
1957	Structures et repliement des protéines	396	1975	La sociobiologie	456
1957	La bioénergétique	398	1976	Les oncogènes	458
1958	Le « dogme » central de la biologie moléculaire	400	1977	La bio-informatique	460
1958	Bionique et cyborgs	402	1978	La fécondation in vitro (FIV)	462
1959	Les phéromones	404	1979	La bio-accumulation	464
1960	Équilibre énergétique	406	1980	Peut-on breveter le vivant ?	466
1960	Les chimpanzés utilisent des outils	408	1982	Les plantes génétiquement modifiées	468
1961	Sénescence cellulaire	410	1983	VIH et SIDA	470
1961	Déchiffrage du code génétique et synthèse des protéines	412	1983	Réaction de polymérisation en chaîne	472
1961	L'opéron, modèle de régulation génique	414	1984	L'empreinte génétique	474
1962	L'hypothèse du gène économe	416	1986	La génomique	476
1962	Printemps silencieux	418	1987	L'Ève mitochondriale	478
1963	Hybrides et zones hybrides	420	1987	La réduction de la couche d'ozone	480
1964	La latéralisation cérébrale	422	1990	Les domaines du vivant	482
1964	L'altruisme animal	424	1991	L'odorat	484
1966	Optimisation de l'approvisionnement alimentaire	426	1994	La leptine : l'hormone de satiété	486
1967	La résistance aux antibiotiques	428	2000	La couleur de la peau	488
1967	La théorie de l'endosymbiose	430	2003	Le projet génome humain	490
1968	Le modèle modal de la mémoire	432	2005	Taxinomie des protistes	492
1968	L'axe hypothalamo-hypophysaire	434	2006	Les cellules souches pluripotentes induites	494
1968	Approche systémique de la biologie	436	2009	Mutations virales et pandémies	496
1969	La détermination cellulaire	438	2010	L'explosion de la plateforme pétrolière Deepwater Horizon (BP)	498
1970	Le contrôle du cycle cellulaire	440	2011	La recherche translationnelle	500
1972	L'équilibre ponctué	442	2011	Du riz à l'albumine	502
1972	Le développement durable	444	2012	Le projet microbiome humain	504
1972	Investissement parental et sélection sexuelle	446	2012	L'épigénétique	506
1974	Lucy	448	2013	Le chancre du châtaignier	508
			2013	Résurrection d'une espèce éteinte	510
			2013	ADN fossile et évolution humaine	512

Introduction

Nos ancêtres, bien qu'ignorant l'écriture, ont cependant réalisé la première page de l'histoire de la biologie sitôt qu'ils eurent la pleine conscience de la distinction entre êtres vivants et objets inanimés. Plus tard, tout en chassant par jeu ou pour se procurer de la nourriture, ils surent identifier, au moins à un niveau superficiel, similitudes et différences entre les organismes vivants de leur environnement. Lorsqu'ils préparaient les repas, ces chasseurs devaient certainement remarquer comment les animaux étaient faits « de l'intérieur », mais il y a peu de raisons de penser que ressemblances et dissemblances aient piqué leur curiosité intellectuelle. Les forces surnaturelles jouaient un rôle bien plus important dans leur vie, réglant leur existence, leur procurant chance et enfants ou leur infligeant punitions, privations et maladies. Nos ancêtres espéraient peser sur ces décisions par des sacrifices, d'animaux ou d'êtres humains. Il y a quelque 12 000 ans, les hommes accédèrent à une plus grande maîtrise de leur environnement en cultivant des plantes qui pouvaient les nourrir et en domestiquant des animaux, particulièrement les chiens, pour les accompagner et les seconder.

Les premiers à étudier la biologie furent les guérisseurs, sorciers, hommes ou femmes médecins, ou encore chamanes : il s'agissait d'individus capables de soigner les maladies. Leur « thérapeutique » alliait remèdes à base de plantes, prières et supplications adressées aux forces surnaturelles mais aussi pratiques de guérison acquises par l'expérience – sans étude systématique. Aristote (384-322 av. J.-C.) fut l'un des plus grands parmi ces experts du vivant, hommes de science des temps anciens ; il examina méthodiquement les caractéristiques des animaux et des plantes, les répartit en catégories à partir d'observations minutieuses, d'analyses et d'interprétations d'où était absente toute explication surnaturelle. Il a partagé ses connaissances à travers pas moins de quatre ouvrages.

À la fin du XVII^e siècle, Leeuwenhoek – drapier de formation mais qui pratiquait la mise au point de lentilles en autodidacte et dont les lettres adressées aux sociétés scientifiques européennes étaient écrites dans sa langue natale, le néerlandais – découvrit un monde microscopique jusque-là inconnu, peuplé d'êtres vivants qui n'étaient ni plantes ni animaux. L'utilisation du microscope permit, dans les années 1830, à Schneider et Schwann d'identifier la cellule comme structure de base du vivant – de tout le vivant, végétal comme animal – de même que l'atome est l'unité de base de la chimie.

Avant le XIX^e siècle, l'étude du vivant s'appelait *histoire naturelle*. Il s'agissait avant tout de classer la diversité des plantes et des animaux, d'étudier l'anatomie et la physiologie de ces derniers. Les naturalistes utilisaient plutôt l'observation que les méthodes d'études

expérimentales. Tout a changé de façon spectaculaire au XIX^e siècle avec l'émergence rapide de l'étude systématique des organismes vivants et la description de leurs modes de fonctionnement. Les *sciences naturelles* ont cédé la place à la *biologie*, un mot nouveau. Les progrès de la chimie organique ont été appliqués à l'étude de la chimie des organismes vivants par les pionniers de la biochimie comme Claude Bernard. Ces études se sont poursuivies jusqu'à aujourd'hui de façon de plus en plus sophistiquée.

Quelques-unes des découvertes les plus importantes de la biologie ont peut-être eu lieu entre 1859 et 1868. En 1859, Charles Darwin a fait connaître sa théorie de la sélection naturelle, base de l'évolution. Cette dernière, désormais au centre de la biologie, a été utilisée pour expliquer à la fois l'unité et la diversité de *tous* les organismes vivants. La parution de l'ouvrage de Darwin, *Sur l'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle*, mit le monde scientifique en émoi, ce dernier remarquant à peine la publication des résultats de Gregor Mendel, un obscur prêtre tchèque, qui avait conduit ses recherches sur la taille des petits pois dans le jardin d'un monastère. Il fallut plus de trente ans pour que l'article de Mendel soit redécouvert et constitue l'acte fondateur d'une nouvelle science, la génétique. Il a fourni aussi les bases permettant d'expliquer les mutations conduisant à la sélection naturelle, mutations qui constituaient un mystère pour Darwin et ses compagnons et représentaient une pierre d'achoppement pour sa théorie de l'évolution. Depuis l'Antiquité, on pensait que les êtres vivants avaient des origines inanimées, plus précisément qu'ils apparaissaient par génération spontanée. Dans une expérience simple mais élégante, Louis Pasteur apporta des preuves convaincantes que les êtres vivants provenaient de formes de vie antérieures. Une question demeurait cependant : quelle est l'origine de la vie ?

Au XX^e siècle, des recherches fondamentales, toujours actuelles, ont porté sur le rôle des organites à l'intérieur des cellules et leur apport précis au fonctionnement de ces dernières. La découverte, en 1953, de la structure de l'ADN par James Watson et Frances Crick a été à l'origine d'une révolution dans la recherche en biologie en même temps que d'un engouement populaire pour les sciences qui ne s'est pas démenti. La recherche qui a suivi s'est efforcée d'expliquer comment les gènes, qui s'expriment à travers l'ADN, représentent la base moléculaire de l'hérédité, conduisent la synthèse des protéines et agissent sur notre santé. La manipulation de l'ADN et les biotechnologies sont devenues des outils modernes de grande valeur pour développer et transformer des médicaments innovants mais aussi les plantes et animaux de notre alimentation.

Aristote était un savant universel, dont les centres d'intérêt et les connaissances qu'il s'efforçait d'acquérir concernaient *tout* le savoir de son temps. Dès la fin du XIX^e siècle, l'étude de la biologie s'est diversifiée, ramifiée, exigeant des spécialistes qui soient des professionnels mettant toujours davantage l'accent sur l'expérimentation.

Les départements de biologie générale ou de zoologie et botanique se sont fragmentés en unités de biochimie, biologie moléculaire et cellulaire, anatomie et physiologie, microbiologie, biologie de l'évolution, génétique, écologie. Les principaux jalons de chacune de ces spécialités émaillent ce *Beau livre de la Biologie*.

Notre objectif, en rédigeant cet ouvrage, a été de donner un aperçu des 250 étapes parmi les plus importants de la biologie ; de faire que chaque entrée soit intelligible par tous les lecteurs, mais enrichisse aussi les connaissances de ceux qui possèdent une formation scientifique et leur apporte des pistes de réflexion. En quelques paragraphes, nous essayons de camper le contexte nécessaire sans pour autant contraindre le lecteur à se frayer un chemin à travers des discussions et des explications techniques. Chaque entrée est classée chronologiquement, est rédigée de façon scientifiquement rigoureuse, tout en restant accessible et attrayante, et peut être lue indépendamment des autres : le livre peut donc s'ouvrir et être lu à n'importe quelle page. Dans chaque entrée, on trouvera des renvois à d'autres entrées qui lui sont liées et détaillent certaines informations. Comme vous le verrez, les dates assignées à certaines entrées sont plus ou moins précises : les spécialistes ne sont pas toujours d'accord sur les dates, ni d'ailleurs sur la personne qui doit être créditée du thème de l'entrée.

La plupart des ouvrages universitaires de biologie ont plus de mille pages... Sur quels critères rationnels pouvait-on sélectionner seulement 250 thèmes ? Premier critère, le plus important, chaque étape devait représenter une avancée significative en son temps, mais aussi pour la suite, y compris jusqu'à aujourd'hui. Dans certains cas, il s'agit de découvertes qui reposent directement sur des découvertes antérieures qu'elles approfondissent : elles ont été facilement acceptées en leur temps. Dans d'autres, en particulier celles dont la nature révolutionnaire – au sens des changements de paradigme tels que les a décrits le philosophe des sciences Thomas Kuhn – les faisait s'écarter sensiblement des « vérités » admises jusque-là, ont été trop souvent accueillies par des tempêtes de sarcasmes, de critiques voire par une franche hostilité. Bien que cela aille à l'encontre de l'image de rationalité et d'objectivité auto-entretenu par les scientifiques, régulièrement, certains savants ont résisté et rejeté des idées nouvelles et novatrices pour des raisons politiques, philosophiques, économiques ou religieuses, parce que de telles idées allaient à l'encontre des idées traditionnelles, consacrées ou vénérées auxquelles ils adhéraient – ou, tout simplement, par ignorance. Mais, devant des preuves irréfutables, la communauté scientifique adopta les corrections apportées par André Vésale aux descriptions erronées de Galien du corps humain qui étaient enseignées aux étudiants en médecine depuis près de 1 500 ans. La preuve apportée par Robert Koch que des microbes – et non des forces surnaturelles ou un quelconque « mauvais air » – sont à l'origine des maladies infectieuses a représenté une autre victoire de la méthode scientifique qui a révolutionné la médecine.

Quelques-uns des plus grands scientifiques, indépendamment de leur discipline, ont fait des découvertes prodigieuses en biologie. Ce livre souligne leurs apports et, quand cela s'est avéré intéressant, dresse leur portrait. Songez au physiologiste reconnu dans le monde entier, lauréat du Prix Nobel, Ivan Pavlov, qui a établi un lien entre stimulation psychique et fonction digestive et fut toléré par le régime soviétique pendant les années 1920 et 1930 malgré son franc rejet du communisme ; ou à Otto Loewi, qui mit en évidence la transmission chimique des impulsions nerveuses et utilisa l'argent de son Prix Nobel pour acheter son départ hors d'Autriche après l'invasion de ce pays par les nazis. Il nous faut d'ailleurs confesser que la présence de quelques entrées est due à l'intéressante histoire qu'elles introduisent – et qui n'apprécierait pas une belle histoire ?

Les étapes qui jalonnent ce livre illustrent le propos d'Isaac Newton : « *Si j'ai pu voir plus loin, c'est que j'étais juché sur les épaules de géants* ». Nous nous sommes efforcés d'expliquer l'importance d'une découverte ou d'un concept en biologie d'un point de vue historique, en soulignant l'influence qu'a eue une découverte sur les chercheurs qui ont suivi et sur notre façon de penser actuelle. Nous serons comblés si les lecteurs du *Beau livre de la Biologie* ressortent avec une vision largement enrichie du monde vivant qui les entoure.

Remerciements

Nous voudrions exprimer toute notre gratitude à notre fille, Melissa Gerald, anthropobiologiste, pour ses suggestions qui se sont avérées déterminantes tout au long de la préparation de l'ouvrage. Notre fils, Marc Gerald, a joué un rôle décisif en nous introduisant auprès des éditions Sterling, par son apport professionnel et son soutien indéfectible. Christina Gerald n'a pas ménagé son soutien affectueux pendant la rédaction de l'ouvrage. Un remerciement particulier doit aller à Jon Ivans pour ses suggestions concernant le choix des entrées. Sans le travail de toute l'équipe technique et éditoriale de Sterling Publishing – en particulier de Melanie Madden, notre éditrice – et de Scott Calamar, de LightSpeed Publishing, ce livre n'aurait pas pu être réalisé. Qu'ils soient tous remerciés pour leur apport précieux.

L'origine de la vie

Louis Pasteur (1822-1895), J.B.S. Haldane (1892-1964),
Alexandre Oparine (1894-1980)

Les traces fossiles de micro-organismes montrent que la vie sur Terre est apparue très tôt, il y a 4 voire 4,2 milliards d'années. Mais de quelle manière cela s'est-il produit ? L'idée que la vie aurait pu naître de la matière inanimée (la génération spontanée) existait déjà dans la Grèce antique et ce n'est qu'en 1859 que Louis Pasteur en a montré le caractère erroné. Mais, d'une certaine manière, l'idée de génération spontanée est réapparue au milieu des années 1920, sous le nom d'*abiogenèse*. Le biochimiste russe Alexandre Oparine et le spécialiste en biologie évolutive britannique J.B.S. Haldane proposèrent, indépendamment l'un de l'autre, l'idée qu'existaient sur la Terre primitive des conditions très différentes de celles d'aujourd'hui qui permirent les réactions chimiques nécessaires à la synthèse de molécules organiques à partir d'éléments inorganiques. La plupart des théories sur l'origine de la vie s'appuient sur des concepts dérivés de l'hypothèse d'Oparine-Haldane.

Le processus d'abiogenèse, par lequel la vie émerge à partir de molécules organiques simples abiotiques (non vivantes) capables de se dupliquer, se produit en plusieurs étapes : de petites molécules organiques, comme les acides aminés et les bases azotées, sont synthétisées à partir du dioxyde de carbone et de l'azote présent dans l'atmosphère grâce à un apport d'énergie provenant d'un rayonnement solaire intense riche en ultraviolets. Elles se lient pour former des macromolécules, comme les protéines ou les acides nucléiques. Les macromolécules formées peuvent avoir été séquestrées dans des protocellules, vésicules précurseurs des cellules vivantes, et délimitées par une membrane en contrôlant les constituants chimiques internes. Pareilles conditions permettent la mise en place, le maintien et le renouvellement de réactions chimiques productrices et consommatrices d'énergie. Au final apparaît un acide ribonucléique (ARN), capable de s'autorépliquer, indispensable à la synthèse des protéines et pouvant réaliser les fonctions enzymatiques nécessaires à sa réplication. Les propriétés chimiques particulières de ces molécules d'ARN les rendent performantes pour s'autorépliquer et transmettre ces propriétés favorables à leurs molécules filles. C'est peut-être là le tout premier exemple de sélection naturelle.

VOIR AUSSI Les procaryotes (~ 3,9 milliards d'années), Les eucaryotes (~ 2 milliards d'années), Le métabolisme (1614), Réfutation de la génération spontanée (1668), Fossiles et évolution (1836), La théorie darwinienne de la sélection naturelle (1859), Les enzymes (1878), L'expérience de Miller-Urey (1953), Les domaines du vivant (1990).

La question de l'origine de la vie sur Terre représente un défi. Les conditions qui régnaient sur notre planète 600 millions d'années après sa formation étaient très différentes de celles d'aujourd'hui et ont conduit, à partir des matériaux présents dans l'atmosphère primordiale, à la formation de molécules organiques simples.



Le dernier ancêtre commun universel

Charles Darwin (1809-1882)

La théorie de l'Évolution de Charles Darwin postule que toute la vie sur Terre descend d'un ancêtre commun. Dans son ouvrage *De l'origine des espèces*, Darwin notait : « On devrait donc en déduire par analogie que tous les êtres organisés qui ont jamais vécu sur cette Terre descendent d'une seule forme primordiale en qui, la première, fut insufflée la vie ». Ce dernier ancêtre commun universel, LUCA (*Last Universal Common Ancestor*), n'était pas nécessairement le premier être vivant. Il était plus exactement l'ancêtre le plus ancien dont toutes les autres formes de vie actuelles, résultant d'une évolution qui s'est poursuivie durant environ 3,9 milliards d'années, ont hérité des caractéristiques génétiques qu'elles partagent. Les organismes vivants se répartissent en trois catégories : d'une part, les **eucaryotes**, qui comprennent les plantes, les animaux et les champignons, dont la ou les cellules possèdent un noyau, et, d'autre part, les bactéries (eubactéries) et les archées, organismes cellulaires sans noyau.

Cette recherche des caractéristiques qui servirait de base au concept même de LUCA s'est révélée semée d'embûches et controversée. Au départ, il était admis que LUCA était un agglomérat rudimentaire mais on pense aujourd'hui que c'était là une simplification outrancière. En 2010, une étude à grande échelle a été lancée pour tenter de définir les critères communs que devrait satisfaire tout prétendant au statut de dernier ancêtre commun.

On pense que LUCA était un organisme composé d'une seule cellule entourée d'une membrane lipidique. Dans tout le monde vivant, les informations génétiques sont codées dans l'**acide désoxyribonucléique (ADN)** et le code par lequel est permise la production d'**enzymes** et des autres protéines est quasi identique des bactéries aux humains. Cette traduction des informations génétiques fournit la base du concept de LUCA et il y a peu de chances que l'évolution du vivant se soit faite à partir de plusieurs ancêtres.

Une des plus grandes difficultés rencontrées dans l'identification de LUCA est liée au transfert de gènes. On a en effet montré que des gènes pouvaient passer d'un organisme à un autre, ce qui brouille les données. Il est donc difficile de se rendre compte si les caractéristiques que nous observons sont universelles ou proviennent de ces échanges.

VOIR AUSSI L'origine de la vie (~ 4 milliards d'années), Les procaryotes (~ 3,9 milliards d'années), Les eucaryotes (~ 2 milliards d'années), La théorie darwinienne de la sélection naturelle (1859), L'acide désoxyribonucléique (ADN) (1869), Les enzymes (1878), L'expérience de Miller-Urey (1953).

L'arbre de vie, une allusion à notre origine commune, est une métaphore utilisée partout dans le monde dans les doctrines religieuses et les mythologies. Cette peinture de l'arbre de la vie provient du Palais du Khanat de Chaki (vers 1797) ; elle est aujourd'hui exposée au Musée national des arts de l'Azerbaïdjan.



Les procaryotes

Carl Woese (1928-2012), George E. Fox (né en 1945)

La vie est apparue sur Terre il y a à peu près quatre milliards d'années, soit 600 millions d'années après la formation de notre planète. Les procaryotes (archées et bactéries) sont les formes de vie les plus primitives et les plus abondantes. La plupart d'entre eux sont entourés d'une paroi protégeant la cellule et conservant sa forme. Certains présentent des tropismes, capacité naturelle à se déplacer vers les nutriments ou l'oxygène et à s'écarter des sources nocives. De loin plus significatif, les procaryotes peuvent se reproduire rapidement de façon asexuée par division binaire et en s'adaptant très vite à un environnement défavorable.

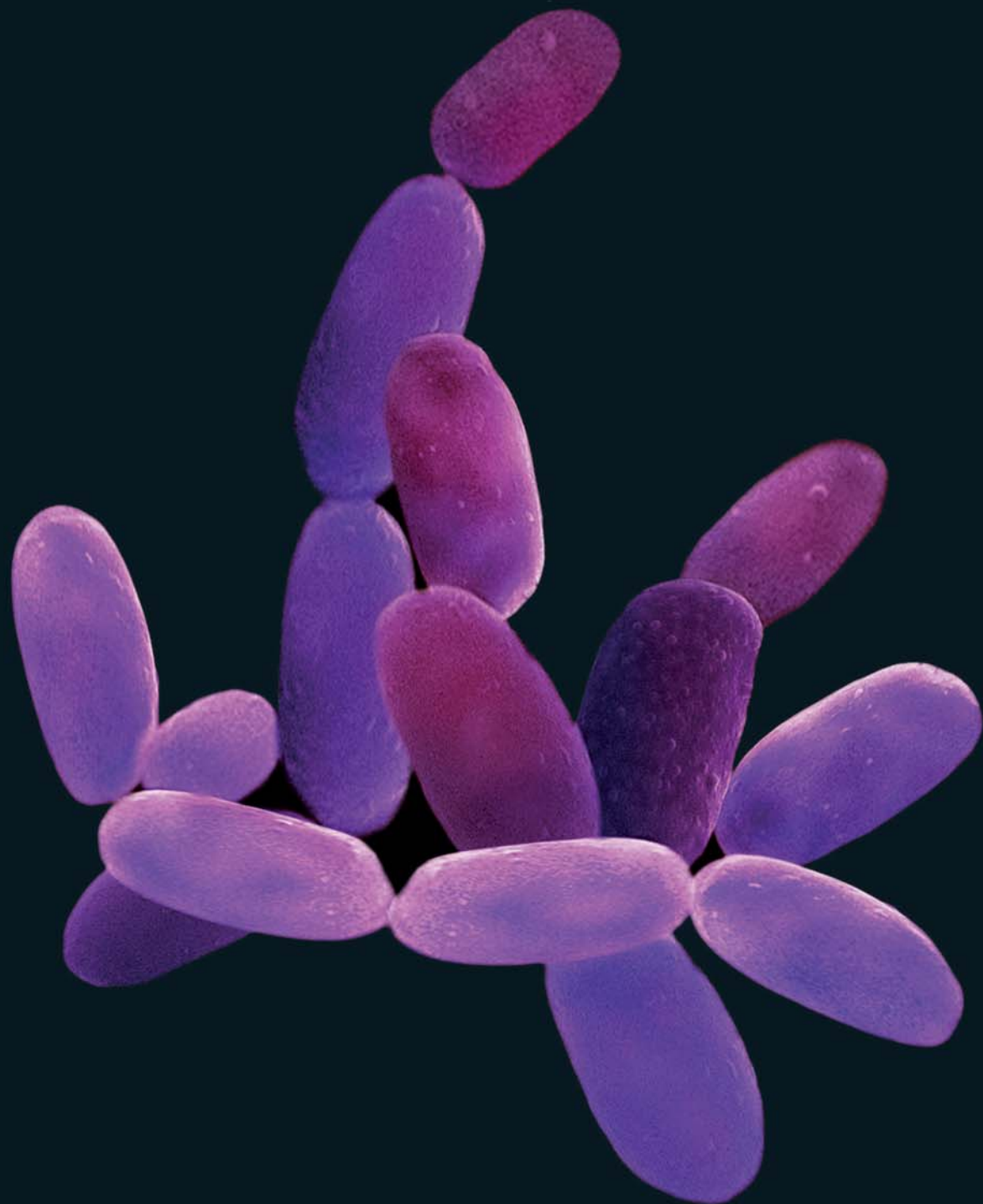
Comme les travaux de Woese et Fox l'ont montré, les archées et les bactéries ne possèdent pas de système membranaire interne individualisant un noyau et des organites comme chez les eucaryotes. L'intérieur d'une cellule procaryote comporte un milieu gélatineux, le cytosol, dans lequel baignent les constituants cellulaires. L'**acide désoxyribonucléique (ADN)** est contenu dans une région du cytosol, le nucléoïde.

Les archées ont une remarquable capacité à s'adapter et à se développer dans des milieux extrêmes, là où peu d'organismes vivants pourraient survivre. Certaines archées, les extrémophiles, vivent dans des sources thermales volcaniques ou dans des milieux comme celui du Grand Lac Salé, dans l'Utah, aux États-Unis, où la concentration en sel est dix fois plus forte que celle de l'eau de mer.

La plupart des procaryotes sont des bactéries, certaines vivant en symbiose avec les animaux. Les bactéries sont bien connues du fait de leur rôle dans les maladies : on a évalué que la moitié des maladies affectant les humains ont pour origine des bactéries. L'observation des bactéries au microscope permet de constater qu'elles peuvent se présenter sous un grand nombre de formes, les plus courantes étant sphériques, en bâtonnets ou spiralées (forme dite « en virgule »). Selon la composition chimique de leur paroi et leur réaction à la **coloration de Gram**, les bactéries sont classées en Gram⁺ et Gram⁻, distinction importante en médecine clinique pour établir un diagnostic et choisir un traitement anti-infectieux à l'aide d'**antibiotiques**.

VOIR AUSSI L'origine de la vie (~ 4 milliards d'années), Les eucaryotes (~ 2 milliards d'années), Le monde microscopique de Leeuwenhoek (1674), La théorie cellulaire (1838), L'acide désoxyribonucléique (ADN) (1869), La coloration de Gram (1884), Microbes et maladie (1890), Les antibiotiques (1928).

Les procaryotes sont les organismes vivants les plus nombreux, les plus anciens aussi. Les archées (ici Halobacterium archaea), sont les procaryotes les moins connus : elles ont été découvertes dans des environnements extrêmes comme les sources thermales volcaniques ou les lacs très salés.



Les algues

Les niveaux de complexité des algues sont très différents, depuis celles composées d'une seule cellule jusqu'à celles qui en comportent des millions. Leur taille va du millièmètre des minuscules *Micromonas* aux 60 mètres des varechs géants, un rapport de l'ordre de un à dix millions ! Grâce à la **photosynthèse**, les algues produisent, à partir de dioxyde de carbone et d'eau, des molécules organiques qui constituent les éléments de base de la chaîne alimentaire dont dépend toute la vie marine. L'oxygène est un sous-produit de la photosynthèse ; les algues produisent aujourd'hui de 30 à 50 % de la quantité globale d'oxygène nécessaire à la respiration des animaux terrestres. Pétrole brut et gaz naturel sont pour partie des produits issus de la photosynthèse réalisée par des algues anciennes.

Les algues ne forment pas un groupe homogène, ni ne résultent d'une seule lignée évolutive. Leur hétérogénéité fait obstacle à l'établissement d'une classification biologique acceptée par tous. Certaines classifications s'appuient sur le fait qu'elles possèdent des **noyaux cellulaires (eucaryotes)** ou n'en possèdent pas (**procaryotes**) ; d'autres établissent des groupements écologiques fondés sur l'habitat. Depuis les années 1830, on a classé les algues en groupes principaux basés sur leur couleur (rouge, verte, brune), un pigment accessoire impliqué dans la photosynthèse pouvant masquer le vert de la chlorophylle. Un pic important dans le niveau d'oxygène atmosphérique s'est produit il y a environ 2,3 milliards d'années : on pense qu'il a résulté de la photosynthèse réalisée par les cyanobactéries (les algues bleu-vert), ce qui ferait remonter l'histoire de leur évolution à 2,5 milliards d'années. Quelques-unes ont des caractéristiques communes avec certains animaux unicellulaires et certaines moisissures qui se sont séparées des algues il y a plus d'un milliard d'années. Les algues rouges et les algues vertes descendent d'un ancêtre commun qui vivait il y a plus d'un milliard d'années, le fossile le plus ancien d'algue rouge datant d'il y a quelque 1,5 milliard d'années. La lignée qui a donné les algues vertes comportait des ancêtres des **plantes terrestres** et certains biologistes proposent de les inclure dans le règne végétal.

Il y a environ 6 000 espèces connues d'algues rouges, majoritairement multicellulaires, dont les nuances varient en fonction de leur étagement dans la profondeur des mers ; elles sont le plus abondantes dans les eaux côtières chaudes des océans tropicaux. Il y a plus de 7 000 espèces d'algues vertes du groupe des chlorophytes, la plupart se trouvant en eau douce.

VOIR AUSSI Les procaryotes (~ 3,9 milliards d'années), Les eucaryotes (~ 2 milliards d'années), Les champignons (~ 1,4 milliard d'années), Les plantes terrestres (~ 450 millions d'années), Le noyau cellulaire (1831), La photosynthèse (1845), Les réseaux trophiques (1927).

La vie repose sur la photosynthèse réalisée par les algues. La vie marine dépend des molécules organiques créées au cours de ce processus. L'oxygène est un produit de la photosynthèse. Il est indispensable à la vie terrestre.



Les eucaryotes

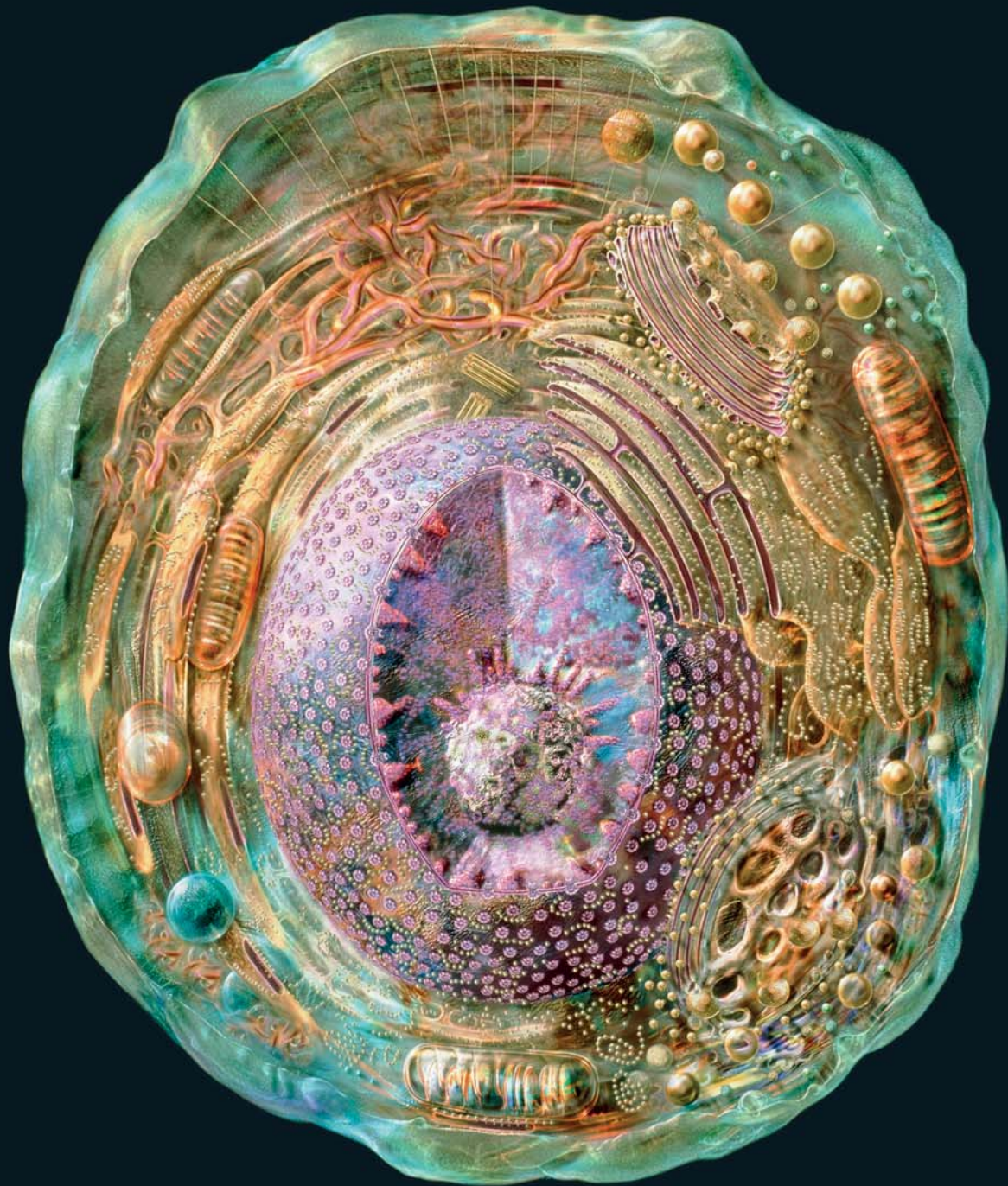
Les formes de vie complexes sont constituées de cellules eucaryotes. Entre 1,6 et 2,1 milliards d'années avant notre ère sont apparus des organismes possédant de telles cellules – ils descendraient d'ancêtres procaryotes suite à des processus d'endosymbiose. Dix fois plus grands que les procaryotes, les eucaryotes ont une organisation complexe. Les différences de forme ou de taille sont stupéfiantes, des amibes aux baleines, des **algues** rouges aux **dinosaures**.

La distinction principale entre cellules procaryotes et eucaryotes tient dans la présence, chez les eucaryotes, d'un système membranaire interne délimitant leur noyau et divers autres organites intracellulaires. Cette compartimentation a permis d'améliorer très efficacement des fonctions spécifiques comme la transformation d'énergie, la digestion des nutriments, la synthèse protéique. Le plus grand de ces organites est le **noyau cellulaire** qui contient, au sein des chromosomes, l'ADN, porteur de l'information génétique. La reproduction des eucaryotes met en jeu deux processus : la **mitose**, par laquelle une cellule donne naissance à deux cellules-filles génétiquement identiques, et la **méiose** où, au cours de deux divisions cellulaires successives, après un brassage génétique, les chromosomes d'une même paire se séparent. *In fine*, chaque cellule-fille issue de ces divisions possède un patrimoine génétique différent et la moitié du nombre total de chromosomes de la cellule-mère originale.

Aux côtés des archées et des bactéries, les eucaryotes forment la troisième branche du vivant qui comprend notamment les animaux, les plantes et les **champignons**, sous la forme d'organismes pluri- ou unicellulaires, ces derniers étant de loin les plus divers et les plus nombreux parmi les eucaryotes. Une façon de tenter de différencier les membres de chacun de ces groupes consiste à observer la manière dont ils satisfont leurs besoins nutritifs. Les plantes produisent leur propre nourriture par photosynthèse ; les champignons absorbent des nutriments solubilisés (organismes décomposés) tirés de leur environnement tandis que les animaux mangent et digèrent d'autres organismes. En ce qui concerne les organismes unicellulaires, aucune généralisation n'est possible sur la façon dont ils puisent leur nourriture : les algues se comportent comme des plantes, les myxomycètes ressemblent à des champignons et les amibes davantage à des animaux.

VOIR AUSSI L'origine de la vie (~ 4 milliards d'années), Les procaryotes (~ 3,9 milliards d'années), Les algues (~ 2,5 milliards d'années), Les champignons (~ 1,4 milliard d'années), Le monde microscopique de Leeuwenhoek (1674), Noyau cellulaire (1831), Théorie cellulaire (1838), La théorie darwinienne de la sélection naturelle (1859), La méiose (1882), La mitose (1882), Coloration de Gram (1884), Microbes et maladies (1890), Théorie de l'endosymbiose (1967), Domaines du vivant (1990), Taxinomie des protistes (2005).

La cellule eucaryote (ici une cellule animale) présente un système membranaire interne délimitant le noyau (en violet) et de nombreux organites intracellulaires.



Les champignons

Si ce n'est qu'ils agrémentent nos repas, moisissures et champignons ne nous paraissent pas tenir une grande place dans le monde vivant. Et pourtant... Les champignons interviennent dans la dégradation et le recyclage de la matière organique morte en putréfaction présente dans notre environnement. Si les morilles ou les truffes sont directement comestibles, d'autres champignons permettent la maturation des fromages ; des levures interviennent dans la fabrication du pain, de boissons alcoolisées ou de produits chimiques. Ce sont des moisissures qui fournissent d'importants médicaments, telle la pénicilline ou la cyclosporine, qui prévient le rejet d'organes transplantés. Mais 30 % des 100 000 espèces décrites de champignons sont parasites ou pathogènes. Elles ciblent principalement les plantes : elles peuvent dévaster des récoltes, sont responsables de la maladie de l'orme des Pays-Bas et de l'ergotisme, « le Mal des ardents » responsable de la mort de 40 000 personnes en France en 944. Chez les animaux, les champignons sont cause de mycoses et d'infections systémiques potentiellement mortelles.

Les champignons étaient auparavant classés parmi les plantes : ils poussent dans le sol, sont sessiles (dépourvus de motilité) et possèdent des parois cellulaires. Mais des caractéristiques moléculaires montrent qu'ils sont plus proches des animaux puisqu'ils ont évolué à partir d'un ancêtre commun unicellulaire aquatique vivant il y a au moins 1,4 milliard d'années. Le champignon terrestre **fossile** le plus ancien est vieux de 460 millions d'années.

Excepté les unicellulaires comme les levures, les champignons sont constitués d'hyphes (filaments tubulaires) possédant une paroi cellulaire contenant de la chitine, comme le squelette externe des insectes, et non de la cellulose comme chez les plantes. Les extrémités des hyphes, en se ramifiant, forment une sorte de tapis filamenteux souterrain, le mycélium, à l'origine des sporophores qui contiennent des spores servant à la reproduction.

Les animaux ingèrent la nourriture, les plantes la produisent, les champignons eux se procurent leurs nutriments de plusieurs façons : hétérotrophes, ils les puisent dans leur environnement ; saprophytes, ils sécrètent des **enzymes** qui dégradent les grandes molécules organiques des cellules mortes (bois mort, cadavres d'animaux) en petites molécules qu'ils peuvent absorber ; parasites enfin, ils sécrètent d'autres enzymes qui traversent les parois des cellules dont ils transvasent les nutriments dans leurs propres cellules.

VOIR AUSSI Les eucaryotes (~ 2 milliards d'années), Ergotisme et sorcellerie (1670), Les enzymes (1878), Les antibiotiques (1928), Les domaines du vivant (1990), Taxinomie des protistes (2005), Le chancre du châtaignier (2013).

Levures, moisissures ou truffes sont des champignons comestibles. En incorporant des moisissures sélectionnées à du lait caillé, on obtient les saveurs et les textures particulières des fromages.



Les arthropodes

Les arthropodes sont les animaux qui ont le mieux réussi à prospérer sur notre planète, colonisant terres, mers et airs, des montagnes les plus hautes aux océans les plus profonds, des pôles aux tropiques. Ils constituent plus des trois quarts de tous les animaux, vivants ou fossiles, et l'on estime qu'il y en a actuellement sur Terre plus d'un milliard de milliard (10^{18}), représentant plus d'un million d'espèces décrites, sans compter les millions d'autres qui vivent dans les forêts tropicales humides et restent à identifier. Leur taille va de celle d'insectes et crustacés microscopiques jusqu'à celle du crabe royal bleu de la mer de Béring dont l'envergure entre pattes tendues atteint près de deux mètres et qui peut peser plus de huit kilogrammes.

L'origine et l'évolution des arthropodes ne sont pas clairement comprises, beaucoup parmi les spécimens les plus anciens n'ayant pas laissé de traces fossiles. L'idée qui revient le plus souvent est que tous les arthropodes ont évolué à partir d'un ancêtre annélide commun – un ver marin – il y a quelque 550 à 600 millions d'années. Les fossiles les plus anciens qui nous sont parvenus sont des trilobites – un groupe marin disparu – et datent de plus de 530 millions d'années. Les premiers animaux terrestres ont été des arthropodes, à savoir les myriapodes, tels les mille-pattes, qui sont apparus il y a environ 450 millions d'années.

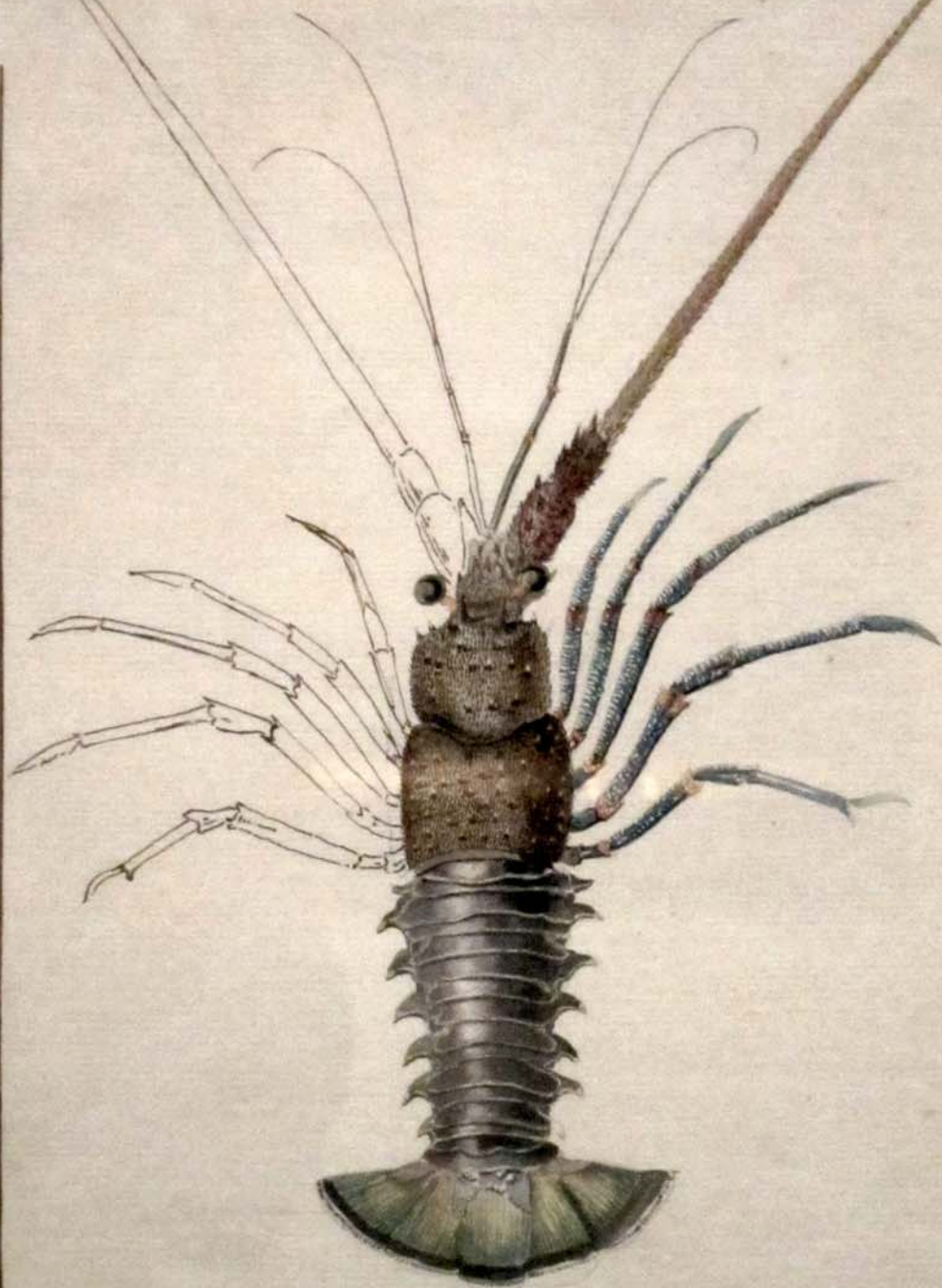
Les arthropodes forment le phylum le plus diversifié. Ce sont des invertébrés qu'on peut séparer en cinq groupes principaux – les insectes, les araignées, les scorpions, les crustacés et les mille-pattes – qui ont tous des caractéristiques communes. Ils présentent une symétrie bilatérale (comme les humains), c'est-à-dire que la moitié gauche de leur corps est une image en miroir de leur moitié droite. Ils sont entourés d'une cuticule, un exosquelette (squelette externe) fait de chitine (un polymère glucidique) qui les protège, qui constitue un point d'attache pour les muscles qui meuvent leurs appendices et qui retient l'eau à l'intérieur de leur corps. Le corps des arthropodes est segmenté et leurs appendices sont articulés (arthropode signifie « pieds articulés »), ce qui leur permet de déplacer leurs pattes, leurs pinces, leurs pièces buccales bien que leur corps soit enveloppé dans un exosquelette rigide. L'évolution s'est faite vers une diminution du nombre de leurs appendices qui se sont davantage spécialisés pour assurer les différentes fonctions de locomotion, de nutrition, de défense, de perception sensorielle (bien développée) et de reproduction.

VOIR AUSSI Les insectes (~ 400 millions d'années).

Les trois quarts des animaux vivants et fossiles sont des arthropodes, parmi lesquels les crustacés comme les langoustes. Cette aquarelle, Langouste de Hawaï, a été réalisée en 1819 par un jeune peintre français alors âgé de 16 ans, Adrien Taunay.

See Sandwich

Voyage de l'Uranie, pendant les années 1781, 1782, 1783.



Les poissons

Les ancêtres les plus anciens des vertébrés sont apparus dans les océans il y a quelque 550 millions d'années. Plus tard, le **Dévonien** (de 417 à 359 millions d'années avant notre ère) a vu une évolution remarquable des poissons qui sont actuellement plus diversifiés que toute autre catégorie de vertébrés – on pourrait appeler cette période l'âge d'or des poissons. Parmi les 52 000 espèces actuelles de vertébrés, 32 000 sont des espèces de poissons qui peuvent être collectivement caractérisés simplement comme des vertébrés dotés de branchies et ne possédant pas de membres terminés par des doigts.

Les agnathes, apparus durant l'explosion cambrienne il y a environ 530 millions d'années, furent les premiers vertébrés aquatiques. Sans mâchoire, la tête recouverte d'un bouclier osseux, ils avaient une bouche rudimentaire et ronde qui leur servait à sucer ou à filtrer la nourriture. Les lamproies et les myxines en sont les seuls survivants. Le développement de mâchoires, telles qu'on peut les voir de nos jours chez les poissons cartilagineux ou osseux, a permis l'ingestion d'une gamme plus vaste de nourriture et a ouvert la voie à l'apparition de chasseurs actifs. Les poissons cartilagineux (Chondrichthyens) n'ont pas de structures squelettiques ossifiées : à la place, ils ont des squelettes cartilagineux, plutôt légers et souples, ce qui fait des raies et des requins des prédateurs très agiles.

Il y a actuellement 19 000 espèces de véritables poissons osseux (Ostéichthyens) aussi disparates que les anguilles, les hippocampes, les truites et les thons. La plupart possèdent une vessie natatoire, poche remplie de gaz leur permettant de se maintenir sans effort à la profondeur désirée. Requins et raies n'en ont pas et s'enfoncent dans l'eau. Ils se reposent sur le fond marin ou bien restent tout le temps en mouvement, ce qui entraîne une grande dépense d'énergie. Or l'oxygène dissous dans l'eau est en proportion moindre que celui qu'on trouve dans l'air. De multiples paires de branchies, à travers lesquelles l'eau passe en permanence, sont extrêmement efficaces pour extraire cet oxygène et évacuer le dioxyde de carbone, déchet final du métabolisme.

Il y a deux groupes principaux de poissons osseux : celui des poissons à nageoires rayonnées – des rayons osseux soutiennent leurs nageoires – est le plus commun. L'autre regroupe les poissons à nageoires charnues – comme le **cœlacanthe** –, qui possèdent un axe osseux basal entouré de muscles dans leurs nageoires pectorales et pelviennes. Ces nageoires charnues ont évolué en donnant les deux paires de membres des tétrapodes, les quatre pattes des animaux terrestres, humains inclus.

VOIR AUSSI Le Dévonien (~ – 417 millions d'années), Les amphibiens (~ – 360 millions d'années), La paléontologie (1796), Le cœlacanthe, surnommé le « fossile vivant » (1938).

Les ancêtres des poissons ressemblaient à cette lamproie de mer actuelle : ils n'avaient pas de mâchoire et se servaient de leur bouche ronde pour filtrer la nourriture.



Le bulbe rachidien

Quand nos réflexions portent sur le cerveau, nous pensons sans nul doute au raisonnement, aux émotions et, bien entendu, à la pensée elle-même – activités qui sont contrôlées aux niveaux les plus élevés. Mais les fonctions vitales essentielles à la survie sont régulées par la *medulla oblongata*, la « moelle allongée » que nous nommons bulbe rachidien, probablement une des structures primitives dans la complexification évolutive du cerveau.

Les animaux qui possèdent une symétrie bilatérale du corps – les bilatériens, comme l'étaient les ancêtres communs de tous les vertébrés – sont apparus il y a plus de 650 millions d'années. Ils possédaient un tube digestif creux allant de la bouche à l'anus et une chaîne nerveuse, précurseur de la moelle épinière. Il y a environ 530 millions d'années, les premiers vertébrés, dont on pense qu'ils ressemblaient aux myxines actuelles, sont apparus. Leur anatomie présentait trois renflements à l'extrémité antérieure de la chaîne nerveuse : les cerveaux antérieur, moyen et postérieur.

Le bulbe rachidien est une structure différenciée à partir du cerveau postérieur et en continuité avec l'extrémité antérieure de la moelle épinière. C'est la partie la plus basse, la plus primitive aussi, du cerveau des vertébrés. Le bulbe rachidien régule les fonctions vitales indépendantes de la volonté : le contrôle de la respiration, du rythme cardiaque, de la pression sanguine. Des chémorécepteurs situés dans le bulbe rachidien surveillent les niveaux d'oxygène et de dioxyde de carbone dans le sang et coordonnent les modifications appropriées du rythme respiratoire. Sa destruction est cause de mort immédiate par arrêt respiratoire. Des barorécepteurs, présents dans l'aorte et l'artère carotide, détectent les variations de la **pression artérielle** et, par l'intermédiaire d'impulsions nerveuses, envoient un message au centre cardiovasculaire bulbaire. Ce dernier répond en provoquant les modifications restaurant pression sanguine et rythme cardiaque à des niveaux normaux.

Le bulbe rachidien est aussi le siège de nombreux centres réflexes qui, en l'absence de processus cognitif, répondent immédiatement au besoin de déclencher vomissement, toux ou déglutition. Il assure en outre une zone de passage pour les nerfs qui entrent dans le cerveau et en sortent et qui transmettent des messages entre cerveau et moelle épinière.

VOIR AUSSI Les poissons (~ – 530 millions d'années), La pression artérielle (1733), La communication nerveuse (1791), La théorie neuronale (1891).

Le bulbe rachidien, la structure cérébrale la plus primitive, assure des fonctions de contrôle essentielles pour la respiration, le rythme cardiaque, la pression sanguine, mais aussi les réponses réflexes que sont la toux et l'éternuement. Cette affiche, réalisée par le Bureau d'information de la Guerre pendant la Deuxième Guerre mondiale, enjoint les soldats américains de se couvrir la bouche quand ils toussent ou éternuent afin d'éviter la dissémination des germes.